

Leonardo Barreto de Oliveira

Fontes artificiais de luz:

Aferição da emissão de radiação ultravioleta como base para sua  
correta utilização no interior de monumentos tombados e museus

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Belas Artes

Mestrado em Artes

2013

**Leonardo Barreto de Oliveira**

Fontes artificiais de luz:

Aferição da emissão de radiação ultravioleta como base para sua correta utilização no interior de monumentos tombados e museus

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Artes Visuais.

Área de Concentração:

Conservação/Restauração

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Cruz Souza

Belo Horizonte  
Escola de Belas Artes da UFMG  
2013

Oliveira, Leonardo Barreto de, 1960-

Fontes artificiais de luz [manuscrito] : aferição da emissão de radiação ultravioleta como base para sua correta utilização no interior de monumentos tombados e museus / Leonardo Barreto de Oliveira. – 2013.

199 f. : il.

Orientador: Luiz Antônio Cruz Souza.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Belas Artes, 2003.

1. Radiação ultravioleta – Teses. 2. Efeito da radiação – Teses. 3. Museus – Iluminação – Teses. 4. Métodos de conservação em museus – Teses. 5. Arte – Conservação e restauração – Teses. I. Souza, Luiz Antônio Cruz, 1962- II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Belas Artes. III. Título. IV. Título: aferição da emissão de radiação ultravioleta como base para sua correta utilização no interior de monumentos tombados e museus.

CDD: 069.29



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE LEONARDO BARRETO DE OLIVEIRA  
 nº. de REGISTRO 2001227048.

Às 10:00 horas do dia onze do mês de Novembro do ano de dois mil e três, reuniu-se na Escola de Belas Artes/UFMG a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Artes Visuais em reunião, para julgar em exame final, o trabalho intitulado "**FONTES DE LUZ: AFERIÇÃO DA EMISSÃO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA COMO BASE PARA SUA CORRETA UTILIZAÇÃO NO INTERIOR DE MONUMENTOS TOMBADOS E MUSEUS**" requisito final para a obtenção do Grau de Mestre em **ARTES VISUAIS** - Área de concentração: **ARTE E TECNOLOGIA DA IMAGEM**. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Luiz Antônio Cruz Souza (Orientador), após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Dissertação, passou a palavra ao candidato para a apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídos os seguintes conceitos:

Prof. Dr. Luiz Antônio Cruz Souza - Orientador - EBA/UFMG     A    

Profa. Dra. Eleonora Sad de Assis - Titular - EA/UFMG     A    

Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli - Titular - UFOP     A    

Pelas indicações, o candidato foi considerado :     APROVADO    

O resultado final foi comunicado ao candidato pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, aos onze dias do mês de Novembro do ano de dois mil e três.

Prof. Dr. Luiz Antônio Cruz Souza - Orientador - EBA/UFMG \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Eleonora Sad de Assis - Titular - EA/UFMG \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli - Titular - UFOP \_\_\_\_\_

Obsv: Recomenda-se a revisão de acordo com sugestões da banca e a posterior divulgação através de periódicos e eventos de áreas correlatas. Recomenda-se ainda a possível continuidade da pesquisa através de um doutorado.

Prof. Dr. LUIZ ANTONIO CRUZ SOUZA - \_\_\_\_\_  
 Coordenador do Curso de Mestrado em Artes Visuais da ESCOLA DE BELAS ARTES  
 Obs. (Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo do Coordenador.)

CONFERE COM O ORIGINAL  
 EM 05/02/04  
 \_\_\_\_\_  
 Assinatura / Carimbo  
 Maria de Lourdes Macêdo  
 Secretária Geral / EBA

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha mulher e filhos,  
pelo apoio e compreensão neste momento  
singular de nossas vidas...*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Luiz Antônio Cruz Souza, por acreditar desde o primeiro momento na pertinência do trabalho e por abrir as portas certas sempre que necessário.

Aos colegas de Mestrado e funcionários do Laboratório de Ciência da Conservação, pelo ambiente de paz, harmonia e camaradagem, tornando a convivência nesse espaço de saber extremamente prazerosa.

Aos alunos de engenharia elétrica Fernando Beschizza e Marcelo Frade, pelo auxílio em etapas de fundamental importância do trabalho.

Aos professores Luiz Felipe Cabral e Paulo Baptista, pela generosa cessão de espaço no estúdio de fotografia para montagem dos equipamentos necessários à realização das medições.

Aos professores e amigos do CECOR pelo constante incentivo e amabilidade que me foram dispensados.

Às bibliotecárias Luciana de Oliveira e Sabrina R. Fonseca.

À Zina Pawlowski de Souza pela simpatia e profissionalismo à frente da secretaria do curso.

Ao funcionário Cleber Augusto F. Falieri, pela colaboração durante a execução da fase experimental e realização de parte das fotografias.

Á Waldir Luiz Affonso da P&P Movelaria de Estilo Ltda, pelo grande apuro técnico e dedicação na execução da estrutura de suporte e gabarito para o aparelho de medição.

Á Hélio Moraes da GE, Emerson Luiz de Mello da OSRAM e Antônio Sakaguti da Philips que gentilmente cederam grande quantidade de amostras para teste, reduzindo significativamente os custos da investigação

Á direção do IPHAN, por permitir a flexibilização do meu horário de trabalho, possibilitando a realização deste Mestrado.

Á Cristiane Ferreira pela revisão e normalização deste trabalho.

*“...é preciso não esquecer uma coisa: Ciência é coisa humilde, pois se sabe que a verdade é inatingível. Nunca lidamos com a coisa mesma, que sempre nos escapa. Aquilo que temos são apenas modelos provisórios, coisas que construímos por meio de símbolos, para entrar um pouco no desconhecido.”*

Rubem Alves

## RESUMO

No intuito de verificar os níveis de radiação ultravioleta emitida pelas fontes artificiais de luz, foram realizadas aferições em diversas lâmpadas disponíveis no mercado brasileiro. As informações obtidas são fundamentais para a sua correta especificação em projetos de iluminação destinados ao interior de edificações ornadas com elementos artísticos ou cuja função seja sua guarda e exposição de acervos culturais. Esse cuidado é importante para evitar-se que os níveis de radiação ultravioleta, superiores aos recomendados, gerem danos. Utilizou-se, no experimento, aparelho de medição de radiação UV, dotado de três sensores distintos atuando nas faixas de 220 – 300nm; 310 – 400nm e 360 – 480nm. Na ausência de uma metodologia já consolidada para a realização dessas medições, foram estabelecidos os parâmetros para essa investigação científica, com base no funcionamento do equipamento, nas normas nacionais e internacionais que mais se aproximaram do tema e na realidade de uso dessas lâmpadas. Produziram-se tabelas divididas por tipos de fontes de luz com valores de emissão de radiação ultravioleta, que servirão de referência para a especificação de lâmpadas e constatou-se a necessidade de aprofundamento das pesquisas nessa área de conhecimento, principalmente em relação à padronização de procedimentos de medida, às fontes de calibração a serem adotadas e à definição das unidades de medida.

Palavras-chave: iluminação; lâmpadas; monumentos; museus; radiações; radiação UV;

## ***ABSTRACT***

Several lamps available in the Brazilian market have been tested for their level of emitted ultraviolet radiation. The information obtained after the measurements are fundamental for the definition of more appropriate technical specifications for interior lighting projects in buildings holding collections or artistic objects, as well as those buildings for storage and exhibition of cultural properties. The ultraviolet radiation levels must be controlled and monitored in order to not be superior to the recommended values. For the experiments we've used a UV monitor with three different sensors in the regions of 220-300 nm; 310-400 nm e 360-480nm. Having not found in the literature a stablished methodology for the measurements, the present work stablished parameters for the experimental work, with basis on the equipment used for the data gathering, as well as the national and international standards which showed to be more closer to the theme and the actual use of the lamps. The results of the measurements are presented in several tables containing the light sources with their respective values of emitted UV light, which will serve as reference for the specification of lamps. It became obvious the need for further development of research in this area of knowledge, mainly in relation to standardization for measurements, calibration sources and the units for the data acquired.

**Keywords:** illumination; lamp; monument; museum ; radiation; UV radiation.

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CECOR	Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis
CIE	Comission Internationale de L'Éclalirage
EUA	Estados Unidos da América
GE	<i>General Electric</i>
HID	Descargas de alta intensidade
ICCROM	<i>International Centre for the study of the preservation and restoration of cultural property</i>
ICOM	<i>International Council of Museums</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IRC	Índice de reprodução de cor ou índice de rendimento cromático
IV	Infravermelho
MDF	Medium density fireboard
NBR	Normas Brasileiras Registradas
PMT	<i>photomultiplier tube</i>
SPHAN	Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
Tc	Temperatura de cor
UR	Umidade relativa
UV	Ultravioleta

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Espectro eletromagnético.....	31
Figura 2 – Exemplo de espectro contínuo.....	31
Figura 3 – Exemplo de espectro descontínuo.....	32
Figura 4 – Exemplo de espectro misto.....	32
Figura 5 – Curva representando a sensibilidade do olho humano.....	33
Figura 6 – Representação gráfica do fluxo luminoso.....	37
Figura 7 - Representação gráfica da intensidade luminosa.....	38
Figura 8 - Superfície fotométrica.....	39
Figura 9 – Lâmpada com centro interceptado por plano horizontal e vertical.....	39
Figura 10 - Eficiência luminosa de tipos de lâmpadas.....	40
Figura 11 – Representação gráfica do iluminamento.....	41
Figura 12 – Iluminamento incidência perpendicular e oblíqua.....	42
Figura 13 – Representação gráfica da iluminância.....	43
Figura 14 – Representação da superfície aparente e ângulo considerado para cálculo da luminância.....	43
Figura 15 – Iluminância ou iluminamento x luminância.....	44

Figura 16 – Representação gráfica da temperatura de cor de algumas lâmpadas.....	46
Figura 17 – Aumento da energia visível em função do aumento da temperatura do filamento.....	49
Figura 18 – Detalhe de lâmpada incandescente.....	50
Figura 19 – Efeito da variação da tensão de operação na lâmpada incandescente.....	51
Figura 20 – Formatos de lâmpadas halógenas.....	54
Figura 21 – Lâmpada halógena com refletor revestido por película dicróica.....	56
Figura 22 – Processo geração de luz lâmpada fluorescente.....	57
Figura 23 – Variação do diâmetro das lâmpadas fluorescentes.....	59
Figura 24 – Lâmpadas fluorescentes compactas sem e com reator.....	59
Figura 25 – As lâmpadas fluorescentes compactas podem assumir formas diversas.....	60
Figura 26 – Lâmpada de vapor de mercúrio.....	61
Figura 27 – Lâmpadas de multivapores metálicos ovóide, tubular e duplo contato.....	62
Figura 28 – Lâmpadas de vapor de sódio, formato ovóide e tubular.....	64
Figura 29 – Reatores eletrônicos para lâmpadas fluorescentes e reator eletromagnético para lâmpada de vapor de mercúrio.....	66
Figura 30 – Ignitor para lâmpada de vapor de sódio.....	66

Figura 31 – Transformadores abaixadores para lâmpadas halógenas.....	67
Figura 32 – Eventos moleculares induzidos por comprimentos de onda.....	78
Figura 33 – Reflectância de ultravioleta.....	82
Figura 34 – Tabela de radiação das lâmpadas incandescentes.....	85
Figura 35 - Potência da distribuição espectral de várias fontes de luz.....	86
Figura 36 – Valores de radiação UV em $\mu\text{W/l}$ , para lâmpadas fluorescentes.....	87
Figura 37 – Catalogação de informações técnicas das lâmpadas incandescentes e halógenas.....	89
Figura 38 – Emissão espectral a 1000 lux para duas lâmpadas de 32W, SPX 41 manufaturadas, respectivamente, nos EUA e Reino Unido.....	91
Figura 39 – Caixa de papelão fechada e contendo lâmpada e equipamentos auxiliares.....	96
Figura 40 – UV radiometer UM10 e o equipamento com sensor acoplado.....	116
Figura 41 - Sensor com tampa de proteção e descoberto.....	117
Figura 42 - Vista posterior do sensor.....	117
Figura 43 – Medidor com cabo extensor acoplado.....	117
Figura 44 – Multímetro alicata.....	119
Figura 45 – Luxímetro digital.....	120
Figura 46 – Termohigrômetro.....	120

Figura 47 – Vista geral da estrutura de suporte.....	122
Figura 48 – Detalhe da parte superior da estrutura de suporte.....	122
Figura 49 – Nivelamento e ajuste da estrutura.....	123
Figura 50 – Sensor rosqueado à placa.....	123
Figura 51 – Centralização da fonte de teste de ajuste de altura.....	124
Figura 52 – Verificação da centralização – distanciamento da fonte de luz com base de encaixe do tipo rosca.....	125
Figura 53 – Utilização de extensor para garantia da distância fixada de um metro entre a lâmpada fluorescente e o sensor.....	126
Figura 54 – Medição de radiação UV de fonte de luz base do tipo rosca.....	133
Figura 55 – Medição de radiação UV – lâmpada de descarga.....	133

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas incandescentes.....	178
Gráfico 2 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas halógenas.....	179
Gráfico 3 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas halógenas de 12V.....	180
Gráfico 4 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas fluorescentes tubulares.....	181
Gráfico 5 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas fluorescentes compactas e circulares com e sem reator... ..	182
Gráfico 6 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas mistas.....	183
Gráfico 7 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas de vapor de mercúrio.....	184
Gráfico 8 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas de vapor de sódio.....	185
Gráfico 9 – Resultados apurados na medição realizada em amostras de lâmpadas de multivapores metálicos.....	186
Gráfico 10 – Resultados apurados na medição realizada nas amostras das lâmpadas e apresentadas na forma de valores médios.....	187

Gráfico 11 – Resultados apurados na medição realizada nas amostras das lâmpadas e apresentadas na forma de valores máximos e mínimos para o sensor UM.....	188
Gráfico 12 – Resultados apurados na medição realizada nas amostras das lâmpadas e apresentadas na forma de valores máximos e mínimos para o sensor UM 360.....	189
Gráfico 13 – Resultados apurados na medição realizada nas amostras das lâmpadas e apresentadas na forma de valores máximos e mínimos para o sensor UM 400.....	190

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 – Catalogação de amostras de lâmpadas incandescentes com tensão de operação entre 110 e 240V tendo como base as especificações técnicas constantes na embalagem e/ou no produto.....98-100
- Quadro 2 – Catalogação de amostra de lâmpadas halógenas com tensão de operação entre 110 e 240V, tendo como base as especificações técnicas constantes na embalagem e/ou no produto.....101-102
- Quadro 3 – Catalogação de amostras de lâmpadas halógenas com tensão de operação de 12V com base nas especificações técnicas constantes na embalagem e/ou no produto.....103
- Quadro 4 – Catalogação de amostras de lâmpadas fluorescentes tubulares com base nas especificações técnicas constantes na embalagem e/ou no produto.....104-105
- Quadro 5 – Catalogação de amostras de lâmpadas fluorescentes compactas e circulares com e sem reator, com tensão de operação entre 110 e 240V, tendo como base nas especificações técnicas constantes na embalagem e/o no produto.....106-110
- Quadro 6 – Catalogação de amostras de lâmpadas mistas com tensão de operação entre 220 e 240V, tendo como base as especificações técnicas constantes na embalagem e/ou no produto.....111

Quadro 7 – Catalogação de amostras de lâmpadas de vapor de mercúrio com tensão de operação entre 220 e 240V, tendo como base as especificações técnicas constantes na embalagem e/ou no produto.....	112
Quadro 8 – Catalogação de amostras de lâmpadas de vapor de sódio com tensão de operação entre 220 e 240V, tendo como base as especificações técnicas constantes na embalagem e/ou no produto.....	113
Quadro 9 – Catalogação de amostras de lâmpadas de multivapores metálicos com tensão de operação entre 220 e 240V, tendo como base as especificações técnicas constantes na embalagem e/ou no produto.....	114

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas incandescentes, com tensão de operação entre 110 e 240V, em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....137-140
- Tabela 2 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas halógenas, com tensão de operação entre 110 e 240V, em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....141-142
- Tabela 3 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas halógenas, com tensão de operação de 12V, em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....143
- Tabela 4 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas fluorescentes, tubulares, em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....144-147
- Tabela 5 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas fluorescentes compactas e circulares com e sem reator com tensão de operação entre 110 e 240V, em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....148-151

Tabela 6 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas mistas, com tensão de operação entre 220 e 240V, em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....	152
Tabela 7 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas de vapor de mercúrio, com tensão de operação entre 220 e 240V, em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....	153
Tabela 8 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas de vapor de sódio, com tensão de operação entre 220 e 240V, em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....	154
Tabela 9 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas de multivapores metálicos, com tensão de operação entre 220 e 240V, em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .....	155-156
Tabela 10 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas incandescentes, com tensão de operação entre 110 e 240V, em $\mu\text{W}/\text{l}$ .....	157-159

Tabela 11 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas halógenas, com tensão de operação entre 110 e 240V, em $\mu\text{W/l}$ .....	160-161
Tabela 12 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas halógenas, com tensão de operação de 12V, em $\mu\text{W/l}$ .....	162
Tabela 13 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas fluorescentes, tubulares, em $\mu\text{W/l}$ .....	163-166
Tabela 14 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas fluorescentes compactas e circulares com e sem reator com tensão de operação entre 110 e 240V, em $\mu\text{W/l}$ .....	167-170
Tabela 15 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas mistas, com tensão de operação entre 220 e 240V, em $\mu\text{W/l}$ .....	171
Tabela 16– Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas de vapor de mercúrio, com tensão de operação entre 220 e 240V, em $\mu\text{W/l}$ .....	172

Tabela 17 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas de vapor de sódio, com tensão de operação entre 220 e 240V, em $\mu\text{W/l}$ .....	173
Tabela 18 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), para as amostras de lâmpadas de multivapores metálicos, com tensão de operação entre 220 e 240V, em $\mu\text{W/l}$ .....	174-175
Tabela 19 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), apresentada na forma de valores médios.....	176
Tabela 20 – Resultado das medições nas faixas de atuação dos sensores UM-250 (220-330nm); UM-360 (310-400nm); UM-400 (360-480nm), apresentada na forma de valores máximos e mínimos.....	177

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	26
CAPÍTULO 1 – TEORIA DA ILUMINAÇÃO E FONTES ARTIFICIAS DE LUZ.....	29
1.1 Luz, radiações e espectro eletromagnético.....	29
1.2 Radiações invisíveis - ultravioleta e infravermelho.....	33
1.2.1 Radiações infravermelhas.....	33
1.2.2 Radiações ultravioletas.....	35
1.3 Grandezas, unidades e conceitos utilizados em iluminação....	36
1.3.1 Fluxo luminoso.....	36
1.3.2 Intensidade luminosa.....	38
1.3.3 Diagramas fotométricos.....	38
1.3.4 Eficiência luminosa.....	40
1.3.5 Iluminamento ou iluminância.....	41
1.3.6 Luminância.....	42
1.3.7 Temperatura de cor.....	44
1.3.8 Reprodução de cores.....	47
1.4 Lâmpadas.....	48
1.4.1 Lâmpadas de filamento incandescente.....	48
1.4.1.1 Lâmpada incandescente.....	50
1.4.1.2 Lâmpada incandescente halógena.....	53
1.4.2 Lâmpadas de descarga.....	56
1.4.2.1 Lâmpada fluorescente.....	56
1.4.2.2 Lâmpada fluorescente compacta.....	59
1.4.2.3 Lâmpada de vapor de mercúrio.....	60
1.4.2.4 Lâmpada de multivapores metálicos.....	61
1.4.2.5 Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão.....	62
1.4.2.6 Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.....	63
1.4.2.7 Lâmpadas mistas.....	64
1.5 Equipamentos.....	65
1.5.1 Reatores.....	65
1.5.2 Ignitores.....	66
1.5.3 Transformadores abaixados.....	67
CAPÍTULO 2 – BREVE HISTÓRICO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DESTINADA AO INTERIOR DE MONUMENTOS NO BRASIL.....	68
CAPÍTULO 3 – RADIAÇÃO UV – ESTUDOS RELATIVOS À PRESERVAÇÃO DE ACERVOS.....	77
CAPÍTULO 4 – EXPERIMENTAL – DESCRIÇÃO E METODOLOGIA.....	93
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS.....	130
5.1 Apresentação dos resultados.....	130
5.2 Análise dos resultados.....	135

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	195
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	197

## INTRODUÇÃO

Os profissionais que trabalham com preservação, hoje, têm significativo conhecimento dos danos provocados ao acervo pelas radiações emitidas pelas lâmpadas. Não só por aquelas situadas nas faixas visíveis de comprimento de onda, capazes de estimular na retina do olho humano a sensação luminosa, mas principalmente as designadas como ultravioleta (UV) e infravermelho (IV)<sup>1</sup>. Assim, muito já foi sistematizado nas pesquisas científicas sobre quais os níveis de iluminação adequados, os percentuais de tempo aceitáveis de exposição dos objetos à luz, os níveis de radiação UV e IV permitidos, etc. Entretanto, não existe, em contrapartida, uma sistemática coleta de dados com relação às emissões de radiações pelas lâmpadas, nem a verificação isenta das poucas informações fornecidas em catálogos técnicos. Os dados referentes às radiações emitidas - tipo e quantificação - inexistem ou não podem ser considerados confiáveis.

Diante disso, ou seja, da ausência de informações mais substanciais a respeito do assunto em foco, a conseqüência imediata é o extremo comprometimento do resultado do trabalho de especialistas em projetos de iluminação destinados ao interior de edificações ornadas por elementos artísticos ou que abriguem acervo cultural. Para uma atuação correta e tecnicamente fundamentada, os projetistas de iluminação necessitam não só da sistematização das informações sobre as radiações emitidas, mas também da sua correlação com os estudos existentes a respeito da preservação de acervos.

A preocupação, em particular, centra-se na verificação dos níveis de radiação na faixa do ultravioleta emitido pelas fontes artificiais de luz, visto serem estes os mais danosos. A focalização do estudo nessa faixa de radiação respalda-se no fato de que as lâmpadas do tipo de descarga que atualmente dominam o mercado e têm sido objeto de evolução tecnológica sistemática são as que possuem significativa emissão nesses comprimentos de onda (como será exposto). O acompanhamento dos informes técnicos da área de iluminação indica que lâmpadas com essas características prevalecerão ainda por razoável período de tempo, principalmente ao considerarem-se os elevados recursos necessários à modernização de sistemas de iluminação com características especiais. É, pois, fundamental a ampliação dos

---

<sup>1</sup> Os conceitos luminotécnicos e físicos expressos na introdução são desenvolvidos no capítulo 1

conhecimentos, o que certamente ocorrerá com a realização da mensuração das radiações ultravioletas emitidas pelas lâmpadas atualmente à venda no comércio brasileiro.

A atuação ao longo de 17 anos como técnico do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) nas áreas de Projeto Luminotécnico e de Instalações Elétricas impôs o constante enfrentamento com a questão da correta especificação de fontes artificiais de luz, objetivando primordialmente resguardar de danos o acervo artístico presente na edificação, incorporado ou móvel. Essa experiência profissional foi importante para a compreensão da premência na ampliação dos conhecimentos.

O objetivo desta dissertação de Mestrado é, portanto, a catalogação de significativo número de lâmpadas que têm sido utilizadas no interior de edificações tombadas, possuidoras de acervo cultural, e a medição das radiações eletromagnéticas por elas emitidas nos comprimentos de onda designados por ultravioleta. Visa-se, desta forma, a fundamentar as intervenções luminotécnicas<sup>2</sup> nesses espaços no tocante aos modernos quesitos de preservação.

Devido à considerável presença em toda a Dissertação de termos técnicos e conceitos afetos ao estudo da luz e da óptica, para perfeito acompanhamento do desenvolvimento dos trabalhos faz-se adequado que o primeiro capítulo seja uma introdução à teoria da iluminação, fundamental à compreensão do problema colocado. A seguir é realizada a descrição das fontes de iluminação existentes e equipamentos auxiliares, sendo apresentadas suas principais características técnicas, de modo a serem mais facilmente identificadas e selecionadas, bem como corretamente operadas durante a etapa de testes.

Para melhor justificar os questionamentos e a real demanda por informações relativas ao assunto, fatores que motivaram a realização desta Dissertação, faz-se necessário relatar inicialmente a evolução conceitual das fontes artificiais de luz no interior de edificações de valor cultural. Cumpre, portanto, historiar como se deu em nosso país o desenvolvimento dos conceitos de iluminação e sua conseqüente

---

<sup>2</sup> Projetos onde são definidos os níveis de iluminamentos desejados, o posicionamento e o tipo dos equipamentos de iluminação.

aplicação técnica na elaboração desses projetos específicos. Esse é o assunto abordado no segundo capítulo.

O terceiro capítulo é dedicado ao levantamento dos conhecimentos atuais sobre o tema, em particular os danos causados pelas radiações ao acervo cultural e seu controle, bem como as aferições existentes da emissão de radiação UV pelas fontes artificiais de luz. É estabelecida a delimitação do objeto de estudo.

Os procedimentos metodológicos preliminares e durante a realização das medições são abordados no quarto capítulo, que contém a descrição da preparação do espaço físico, a seleção do aparelho de medição e monitoramentos elétricos e ambientais auxiliares no processo de mensuração. Descreve-se a forma de coleta das fontes de iluminação a serem testadas, sendo apresentada a catalogação de suas informações técnicas. São dados os parâmetros que orientaram a construção de estrutura de gabarito e suporte do aparelho de medição de radiação ultravioleta. Complementando, abordam-se as premissas conceituais adotadas na realização das medições.

A apresentação dos resultados das medições da radiação ultravioleta emitida pelas fontes sob teste e sua discussão são o tema do quinto capítulo. As aferições foram organizadas em forma de tabelas e gráficos.

No último capítulo são apontadas as conclusões da pesquisa.

## CAPITULO 1

### Teoria da iluminação e fontes artificiais de luz

#### 1.1 Luz, radiações e espectro eletromagnético.

“Luz é a designação que recebe o grupo de radiações eletromagnéticas compreendidas entre os comprimentos de onda de 380nm e 780nm, pois, são capazes de estimular a retina do olho humano produzindo a sensação luminosa” (MOREIRA, 1982 p.1).

A perfeita compreensão dessa definição impõe seu desmembramento e que sejam preliminarmente desenvolvidas as duas teorias que procuram explicar, do ponto de vista da física, a radiação:

- ❖ Teoria eletromagnética: por essa explicação, a radiação pode ser entendida como sendo onda eletromagnética que atravessa o vácuo a uma velocidade próxima de 300.000km/s. Ao atravessar um meio material como o ar, sua velocidade de propagação é reduzida. A alteração provocada depende do índice de refração do meio. Para cada tipo de onda, a velocidade de propagação ( $v$ ) é igual ao produto do comprimento de onda ( $\lambda$ ) pela frequência ( $f$ ).

$$v = \lambda \cdot f$$

A frequência, num movimento periódico, é o número de oscilações ou vibrações realizadas pelo móvel na unidade de tempo ou número de ciclos que um sistema em movimento periódico efetua na unidade de tempo. A unidade é Hertz. A natureza do meio na qual a radiação é propagada não altera a frequência,

entretanto, será mantida a proporcionalidade em relação ao comprimento de onda, de forma que a razão  $v/\lambda$  será constante.

Por comprimento de onda entende-se a distância entre dois pontos cuja diferença de fase é igual a um ciclo completo de onda.

- ❖ Pela teoria do *quantum*, a energia é emitida e absorvida em *quanta*<sup>1</sup> discretos (fótons), sendo a magnitude de cada *quantum* igual a  $h f$ , onde  $h$  é conhecido como constante de Planck, tendo o valor de  $6,6256 \times 10^{-34}$  joule-segundo e  $f$  a frequência da radiação eletromagnética. Essa teoria procura explicar os efeitos fotoelétricos, químicos e biológicos da radiação.

**Radiação**, portanto, é a emissão ou a transferência de energia na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas. Pode-se citar como exemplo de fontes de radiação o sol e o filamento aquecido de uma lâmpada incandescente.

Existem diversos valores de radiação emitidos pelas fontes, sendo alguns percebidos através dos nossos sentidos. A luz é uma pequena faixa desses valores emitidos.

Dando prosseguimento ao desenvolvimento dos termos utilizados na definição inicial de luz, cumpre explanação sobre **espectro eletromagnético**, que se entende como sendo a representação gráfica onde é feita a distribuição das radiações eletromagnéticas em função do comprimento de onda.

---

<sup>1</sup> Plural de *quantum*

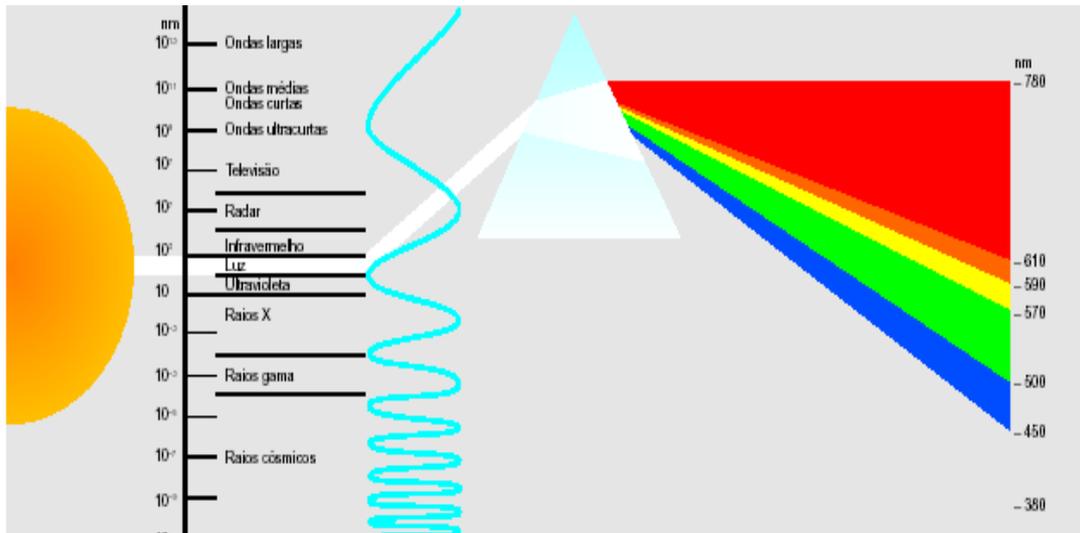


Fig.1- Espectro eletromagnético.

Fonte: <http://www.osram.com.br/luminotec/manual/index.html>

Será útil a compreensão dos tipos de espectros existentes:

Espectro Contínuo – possui corpo que emite radiações em toda a faixa espectral, mesmo que com intensidades variáveis. Não existem, portanto, falhas no espectro de energia de comprimentos de ondas.

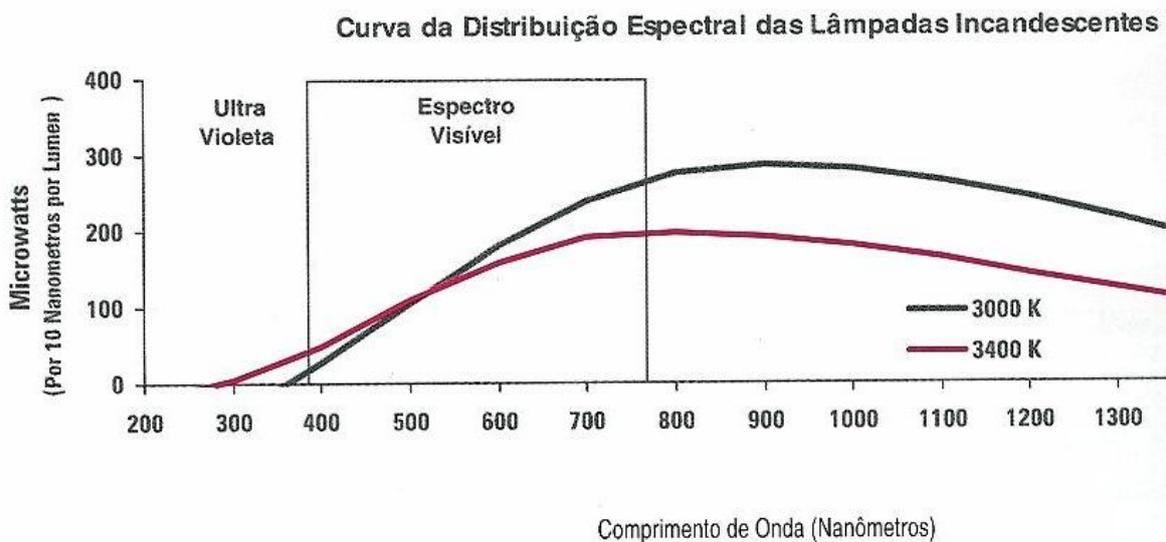


Fig.2 – Exemplo de espectro contínuo.

Fonte: Catálogo geral de produtos, 2002. General Electric, p. 1.4

Espectro Descontínuo - É o resultado da emissão de radiação por pulsos em faixas espectrais curtas.

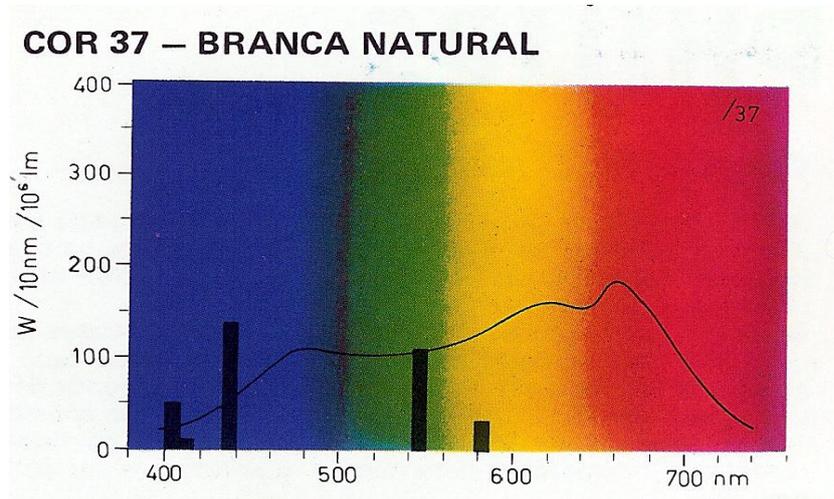


Fig.3 - Exemplo de espectro descontínuo  
Fonte: Catálogo geral de produtos, Philips, 1982.

Espectro misto – é o espectro de fonte de luz que apresenta características dos dois tipos – contínuo e descontínuo. A lâmpada designada por mista é representante desse modelo.

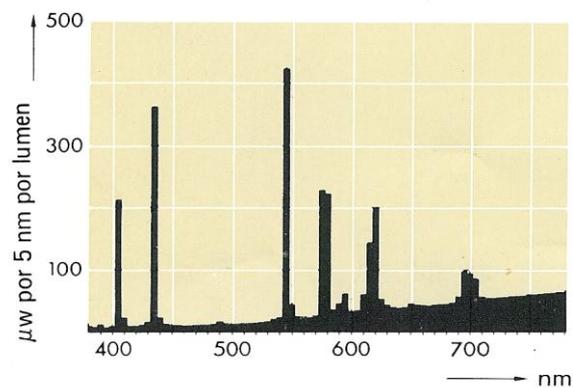


Fig.4 – Exemplo de espectro misto.  
Fonte: Catálogo geral de produtos, Philips, 1982.

Além da impressão luminosa, a radiação visível transmite também a impressão da cor, a qual está intimamente ligada aos comprimentos de onda. Verifica-se que os diferentes comprimentos de onda (diversas cores) produzem diversas sensações de luminosidade, isto é, o olho humano não é igualmente sensível a todas as cores do espectro visível.

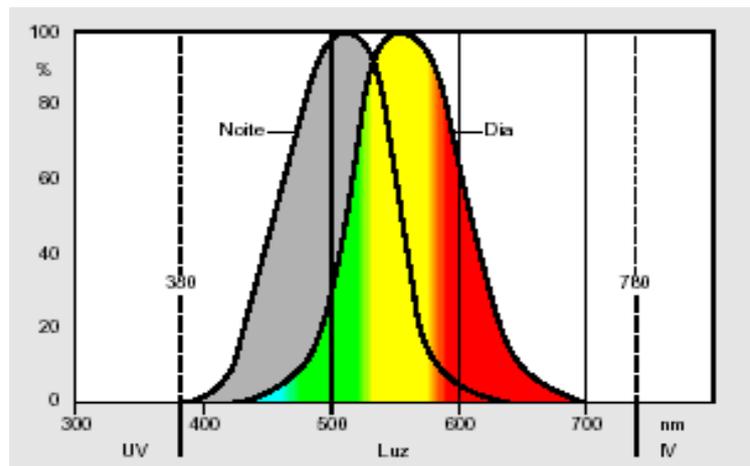


Fig.5 – Curva representando a sensibilidade do olho humano.  
Fonte: <http://www.osram.com.br/luminotec/manual/index.html>

## 1.2 Radiações invisíveis – infravermelho e ultravioleta

As radiações visíveis encontram-se limitadas num dos extremos pelas radiações infravermelhas (maior comprimento de onda) e no outro pelas radiações ultravioletas (menor comprimento de onda).

### 1.2.1 Radiações infravermelhas

As radiações IV foram descobertas em 1800 por William Herschel (BRILL, 1980 p.12). Têm como característica atravessar o vácuo ou ar limpo sem perda

apreciável de energia. Somente ao atingir um objeto em seu caminho a energia propagada em forma de radiação IV será absorvida e, então, convertida em calor. A radiação IV comporta-se, em muitos aspectos, da mesma forma que a luz visível. Poderá, inclusive, ser refletida e concentrada sob uma área, eliminando-se problemas de perda de calor, no caso de ser utilizada para aquecimento. A região de infravermelho e, em especial, a região de ondas curtas é a que possui maior efeito de aquecimento em relação às outras radiações. Sendo invisível ao olho humano, a radiação IV poderá ser sentida como calor. Um tipo especial de lâmpada de filamento de tungstênio é utilizada para a produção de IV, tendo, porém, espectro de emissão contínua e emite também alguma luz visível. Subdivide-se em três faixas:

IR-A de 780nm a 1400nm (ondas curtas);

IR-B de 1,4 a 3  $\mu\text{m}$  (ondas médias);

IR-C de 3  $\mu\text{m}$  a 1mm (ondas longas).

As aplicações para equipamentos que produzem esse tipo de radiação (lâmpadas incandescentes especiais, resistores aquecidos, etc.) são variadas. Pode-se citar:

- ❖ Medicina: Tratamento de luxações pelo ativamento da circulação, aquecimento;
- ❖ Indústria: Secagem de tintas e lacas (a radiação IV penetra profundamente nas emulsões, produzindo secagem mais rápida e mais uniforme, independentemente das condições atmosféricas), secagem de enrolamentos elétricos, secagem de trigo, café, etc.
- ❖ Restauração: Fotografias de infravermelho em obras de arte para verificação de repinturas, áreas retocadas, etc.

### 1.2.2 Radiações ultravioletas

“A existência da radiação ultravioleta foi descoberta por J. W. Ritter, em 1801, usando a luz solar, um prisma de vidro e uma placa revestida de cloreto de prata. Os haletos de prata são sensíveis à radiação UV. Ritter comprovou que a placa escurecida além do violeta acabou primeiro, depois o violeta e, finalmente, o azul, o que demonstra que a radiação existe em comprimentos de onda menores que o violeta” (BRILL, 1980 p.10).

Nas referências bibliográficas pesquisadas, são encontradas variações nos limites da faixa espectral que delimitariam as radiações ultravioletas. Adotou-se, então, nesta Dissertação, como parâmetro, o estabelecido pela ABNT<sup>2</sup>, especificamente na NBR 10494/1988 – Precauções Contra Radiações Ultravioletas em Lâmpadas de Descarga. As subdivisões são:

UV-C: de 100 a 280nm (onda curta)

UV-B: de 280 a 315nm (onda média)

UV-A: de 315 a 380nm (onda longa)

A radiação na faixa de UV-A (ultravioleta próximo ou luz negra) atravessa a maioria dos tipos de vidros e praticamente não produz eritema ou bronzeamento na pele humana. A radiação, nessa faixa, caracteriza-se por causar fluorescência em certos materiais e reação fotoquímica em outros.

A radiação na faixa de UV-B (ultravioleta intermediário) tem elevada atividade eritemática sobre a pele humana. Essas radiações produzem também a vitamina D no corpo, a qual possui uma ação anti-raquítica. É usada unicamente para fins terapêuticos.

A radiação na faixa UV-C (ultravioleta remoto ou germicida) tem forte efeito germicida. Também pode causar fluorescência em certos materiais, eritemas e

---

<sup>2</sup> Associação Brasileira de Normas Técnicas

conjuntivites superficiais. Essas radiações são absorvidas quase totalmente pelo vidro comum, que funciona como um filtro, motivo pelo qual as lâmpadas germicidas possuem bulbos de quartzo.

Possuindo comprimento de onda abaixo de 180nm, as radiações são conhecidas como ultravioleta de vácuo, visto que somente podem ser transmitidas no vácuo.

Todas as três subdivisões de radiações UV dispõem de lâmpadas desenvolvidas especificamente para aproveitar suas características:

UV-A - Lâmpada de luz negra;

UV-B - Lâmpadas solares;

UV-C - Lâmpadas germicidas.

O ataque fotoquímico causado pelas radiações UV nas pinturas e policromias existentes no interior de edificações de valor cultural é ponto de particular interesse neste estudo. Desta forma, o tema da radiação ultravioleta será tratado com mais detalhe no capítulo três.

### 1.3 Grandezas, unidades e conceitos utilizados em iluminação

#### 1.3.1 Fluxo luminoso ( $\Phi$ )

“Fluxo luminoso ( $\Phi$ ) é a grandeza característica de um fluxo energético, exprimindo sua aptidão de produzir uma sensação luminosa no ser humano através do estímulo da retina ocular, avaliada segundo os valores da eficácia luminosa relativa admitidos pela Comissão Internacional C.I.E.<sup>3</sup>” (MOREIRA, 1982 p.17).

Sua unidade é o lúmem (lm).

---

<sup>3</sup> Comissão Internacional de Iluminação

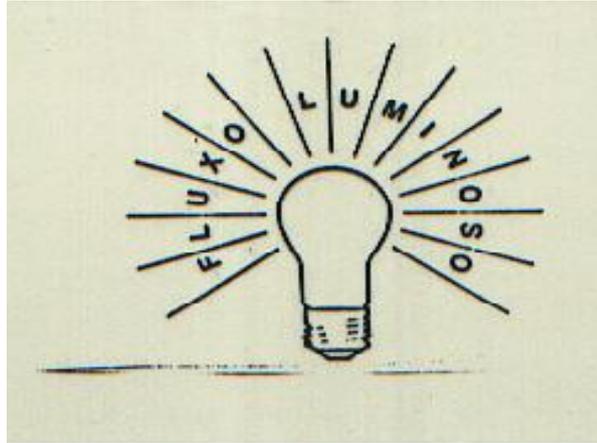


Fig.6 – Representação gráfica do fluxo luminoso.  
 Fonte: Introdução a luminotécnica, Osram do Brasil, 1979, p.3

“Apesar de ser uma potência, não se expressa a emissão de radiação visível de uma fonte de luz em Watt. A designação de lúmen provém do fato de o olho ter sensibilidade bastante variável com o comprimento de onda da radiação” (OSRAM 1979, p. 2).

Exemplos de fluxos luminosos de diferentes tipos de lâmpadas:

Lâmpada Incandescente	100W : ± 1380 lm
Lâmpada Halógena	150W: ± 2.300 lm
Lâmpada Fluorescente	32W : ± 2.950 lm
Lâmpada Fluorescente Compacta	22W: ± 1230 lm
Lâmpada Mista	160W: ± 3000 lm
Lâmpada de Vapor de Mercúrio	80W: ± 3500 lm
Lâmpada de Vapor de Sódio	70W: ± 6400 lm
Lâmpada de Multivapores Metálicos	70W : ± 5500 lm

### 1.3.2 Intensidade luminosa (I)

A potência de radiação visível disponível numa certa direção denomina-se intensidade luminosa. Sua unidade é a candela (cd).

“A candela (cd) corresponde à intensidade luminosa na direção perpendicular a uma superfície plana de área igual a  $1/600.000\text{m}^2$  de um corpo negro<sup>4</sup>, à temperatura de solidificação da platina sob pressão de  $101\ 325\ \text{N/m}^2$ ” (MOREIRA, 1982 p.1).

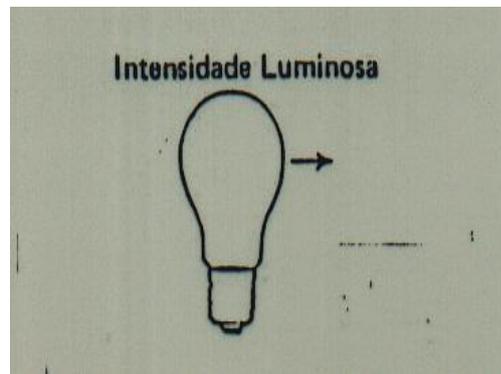


Fig.7 – Representação gráfica de intensidade luminosa  
Fonte: Introdução à luminotécnica, Osram do Brasil, 1979, p.3

### 1.3.3 Diagramas fotométricos

A representação espacial dos valores da intensidade luminosa em cada direção gera a chamada superfície fotométrica.

---

<sup>4</sup> Também designado por radiador de Planck, trata-se de radiador térmico que absorve completamente toda a radiação incidente, qualquer que seja o comprimento de onda, a direção de incidência ou a polarização.

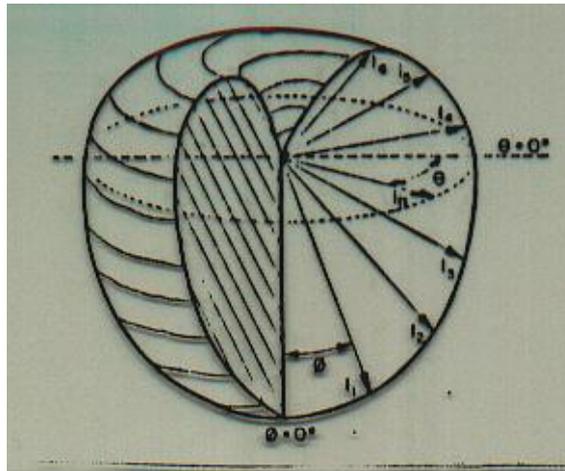


Fig. 8 - Superfície fotométrica.  
Fonte: MOREIRA, 1982, p.12

A partir do delineamento das intensidades luminosas de uma fonte de luz em diversas direções, traça-se a figura representativa de sua distribuição no espaço. Sua forma será esférica se a fonte possuir distribuição espacialmente uniforme. Para facilitar a representação gráfica, foram criadas projeções da superfície sobre planos que interceptam o centro da fonte luminosa produzindo, assim, curvas fotométricas.

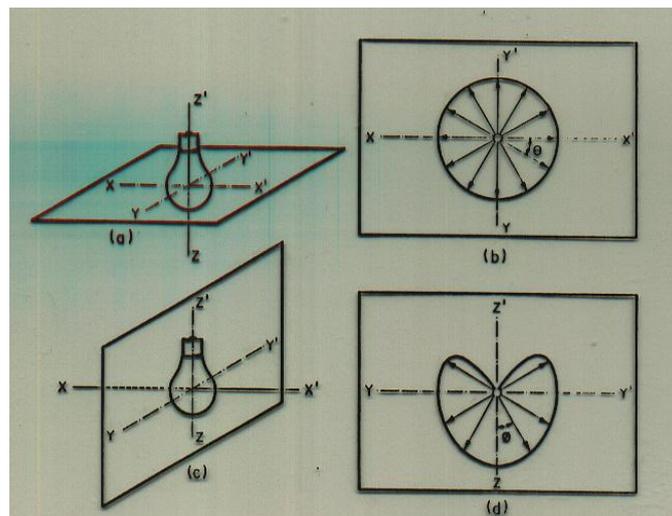


Fig.9 – Lâmpada com centro interceptado por plano horizontal e vertical.  
Fonte: MOREIRA, 1982, p.13

Como visto na FIG.09, pode-se traçar curvas fotométricas horizontais e verticais de uma fonte luminosa.

Ao serem utilizadas luminárias, elas alteram a curva da lâmpada, passando o conjunto a ter curva fotométrica diferenciada. É o caso das lâmpadas halógenas com refletor incorporado.

#### 1.3.4 Eficiência luminosa

É o fluxo luminoso (em lumens) de uma fonte de iluminação dividido pela energia total (dada em watt) consumida por aquela fonte de luz. Portanto, expressa-se a eficiência luminosa em lm/W

$$N = \frac{\Phi}{P}$$

N.....eficiência luminosa (lm/W)  
 $\Phi$ .....fluxo luminoso (lm)  
P.....potência absorvida (W)

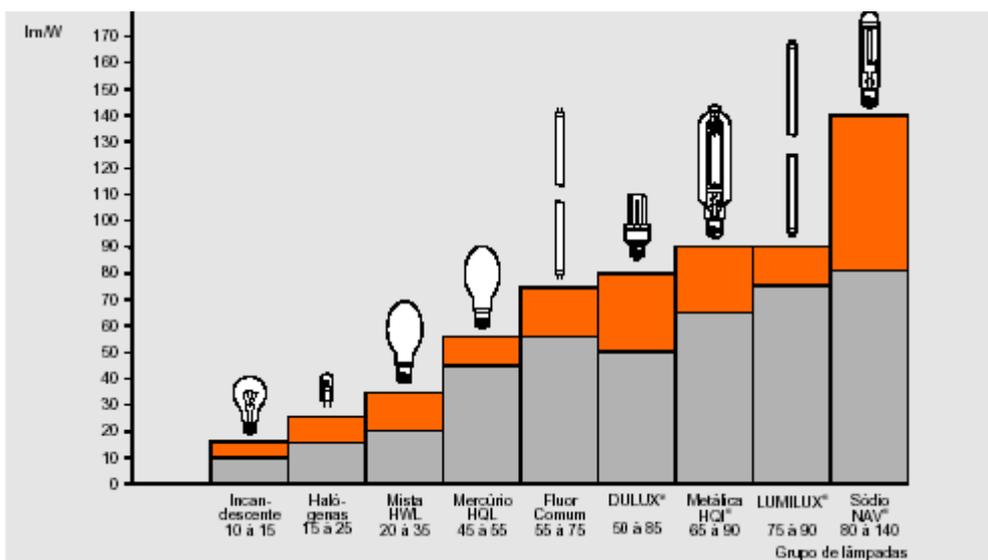


Fig.10 - Eficiência luminosa de tipos de lâmpadas.  
Fonte: <http://www.osram.com.br/luminotec/manual/index.html>

### 1.3.5 Iluminamento ou iluminância

É a medida da densidade de fluxo luminoso incidente em uma superfície.

$$E = \Phi / S$$

E.....	iluminamento	(lux)
$\Phi$ .....	fluxo luminoso	(lm)
S.....	área	(m <sup>2</sup> )

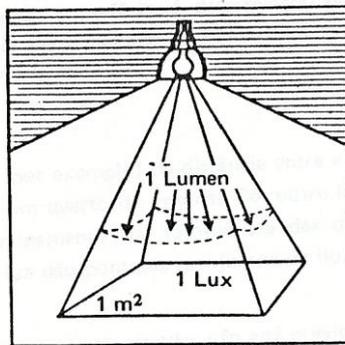


Fig.11 – Representação gráfica do iluminamento ou iluminância.  
 Fonte: Introdução à luminotécnica, Osram do Brasil, 1979, p.6

Devido à variação do fluxo luminoso sobre a superfície, o iluminamento não será o mesmo em toda a área iluminada. Assim, deve-se considerar o valor calculado pela fórmula  $E = \Phi/S$  como médio.

O iluminamento num ponto pode ser calculado a partir da intensidade luminosa da fonte e da distância em metros entre a fonte e o ponto iluminado. Para incidência perpendicular da luz sobre a superfície considerada, a relação para cálculo da iluminação ponto por ponto será:

$$\text{Iluminamento} = \text{Intensidade luminosa (I)}/\text{distância (r}^2\text{)}$$

Para a incidência oblíqua da luz, tem-se:

$$E = (I/r^2) \cos \varepsilon$$

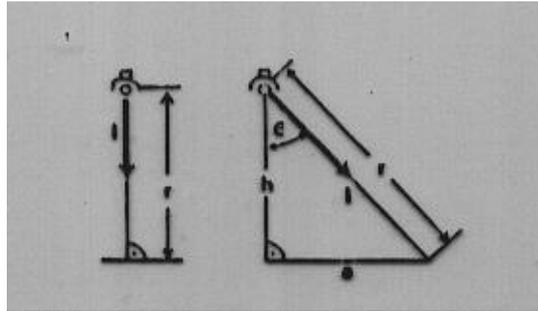


Fig.12 – Iluminamento incidência perpendicular e oblíqua.  
 Fonte: Introdução à luminotécnica, Osram do Brasil, 1979, p.7

Desta forma, com a duplicação da distância entre a fonte de luz e o ponto de iluminação, o iluminamento cairá a um quarto do original. Em contraponto, a redução da distância à metade quadruplicará o iluminamento. A fórmula de cálculo da iluminação pelo chamado método ponto a ponto não leva em consideração os componentes adicionais de luz advindos da reflexão em tetos ou paredes.

Exemplos de iluminamento – valores médios aproximados :

❖ Luz do dia céu aberto.....	100.000 lux
❖ Estádio de futebol .....	1.200 lux
❖ Escritório de desenho técnico .....	1.000 lux
❖ Boa iluminação de trabalho.....	500 lux
❖ Iluminação de avenida.....	30 lux
❖ Noite de lua cheia.....	0,25 lux

### 1.3.6 Luminância

É uma medida da sensação de claridade que o olho humano percebe da superfície. A luminância depende do tamanho aparente da superfície, dada pelo

ângulo do observador, e da intensidade luminosa emitida pela superfície na direção do olho.

Unidade: candela/m<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>)

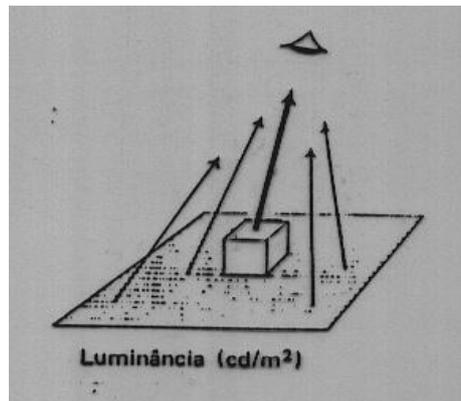


Fig.13 – Representação gráfica da luminância.  
Fonte: Introdução à luminotécnica, Osram do Brasil, 1979, p.8

A luminância é expressa pela fórmula:

$$L = I / A \cos \alpha$$

$$L = \text{luminância em cd/m}^2$$

$$I = \text{Intensidade luminosa em cd}$$

$$A = \text{Área projetada em m}^2$$

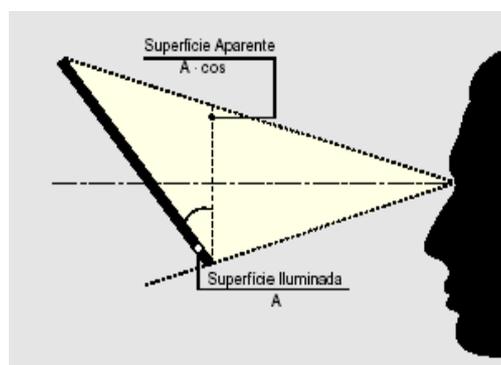


Fig. 14 – Representação da superfície aparente e ângulo considerado para cálculo da luminância.

Fonte: <http://www.osram.com.br/luminotec/manual/index.html>

Pode-se também representar a luminância pela expressão:

$$L = \rho E / \pi, \text{ sendo:}$$

$\rho$  = reflectância ou coeficiente de reflexão

$E$  = iluminância sobre a superfície considerada

Devido ao cálculo da luminância ser mais aproximado do real por considerar a influência da superfície sobre a qual incide a luz, nota-se uma tendência nas referências bibliográficas e programas de computador destinados à iluminação em adotar essa unidade de medida.

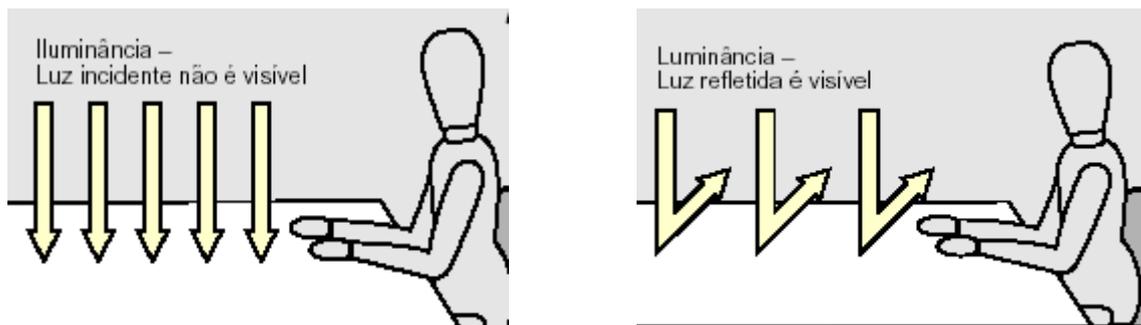


Fig.15 – Iluminância ou iluminamento x luminância.  
Fonte: <http://www.osram.com.br/luminotec/manual/index.html>

### 1.3.7 Temperatura de cor

O conceito foi criado para descrever a cor de uma fonte de luz, comparada à cor do radiador de corpo negro, ou radiador absoluto. A temperatura do corpo negro, em Kelvin, pela qual a comparação de cor é obtida, define a temperatura de cor da fonte de luz. O Sistema Internacional de Unidades (SI) utiliza o kelvin cujo símbolo é o K como unidade base de grandeza para temperatura termodinâmica. O kelvin é a fração 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água. Por ser

unidade de medição e não escala de medição como Celsius ou Fahrenheit não deve ser precedido pelas palavras grau ou graus ou o símbolo °

**Princípio de um corpo negro:** a luz entrando num corpo oco por uma pequena abertura é, por repetidas vezes, refletida dentro da cavidade. Há absorção de energia em cada reflexão. Se a abertura é bem pequena, praticamente nenhuma radiação escapará do corpo, isto é, toda a radiação será absorvida. A construção de um radiador com as características de um corpo negro é feita por um tubo fino de óxido de Tório, que é levado à incandescência num vaso contendo platina líquida.

Temperatura de cor para diferentes tipos de fontes de luz:

Tipo de luz	Temperatura de cor (Tc)
Vela normal	1900 - 1950
Lâmpadas elétricas incandescentes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Com filamento de carvão</li> <li>• Com filamento de metal (40W)</li> <li>• Com filamento de metal (150 - 500W)</li> </ul>	2100 2700 2800 - 2900
Luz do dia <ul style="list-style-type: none"> <li>• Céu coberto</li> <li>• Céu azul limpo</li> </ul>	6400 - 6900 10000 - 26000
Lâmpada Fluorescente <ul style="list-style-type: none"> <li>• GE Super luz do dia</li> <li>• GE SPX30</li> </ul>	5.250 3.000

Simplificando, poder-se-ia definir temperatura de cor como a “aparência da cor da luz” que é emanada por cada fonte de luz e que varia no caso das produzidas artificialmente, de acordo com seu princípio de funcionamento<sup>5</sup> ou tipo<sup>6</sup> ou modelo<sup>7</sup>.



Fig.16 – Representação gráfica da temperatura de cor de algumas lâmpadas.  
Fonte: [http:// www.luz.philips.com/latam/pt/conceito\\_temperatura](http://www.luz.philips.com/latam/pt/conceito_temperatura)

<sup>5</sup> Princípio de funcionamento classifica as lâmpadas pela forma com que é gerada a luz, por exemplo: lâmpadas de filamento incandescente, onde a luz é gerada pela passagem da corrente elétrica que leva o filamento à incandescência; ou lâmpada de descarga fluorescente, que produz luz pela geração de radiação UV em seu interior que, por sua vez, excita o(s) pó(s) fluorescente(s) fixado(s) no vidro da lâmpada.

<sup>6</sup> Tipo de lâmpada refere-se a variações dentro de mesmo princípio de funcionamento, por exemplo: lâmpada de descarga do tipo fluorescente ou lâmpada de descarga do tipo vapor de sódio.

<sup>7</sup> Modelo de lâmpada designa variações dentro de mesmo tipo, por exemplo: lâmpada de descarga do tipo fluorescente modelo luz do dia ou lâmpada de descarga do tipo fluorescente modelo suave de luxo.

### 1.3.8 Reprodução de cores

A capacidade das fontes de luz de reproduzir fidedignamente as cores está intimamente relacionada com as características de seu espectro eletromagnético. É intuitivo, pelo já exposto, concluir-se que as fontes que apresentam espectro contínuo, ou seja, que possuam emissão em todos os comprimentos de onda sobressaiam nesse quesito; aí se enquadram as lâmpadas do tipo filamento incandescente.

A fim de poder comparar as características de cor de vários tipos de fontes de luz, foi criado o conceito de índice de reprodução de cor (IRC ou Ra). O método de avaliação consiste em expor cores de teste à iluminação de uma fonte padrão e, posteriormente, à lâmpada que se pretende medir o desempenho. Quanto mais alto o IRC (baseado em escala de 0 a 100), mais fidedignas ficam as cores.

Amostra de índices de reprodução de cores para algumas lâmpadas de fabricação General Electric (GE):

❖ Incandescentes e halógenas	IRC = 100
❖ Mercúrio H/DX 80W	IRC = 50
❖ Lucalox (sódio) 70W	IRC = 22
❖ Multivapores metálicos 70W	IRC = 75
❖ Fluorescente branca morna 40W	IRC = 52
❖ Fluorescente Chroma 50 40W	IRC = 90

## 1.4 Lâmpadas

O correto prosseguimento da exposição do trabalho impõe uma breve explanação sobre as fontes de luz a serem medidas. Desta maneira, também a delimitação do campo de pesquisa vai se tornando clara.

Basicamente, as fontes de luz dividem-se em dois grupos de acordo com o modo pelo qual transformam energia elétrica em luz. O primeiro é formado por lâmpadas cuja luz é produzida pelo aquecimento de um filamento, que é levado à incandescência. O segundo grupo compõe-se das fontes cuja luz é produzida por meio da radiação ultravioleta que excita os fósforos que revestem o invólucro das lâmpadas, são as denominadas de descarga. Cumpre uma análise mais detalhada de cada um dos grupos, com a descrição das características dos tipos que têm sua utilização na iluminação do interior de edificações. É importante comentar que se encontram há algum tempo disponíveis no mercado fontes de luz com princípio de funcionamento diferente desses dois processos, entretanto, não tiveram seu uso difundido nem aplicação nos espaços arquitetônicos em estudo. Portanto, a atenção será focada somente nos dois grupos descritos.

### 1.4.1 Lâmpadas de filamento incandescente

Nas lâmpadas de filamento incandescente, a luz é produzida por um filamento, atualmente de tungstênio (devido ao seu elevado ponto de fusão e baixa taxa de evaporação), que é levado quase instantaneamente até a incandescência (ponto onde a luz é produzida) pela sua resistência ao fluxo de corrente elétrica<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Corrente elétrica: É definida como o movimento de elétrons dentro de um condutor sólido. Para que circule uma corrente elétrica, faz-se necessário o estabelecimento de duas condições:

Como o filamento queima rapidamente se o ar estiver presente, ele é envolvido por um bulbo de vidro (em alguns tipos utilizam-se outros materiais), do qual é retirado o ar. O interior da lâmpada será preenchido com uma quantidade de gás inerte, à baixa pressão, por exemplo, argônio ou nitrogênio. A introdução desse gás tem como finalidade retardar a taxa de evaporação do filamento.

As fontes de luz artificiais desse tipo foram as primeiras lâmpadas a serem descobertas, tendo seu uso introduzido em 1880.

É importante frisar novamente que todas as lâmpadas de filamento possuem espectro contínuo (lâmpada incandescente, lâmpadas halógenas, etc.), ou seja, emitem radiação em todos os comprimentos de onda.

As lâmpadas de filamento caracterizam-se por aumentarem a proporção de energia radiada na região visível do espectro e ganharem maior eficácia com o aumento da temperatura do filamento.

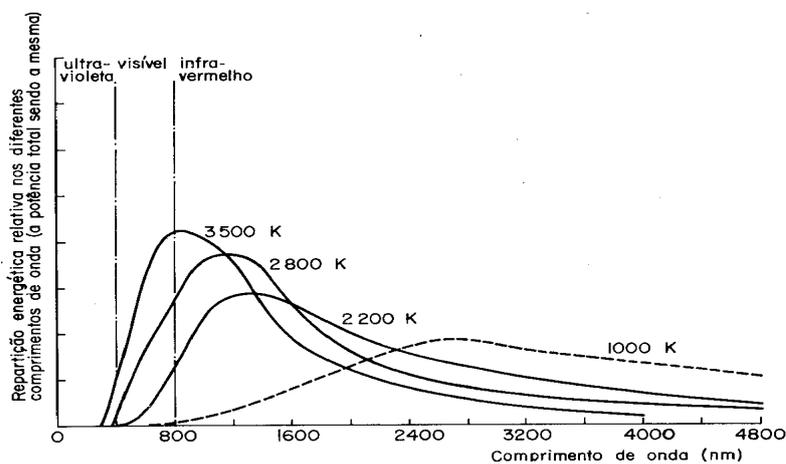


Fig.17 – Aumento da energia visível em função do aumento da temperatura do filamento.

Fonte: MOREIRA, 1982, p.58

---

a) existência de uma causa que ponha os elétrons em movimento (diferença de potencial elétrico);  
 b) existência de caminho para sua circulação, ou seja, condutores - elementos cuja composição é tal que não mantém rigidamente fixos alguns de seus elétrons, que passam com facilidade de átomo para átomo. Materiais nos quais os elétrons dificilmente podem ser removidos dos átomos são designados isolantes.

A unidade da corrente elétrica é o ampère (A).

#### 1.4.1.1 Lâmpada Incandescente

É o tipo de lâmpada mais comum e já foi basicamente descrita aqui. A fim de conseguir-se maior eficiência dessas fontes e reduzir suas dimensões, atualmente o filamento tem a forma de espiral dupla, com o objetivo de reduzir as perdas de calor, vantagem advinda de um filamento mais curto. Levando-se em consideração os objetivos desta dissertação, não há necessidade de se avançar no estudo dos componentes de uma lâmpada incandescente, além do que já foi mencionado.

Das lâmpadas é a que possui menor custo para aquisição, com incontáveis aplicações em casa, escritórios e fábricas.

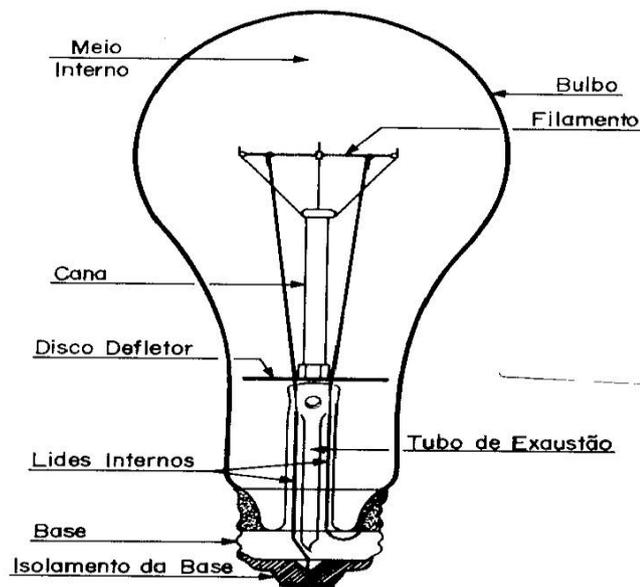


Fig.18 – Detalhe de lâmpada incandescente.  
Fonte: MOREIRA, 1982, p.58

Com relação às características da lâmpada incandescente, é oportuno ainda expor:

---

- ❖ Convertem apenas 10 a 12% da energia que passa pelo filamento em luz; quase a totalidade restante é irradiada primariamente como radiação infravermelha;
- ❖ Sua vida útil depende bastante da tensão de alimentação: para uma tensão menor que a nominal, obtém-se menos brilho, maior vida útil; para uma tensão maior que a nominal, maior brilho, menor vida útil.

Exemplo:

	Tensão	Luz	Vida	Horas
	120 volts	100%	100%	1000
-(10%)	108 volts	70%	400%	4000
+(10%)	132 volts	138%	35%	350

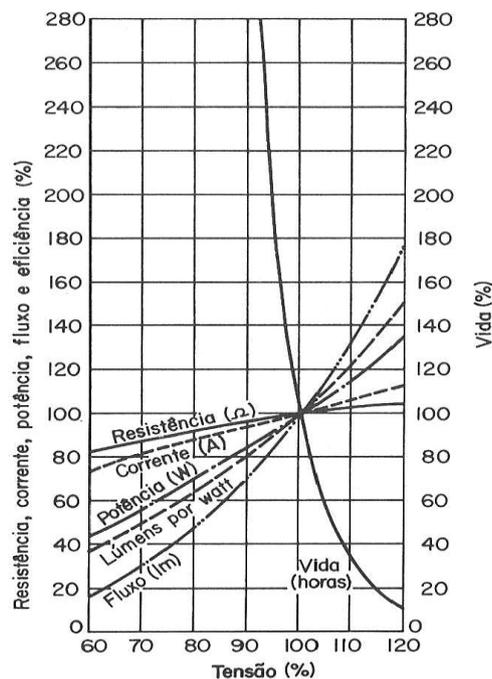


Fig.19 – Efeito da variação da tensão de operação na lâmpada incandescente.

Fonte: MOREIRA, 1982, p.62

- ❖ Na reprodução de cores, as tonalidades amarelas e vermelhas são destacadas, ao passo que verdes e azuis são amortecidas.

- ❖ O conceito de vida útil adotado pelos diversos fabricantes diverge, sendo apurado por alguns através do acionamento da lâmpada deixando-a em funcionamento até a sua queima. Para outros, a medição é feita com o acionamento/desacionamento da fonte a cada 10 horas (período aproximado de manobra da iluminação pública). A segunda forma de avaliação é a que mais se aproxima das condições reais, pois submete a lâmpada ao desgaste provocado pela ignição. Nas fontes de luz do tipo descarga, o desgaste provocado pela manobra será mais acentuado. Aceitando-se como mais correto o procedimento que leva em conta o desgaste provocado pelo processo de energização da lâmpada, a vida útil média gira em torno de 1000 horas.
- ❖ A eficiência luminosa será de aproximadamente 15 lm/W para a potência de 100W, sendo que diminuirá com o abaixamento da potência da lâmpada e crescerá com valores de potência acima do padrão fornecido.

As lâmpadas incandescentes são as fontes de luz mais freqüentemente encontradas na iluminação do interior de edificações, objeto desta dissertação. Tal fato pode ser explicado por sua antiguidade em relação às outras fontes relativamente mais recentes; seu baixo custo; facilidade de aquisição e operação e, por fim, certa similaridade com as fontes antigas de iluminação – velas. O filamento aquecido da lâmpada incandescente (bulbo transparente) assemelha-se à distância com a luz pontual gerada pela vela.

#### 1.4.1.2 Lâmpada incandescente halógena

As lâmpadas halógenas inventadas em 1957 usam um ciclo regenerativo de halogênio para proporcionar excelente manutenção do fluxo luminoso e propiciar a redução de suas dimensões. Recebem dos fabricantes diversas designações, como lâmpadas de quartzo, de iodo ou iodina. Seu funcionamento deriva da lâmpada incandescente, sendo que é adicionado no interior do bulbo um gás pertencente à família denominada halógena, comumente: bromo, cloro, flúor e iodo (mais usual). O ciclo regenerativo começa com a evaporação do tungstênio do filamento da lâmpada. Devido às elevadas temperaturas no bulbo, as partículas de tungstênio não se depositam nas paredes, o que resultaria no escurecimento e redução da vida útil da lâmpada. Ao invés disto, acontece a combinação do gás halógeno com o tungstênio. Esse composto gasoso circula dentro da lâmpada até entrar em contato com o filamento, onde a temperatura é suficiente para decompor a mistura em tungstênio que volta a depositar-se no mesmo que desta maneira é regenerado. O gás halogênio liberado volta a desempenhar seu papel recomeçando o ciclo. Tem-se, assim, uma reação cíclica que reconduz o tungstênio evaporado ao filamento. Com isso, o filamento pode trabalhar em temperaturas mais altas, conseqüentemente gerando maior eficiência luminosa, fluxo luminoso com elevada temperatura de cor e ausência de depreciação do fluxo luminoso por enegrecimento do bulbo. As grandes temperaturas internas alcançadas obrigam a utilização de bulbos de quartzo, o que encarece a produção e exige que a lâmpada funcione nas posições para a qual foi projetada. O fato do tungstênio não ser redepositado exatamente no local onde foi desprendido faz com que a lâmpada tenha também um

tempo de vida útil. Podem apresentar-se sob diferentes formas: duplo contato (como na foto inserida), base rosqueada, bipino, etc.

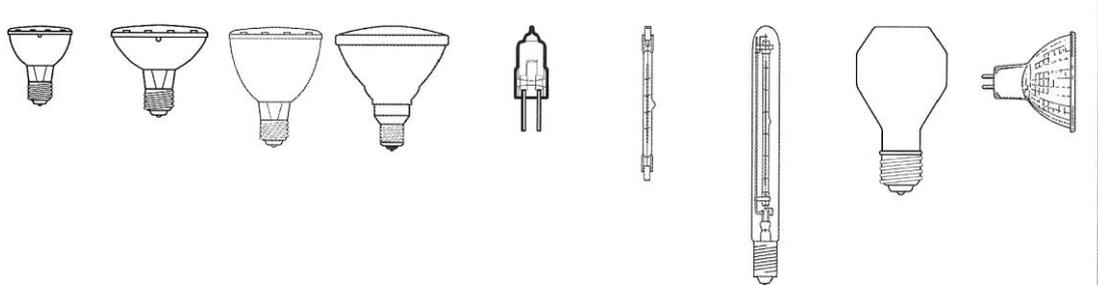


Fig.20 – Formatos de lâmpadas halógenas.  
Fonte: Catálogo de produtos GE, 2002, p.2.4

As características específicas dessa fonte de luz, e relevantes para a pesquisa em questão, são:

- ❖ O abaixamento significativo da tensão de trabalho pode reduzir a vida útil.
- ❖ Alguns tipos possuem posição de funcionamento específico e devem ser obedecidos sob pena de alterações no desempenho e durabilidade da lâmpada.
- ❖ Devido às elevadas temperaturas internas, não devem existir pontos com sujidade ou gordura no bulbo de quartzo, de forma a não produzir aquecimento desigual em relação ao restante da superfície. Caso isso ocorra, o invólucro fica sujeito ao rompimento.
- ❖ Várias melhorias com relação ao desempenho e redução de tamanho foram introduzidas ao longo do tempo nessas fontes de luz, entretanto, as características básicas foram mantidas.
- ❖ Possuem vida útil de aproximadamente 3000h, sendo sua eficiência luminosa 25 lm/W – referência lâmpada halógena 300 W/127V.

- ❖ Incluem-se, aqui, as lâmpadas comumente chamadas “dicróicas”, na verdade, lâmpadas halógenas, que possuem incorporado refletor multifacetado com camada de material com a propriedade do dicroísmo<sup>9</sup>. O conjunto assim formado representa a combinação de ótica de precisão com lâmpadas halógenas, resultando numa fonte de dimensões reduzidas com excelente direcionamento de fecho. Seu refletor multifacetado é constituído de uma infinidade de mini-espelhos geometricamente calculados por computador. A camada espelhada possui película que desvia para a parte posterior da lâmpada aproximadamente 60% do calor gerado pelo filamento. Assim, cerca de um terço apenas do calor da lâmpada acompanha o fecho luminoso. É encontrada comercialmente em diversas potências e aberturas de fecho.

Representante de uma geração de lâmpadas de filamento mais modernas, também tem seu uso bem difundido no interior de edificações de valor cultural. Contribuiu para isto, além do seu relativo baixo custo em comparação às de descarga, a intensa propaganda sobre as qualidades dessa fonte de luz para estes ambientes. Em virtude dessas fontes utilizarem como invólucro o quartzo, significativa quantidade de radiação ultravioleta emitida por essa lâmpada incide sobre o acervo, caso não seja dotada de anteparo de vidro.

---

<sup>9</sup> Propriedade das substâncias anisotrópicas que têm diferentes coeficientes de absorção para a luz



Fig.21 – Lâmpada halógena com refletor revestido por película dicróica.  
Fonte: Catálogo de produtos GE, 2002, p.3

#### 1.4.2 Lâmpadas de descarga

A luz dessas lâmpadas não é produzida pelo aquecimento de um filamento, mas pela excitação de um gás (um vapor de metal ou uma mistura de diversos gases e vapores) dentro de um tubo de descarga<sup>10</sup>. Como a lâmpada de descarga do tipo fluorescente é bem elucidativa desse processo de geração de luz, será descrita com detalhe. As outras lâmpadas que compõem esse grupo (mista, vapor de mercúrio, vapor de sódio, etc.), representam melhorias técnicas ou substituição nos elementos químicos presentes no processo otimizando-o, sendo, entretanto, a geração de luz basicamente a mesma.

##### 1.4.2.1 Lâmpada fluorescente

A lâmpada fluorescente é uma fonte de descarga elétrica na qual a luz é produzida por uma corrente elétrica que atravessa um gás ou vapor contido no interior de um tubo (denominado tubo de arco ou tubo de descarga), gerando, nesse processo, alguma luz visível, porém, principalmente radiação ultravioleta. Essa radiação incidirá sobre o revestimento de pós fluorescentes presentes na parte

---

polarizada em planos diversos.

interna do bulbo que converterão essa energia ultravioleta em luz. Inicialmente, adotava-se somente a forma de longo bulbo tubular, com eletrodo selado em cada extremidade. Hoje existem diversos formatos, incluindo-se o circular.

Contém, no geral, vapor de mercúrio misturado a uma pequena quantidade de um gás inerte, usualmente argônio para a partida. As partes internas do bulbo são revestidas com pós fluorescentes (sais), cuja composição definirá características importantes como a reprodução de cores, a temperatura de cor da lâmpada e níveis de emissão de radiação ultravioleta (no geral elevado).

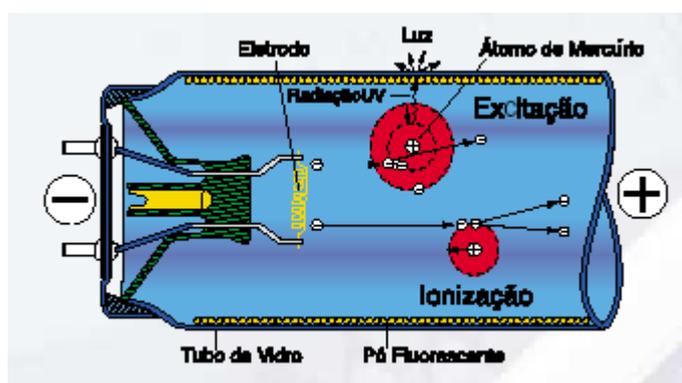


Fig.22 – Processo geração de luz lâmpada fluorescente.  
Fonte: <http://www.osram.com.br/catalogo/index.html>

Os pós fluorescentes geralmente utilizados foram selecionados e misturados para responderem mais eficientemente à radiação ultravioleta gerada numa descarga de mercúrio e cujo comprimento de onda é 253,7nm.

Durante o processo de geração de luz pela lâmpada fluorescente, três versões principais de energia ocorrem. Na primeira etapa do processo, a energia elétrica é convertida em energia cinética acelerando as partículas dos elementos. Em seguida, estas cedem sua energia durante a colisão de partículas, transformando-se em radiação eletromagnética, particularmente em ultravioleta. Essa energia ultravioleta é, então, convertida em energia visível ou luz pelos sais da

<sup>10</sup> Tubo de vidro fechado nas pontas por eletrodos metálicos.

lâmpada. Em cada fase dessas conversões, alguma forma de energia é perdida, entretanto, o rendimento ainda é consideravelmente superior ao das lâmpadas de filamento.

A lâmpada fluorescente necessita operar com um limitador de corrente chamado reator, que também provê a tensão necessária à partida e posteriormente controla o fluxo de corrente no interior da lâmpada.

Apresenta como características:

- ❖ Vida útil em torno de 10000 horas; nos modelos mais recentes, esse tempo foi aumentado para 20.000 horas.
- ❖ Eficiência luminosa de aproximadamente 75 lm/W.
- ❖ Exige para seu perfeito funcionamento instalações elétricas apropriadas, com tensões de rede estáveis.

Finalizando, as fluorescentes são fabricadas com diversas composições de sais fluorescentes, obtendo-se diversas temperaturas de cor, níveis de reprodução de cor e emissões de radiação ultravioleta. Pela sua alta eficiência luminosa, essa fonte de luz também tem elevada utilização nos ambientes em foco.

A evolução tecnológica dessa fonte de luz tem propiciado aumento do fluxo luminoso, refletido na redução da potência consumida e no diâmetro do tubo da lâmpada. Exemplificando, pode-se descrever o caso da lâmpada tubular de comprimento de 1210 mm, cujo diâmetro padrão era de 38mm, com consumo de energia fixado em 40W. Essa lâmpada passou a ser fabricada para potência de 32W e diâmetro de 26mm. Atualmente, as fontes de descarga são produzidas na potência de 28W e diâmetro de 16mm, mantendo-se o nível de fluxo de energia das antigas lâmpadas fluorescentes lineares de 40W.



Fig.23 – Variação do diâmetro das lâmpadas fluorescentes (respectivamente de cima para baixo: 26, 38 e 16 mm).  
Fonte: <http://www.ilumatic.com.br/produtos/comercial/lampadas.html>

#### 1.4.2.2 Lâmpada fluorescente compacta

Apresentam princípio de funcionamento idêntico ao das lâmpadas fluorescentes comuns. Caracterizam-se por suas pequenas proporções e também necessitam de equipamento auxiliar. Como foram concebidas para substituir as lâmpadas incandescentes comuns, essas fontes vêm sendo de fato introduzidas com grande rapidez no interior de edificações portadoras de acervo artístico. A grande gama de fabricantes com capacidade técnica questionável que a disponibilizam no mercado faz com que esse modelo de lâmpada de descarga seja um dos que mais preocupação despertam com relação à emissão de radiação ultravioleta.



Fig.24 – Lâmpadas fluorescentes compactas sem e com reator.  
Fonte: <http://www.osram.com.br/produtos/ilumgeral/compact/index.html>



Fig.25 – As lâmpadas fluorescentes compactas podem assumir formas diversas.  
Fonte: <http://www.flc.com.br/cfe.html>

#### 1.4.2.3 Lâmpada de vapor de mercúrio

Apesar de não serem de uso prático e nem aconselhável em projetos luminotécnicos de ambientes internos, principalmente para a utilização específica em museus, esse tipo de lâmpada tem sido ainda encontrada para esse uso.

Por apresentarem princípio de funcionamento semelhante ao das fluorescentes, passa-se às suas características:

- ❖ eficiência variando de 30 a 65 lumens/Watt;
- ❖ necessita de reator para seu funcionamento;
- ❖ nível de reprodução de cores apenas razoável causando distorção; as cores azul, verde e amarelo dos objetos são enfatizadas, enquanto o laranja e o vermelho aparecem em tons amarronzados (mesmo nas lâmpadas desse tipo com correção de cor);
- ❖ possui posição de operação definida, conforme orientação de cada fabricante;
- ❖ vida útil de 10000 a 24000 horas (dependendo do fabricante).

Uma importante observação com relação à lâmpada de vapor de mercúrio e às descritas a seguir diz respeito ao tempo de religamento. Essas lâmpadas, ao

terem cortada a sua alimentação, necessitam de algum tempo para novamente funcionarem com pleno rendimento (aproximadamente de três a seis minutos). Tal característica impõe cuidados ao especificar-se esse tipo de fonte de luz. Apresentam-se geralmente na forma de bulbo ovóide revestido.



Fig. 26 – Lâmpada de vapor de mercúrio.  
Fonte: <http://www.flc.com.br/vm.html>

#### 1.4.2.4 Lâmpada de multivapores metálicos

Contém, em relação à lâmpada de vapor de mercúrio, aditivos de iodeto índio, tálio e sódio, acarretando melhora substancial na eficácia e na reprodução de cores. Devido à introdução no mercado de potências mais compatíveis com o uso interno (70W, 150W, 175W, etc.), bem como por apresentar elevadas características de reprodução de cores, seu uso no interior de edificações tombadas ou de valor cultural tem aumentado significativamente a despeito de seu alto custo.

Características:

- ❖ Posição de funcionamento definida pelos fabricantes;

- ❖ Necessitam de reator e ignitor;
- ❖ Eficiência 100 lm/W;
- ❖ Vida útil de 10000 a 24000 horas;
- ❖ Apresenta excelente reprodução de cor.

Sua introdução no mercado ainda hoje é dificultada pela ausência de padronização entre os diversos fabricantes. Esse fato tem gerado grandes problemas comerciais, visto que as diferenças técnicas de operação das lâmpadas, na maioria das vezes, impedem que os equipamentos auxiliares sejam intercambiáveis.

São construídas em diversos formatos, sendo os mais comuns o ovóide ou tubular de rosca e o duplo contato. São exemplos desses tipos:

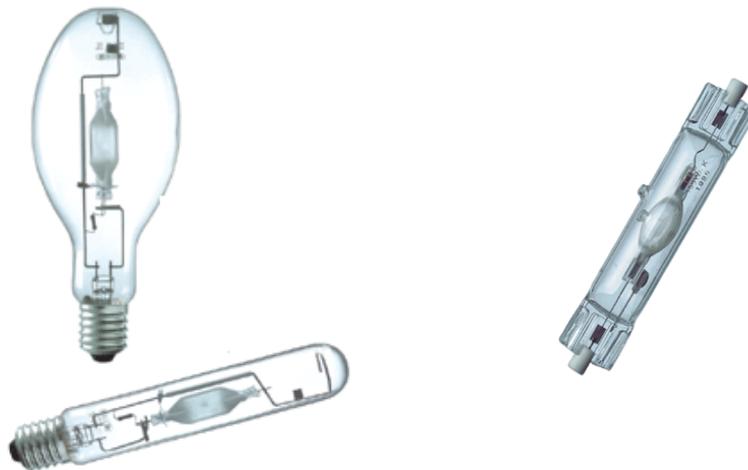


Fig.27 – Lâmpadas de multivapores metálicos ovóide, tubular e duplo contato.  
Fonte: <http://www.flc.com.br/vmt.html>

#### 1.4.2.5 Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão

Caracterizam-se por sua radiação praticamente monocromática e sua alta eficiência luminosa (150 lm/W). É uma fonte de luz muito econômica, indicada quando a percepção de cores não é importante.

Apresenta índice de 99,5% da radiação visível concentrada na faixa amarela (589nm e 589,6nm), o que resulta na total falta de reprodução de cores. Essa deficiência é compensada pelo fato de a radiação se dar muito próxima à região onde o olho humano tem sua sensibilidade máxima, dando à lâmpada, desta forma, eficácia luminosa muito alta.

Outras características:

- ❖ Necessita de reator e ignitor;
- ❖ Posição de funcionamento definida por fabricante;
- ❖ Vida útil de aproximadamente 24000 horas.

#### 1.4.2.6 Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão

Diferem das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão pelo fato de radiarem energia sobre boa parte do espectro visível. Comparando-se com a fonte citada, apresentam, portanto, reprodução de cor razoavelmente melhor, mas ainda com baixo desempenho nesse quesito. Basicamente apresentam as mesmas características da lâmpada de sódio de baixa pressão.

Ambos os tipos são fabricados nas formas de bulbo ovóide (claro e revestido) e tubular com base rosqueável. O tipo de soquete adotado (E-27, E-40, etc.) depende das dimensões da lâmpada.



Fig.28 – Lâmpadas de vapor de sódio, formato ovóide e tubular.  
Fonte: <http://www.flc.com.br/vs.html>

#### 1.4.2.7 Lâmpadas mistas

Como a própria designação já indica, essas fontes de luz são a junção das características construtivas das lâmpadas de filamento com as lâmpadas de descarga. Por apresentarem funcionamento misto, o espectro eletromagnético da luz emitida também é uma combinação de espectros. Essa lâmpada, apesar de apresentar a vantagem de não utilizar equipamento auxiliar, não logrou sucesso, sendo, atualmente, paulatinamente substituída por outras fontes de luz. A explicação para isso se deve à sua reduzida vida útil em relação a outras lâmpadas de descarga – aproximadamente 6000 horas – e sua baixa reprodução de cores. Seu formato é o bulbo ovóide revestido, já apresentado visualmente para a lâmpada de vapor de mercúrio.

A precisa identificação à distância das lâmpadas de descarga ou mistas, por vezes, como exemplificado pelas imagens, é difícil, sendo aconselhável sempre a checagem das designações no corpo do produto.

## 1.5 Equipamentos

São inúmeros os equipamentos elétricos utilizados para o acionamento e controle dos equipamentos de iluminação. Merecem atenção alguns deles para compreensão da narração das operações realizadas na fase de experimentação. As radiações emitidas por esses equipamentos não fazem parte do escopo desta dissertação, visto sua pequena intensidade em relação às fontes artificiais de luz e à falta de equipamento adequado à sua aferição.

### 1.5.1 Reatores

Utilizados em conjunto com as lâmpadas de descarga, atuam como controladores de corrente e como fornecedores da sobretensão inicial. Compõem-se internamente por bobinas que, ao produzirem esse efeito, geram grande quantidade de calor. Atualmente, para vários tipos de lâmpadas de descarga, já existem reatores do tipo eletrônico, que geram menos aquecimento na sua carcaça externa. Em ambos os sistemas técnicos empregados, é fundamental que esse equipamento possua boas qualidades de maneira a garantir os níveis de tensão e corrente exigidos pelas fontes de luz. Esses valores devem ser obtidos de maneira precisa, sob pena de comprometer de forma significativa o desempenho da lâmpada.

Aproveitando essa informação sobre o aquecimento produzido por esse equipamento, cabe recomendar que não seja utilizado dentro de vitrines. Instale-o, de preferência, em local mais distante, com circulação externa de ar para que, desta forma, não altere a carga térmica ambiental. Não deve também ser fixado a materiais combustíveis como madeira, pois, quando ocorre falha em seu

funcionamento (curto-circuito), atinge temperaturas elevadíssimas, podendo, inclusive, acarretar o derretimento de seu encapsulamento metálico e, conseqüentemente, provocar incêndio.



Fig.29 – Reatores eletrônicos para lâmpadas fluorescentes e reator eletromagnético para lâmpada de vapor de mercúrio.  
Fonte: <http://www.luz.philips.com>

### 1.5.2 Ignitores

Algumas lâmpadas de descarga (vapor de sódio e multivapores metálicos) necessitam desse equipamento para produzirem pico de tensão inicial necessário à partida do processo de geração de luz.



Fig.30 – Ignitor para lâmpada de vapor de sódio.  
Fonte: <http://www.luz.philips.com>

### 1.5.3 Transformadores abaixadores

As lâmpadas halógenas podem ser produzidas para trabalhar em baixa tensão, especificamente em 12V. Os equipamentos em questão realizam a transformação elétrica necessária ao seu funcionamento, reduzindo a tensão da rede 127 ou 220V para 12V.

Atualmente são também produzidos transformadores eletrônicos, que têm a vantagem de gerar menor aquecimento em seu entorno.



Fig.31 – Transformadores abaixadores para lâmpadas halógenas.  
Fonte: <http://www.luz.philips.com>

## CAPÍTULO 2

### **Breve histórico da iluminação artificial destinada ao interior de monumentos no Brasil**

A documentação primária utilizada foi a existente no Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), órgão responsável pela salvaguarda do patrimônio cultural nacional e o principal formulador das diretrizes técnicas relativas às intervenções em edificações tombadas. O referencial de tempo adotado foi o do início das atividades desse órgão até minha admissão em 1986, período no qual as atuais considerações referentes aos danos provocados pela luz são introduzidas, ainda que de modo incipiente. Partindo desse balizador, desenvolveu-se a análise ao longo do tempo das soluções propostas para a inserção da iluminação artificial interna nos monumentos em Minas Gerais.

A pesquisa documental foi centrada no levantamento do acervo existente nos arquivos da sede da 13ª Superintendência Regional do IPHAN. Trata-se de documentação valiosa sobre o assunto, visto que qualquer intervenção nos monumentos requer necessariamente aprovação pelo referido órgão. Desde a sua criação<sup>1</sup>, os arquivos (permanentes) do IPHAN registram os estudos e projetos destinados às edificações e conjuntos urbanos tombados em nível federal, incluindo-se questões relativas à iluminação. Existem, também, algumas descrições sobre as condições em que se encontravam as instalações dessas edificações quando de seu tombamento. Frise-se com relação à importância do acervo estudado, que parte muito significativa dos monumentos protegidos em âmbito federal, tanto quantitativa quanto qualitativamente, localizam-se no estado de Minas Gerais, área de atuação da 13ª Superintendência Regional.

A percepção da necessidade de uma abordagem mais ampla para a correta especificação das fontes artificiais de luz destinadas à iluminação do interior de monumentos adornados com elementos artísticos surgiu logo após a admissão deste autor como engenheiro eletricista da então Fundação Nacional Pró-Memória/SPHAN<sup>2</sup>, em setembro de 1986. Ainda cursando a graduação em História

---

<sup>1</sup> Art. 46, par. 1º da Lei 378, de 13 de janeiro de 1937, recebendo a designação de Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN), atualmente IPHAN.

<sup>2</sup>Na época denominada de Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

(com ênfase em História da Arte), era relativamente fácil entender a necessidade dos projetos luminotécnicos para essas edificações considerarem **não somente** índices gerais de iluminamento estabelecidos em normas técnicas. **Importava, também,** que permitissem a apreciação do acervo ou possibilitassem leitura para o caso, por exemplo, das edificações de uso religioso e, **indo além,** refletissem o estilo arquitetônico e artístico da obra, de modo que a fruição do espaço não fosse alterada pela introdução aleatória de luz oriunda de lâmpadas.

Essa necessidade de uma abordagem que levasse em conta mais que os parâmetros normais dos projetos de iluminação, que até então eram utilizados, foi o primeiro elemento motivador para o aprofundamento dos estudos relativos a esse tema. Normalmente, até a data em referência, esses projetos eram definidos em função dos seguintes quesitos:

1. demanda de iluminamento para realização das tarefas visuais no local em questão;
2. depreciação da quantidade de luz emitida pelo equipamento (lâmpada + luminária), tanto em função do envelhecimento natural dos materiais quanto do acúmulo de sujeira;
3. comportamento do ambiente em relação à luz (grau de reflexão, grau de absorção, grau de transmissão e grau de difusão);
4. utilização de lâmpadas dotadas de boa reprodução de cores;
5. necessidade do emprego de fatores de correção para ajustes em função da idade média dos usuários desses espaços (em particular edificações religiosas).

Tornava-se claro, já naquele momento, para alguns especialistas brasileiros, a necessidade de ampliação desses parâmetros, de forma que a luz artificial a ser inserida não alterasse o entendimento da proposta do artista em sua criação.

Conceitualmente, a importância da luz, tanto nas obras de arte quanto na Arquitetura, já tinha sido explicitada e estudada por inúmeros autores e sob diversos ângulos. Como ilustrativo para as edificações do período Barroco, construções predominantes em nosso universo de interesse, Wölfflin (1984), a propósito da pintura, cuja descrição pode servir como boa interpretação do entendimento da luz pelos artistas daquele período, diz:

“Na arte clássica, a luz e a sombra são tão importantes quanto o desenho (em sentido estrito) para a definição da forma. Cada luz tem a função de caracterizar a forma em seus detalhes, e de articular e ordenar o conjunto. É claro que o Barroco também não pode prescindir desses recursos, mas a luz já não é empregada exclusivamente para delimitar a forma. Há pontos em que ela passa sobre as formas, podendo ocorrer que oculte elementos importantes e realce os secundários; o quadro é preenchido por um movimento da luz, que não deve coincidir, entretanto, com as exigências de clareza material” (WÖLFFLIN, 1984 p. 221).

O autor trata da luz dentro da composição artística. Evidente, portanto, que cuidados devam ser observados com a iluminação introduzida nos ambientes ou incidente sobre as obras de arte, oriundas tanto de fontes artificiais quanto às geradas pelo sol.

A preocupação com a presença da luz solar dentro das edificações é plenamente percebida nas edificações religiosas do período colonial. Os arquitetos e construtores conduziram com grande mestria essa questão. O posicionamento e o número de aberturas (janelas, óculos, etc.) para a entrada da claridade dosaram a inserção da iluminação natural dentro das edificações, reforçaram a leitura da intenção da luz na composição das obras de arte e criaram locais propícios à sua plena realização.

Assim como no Barroco, os demais estilos (Rococó, Neoclássico, etc.) presentes em nosso acervo artístico tombado possuem características específicas com relação à presença da luz, tanto na confecção da obra, quanto na sua interação com o entorno. Da mesma maneira que para os elementos artísticos, a concepção arquitetônica dos monumentos segue os padrões de utilização e interpretação da luz correspondente ao seu estilo. É imperativo, pois, que qualquer proposta luminotécnica para o interior dos monumentos deva ser precedida de um estudo profundo sobre a concepção da luz na composição da obra e/ou no espaço arquitetônico.

É claramente perceptível, por exemplo, o contraste entre o claro e o escuro presente em toda obra pictórica de decoração interna e na arquitetura religiosa do período Barroco, ou a profusão de luz e sua homogeneidade nas edificações religiosas do período Rococó.

Partindo dos pontos levantados, iniciou-se a pesquisa da documentação do IPHAN no arquivo permanente da Sede da 13ª Superintendência Regional, no intuito de obterem-se informações sobre o tratamento dado no decorrer da existência do órgão - não só pelos técnicos da Instituição, como também pelos construtores e projetistas contratados para atuar nessas edificações - à questão da iluminação destinada ao interior de monumentos. Procurou-se resgatar dados sobre a inserção da luz artificial, em consonância com o estilo artístico da edificação, bem como outros possíveis cuidados relatados.

Após a realização de exaustivo levantamento, incluindo-se a verificação de plantas e estudos, além da documentação relativa à correspondência oficial, ficou constatado que toda a questão tinha sido tratada em todos os momentos da Instituição (maior ou menor dotação orçamentária) de forma ainda muito primitiva. A iluminação inseria-se dentro dos projetos de instalações elétricas<sup>3</sup>, sendo uma parte deles sem destaque especial. Os cuidados com a inserção de luz destinavam-se basicamente a não gerar risco de incêndio no monumento e ocultar, quando possível, as lâmpadas e equipamentos de iluminação utilizados. No geral, os documentos analisados restringem-se à relação de materiais utilizados na execução dos serviços e raramente algum comentário sucinto sobre a proposta de iluminação. Para exemplificar o estágio técnico dos projetos de iluminação desenvolvidos, transcreve-se parte de documento produzido pelo único profissional de nome Moraes que apresentou cálculo luminotécnico para o interior das edificações<sup>4</sup>:

“O sistema de iluminação será indireto, para a nave, sacristia e altares, digo capela mor e altares, e será direta por meio de pontos de luz no teto para a sacristia e corredores.”

(No cálculo luminotécnico reproduzido, utilizou-se, provavelmente, pelas características, tabela de uso geral do fabricante GE)<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> Ainda atualmente não são apresentados de forma sistemática, separadamente, os projetos de luminotécnica e instalações elétricas. No geral, o de instalações elétricas engloba o luminotécnico, omitindo importantes informações como os níveis de iluminamento por ponto.

<sup>4</sup> Cálculo apresentado para a Igreja de N. Sra. do Rosário, situada na cidade de Caeté. Posteriormente produzido pelo mesmo projetista (não há informações sobre sua formação), existe cálculo para a Igreja de São João em Barão de Cocais, documento sem data.

<sup>5</sup> General Electric Company.

## CALCULO DA ILUMINAÇÃO – IGREJA N.SRA DO ROSÁRIO DA CIDADE DE CAETÉ DATADO DE 1945

---

	NAVE	C. mór
Área	160m <sup>2</sup>	37m <sup>2</sup>
Índice do local	G	I
Coef. Utililisação ( <i>sic</i> )	0,13	0,08
Fact. Manutenção	0,60	0,55
Lumens totais	29.600	34.400
Iluminamento	19,8	36,1

Esse documento é, portanto, um representante do padrão máximo de qualidade adotado nos projetos luminotécnicos ao longo das décadas de 30, 40, 50, 60, 70 e 80, do século XX.

Apesar dos projetos de instalações elétricas e, portanto, de iluminação não serem desenvolvidos por técnicos do IPHAN, eram analisados ou fiscalizados por arquitetos da Instituição que, de certa forma, apesar da falta de conhecimento específico, interferiam nos projetos, usando sua sensibilidade no trato do acervo e o conhecimento que seguramente possuíam da importância da luz na composição artística e arquitetônica. Lamentavelmente, essa contribuição encontra-se minimamente registrada na documentação, visto ocorrer quase na sua totalidade de forma verbal durante as inspeções à obra, onde os aspectos construtivos eram os que despertavam maior interesse para registro, o que é facilmente compreendido pela formação acadêmica desses técnicos. Logo quando da admissão deste autor no quadro de técnico da Instituição, pôde testemunhar algumas dessas contribuições das quais obtiveram-se relatos verbais de antigos funcionários da casa como a arquiteta Lívia Romanelli. Essas intervenções não lograram maior sucesso e nem chegaram a ser incorporadas de modo formal, devido ao quadro técnico extremamente reduzido para o enorme volume de trabalho a ser realizado. Pelas descrições sobre a precariedade das instalações elétricas encontradas, e pela falta de recursos financeiros, em muitos casos o cuidado com uma iluminação mais apurada ficava relegado a segundo plano, pois, a necessidade premente era garantir

a integridade física da edificação da ocorrência de um sinistro motivado por curto-circuito elétrico<sup>6</sup>. No geral, as orientações dadas ao empreiteiro responsável pelos trabalhos no monumento, que incluíam os serviços de iluminação, eram dadas após sua execução, durante os testes realizados para a entrega da obra. Resumiam-se, no geral, a considerações sobre o nível de iluminamento proposto, a visibilidade dos equipamentos de iluminação utilizados, suas formas e dimensões. Como já dito, o IPHAN possuía quadro técnico insuficiente para o atendimento da demanda. Isto fez com que os arquitetos de maior renome atuassem em todo o país e, seguramente, também aqui em Minas Gerais (Augusto C. da Silva Telles, Sylvio de Vasconcellos, Roberto Machado de Lacerda, Fernando Leal, Cyro Correia Lyra, Livia Romanelli e outros). Nos relatos verbais sobre a atuação desses técnicos é que foi encontrada maior qualidade técnica nas intervenções relativas à iluminação.

As exigências técnicas para um projeto luminotécnico, que surgem a partir das considerações sobre a interação entre a proposta da luz e a obra de arte ou na concepção da edificação, e já discutida, traduzem-se no acréscimo de um item aos parâmetros apresentados para a elaboração de projetos e na reformulação de outro. Assim:

- ❖ No item quatro, não se trata apenas de optar-se por fontes de luz com boa reprodução de cores, em muitos casos é fundamental uma excelente performance da lâmpada nesse quesito, sob pena de alterar-se completamente a proposta cromática da obra ou do espaço. Cabe esclarecer que somente a partir da década de 90 foi disponibilizada no mercado brasileiro pequena variedade de lâmpadas cujo IRC é adequado ao uso proposto. Anteriormente a essa data, somente a lâmpada incandescente apresentava características excepcionais de reprodução de cor, sendo, na prática, a única opção disponível levando-se em conta esse quesito.
- ❖ Torna-se importante a discussão sobre a adequação da **temperatura de cor** das lâmpadas para cada uso, conceito já visto.

Pelo descrito, fica explícito o grau de dificuldade agregado a cada projeto, quando uma abordagem mais aprofundada impõe o conhecimento e o uso de

---

<sup>6</sup> Vale registro que esta é uma situação que, infelizmente, ainda hoje ocorre.

conceitos mais elaborados de iluminação, conceitos estes que, inclusive, só muito recentemente tiveram sua difusão em nosso país, devido, em grande parte, à necessidade de sua compreensão para facilitar o processo de venda no mercado brasileiro de novas fontes de luz tecnologicamente mais avançadas. Isto explica porque projetos mais adequados com relação aos aspectos até aqui abordados só são formulados a partir do final da década de 80.

Hoje, a utilização dos parâmetros descritos para a elaboração de projetos luminotécnicos destinados ao interior de monumentos impõe-se como uma obrigação a todos profissionais sérios, mesmo com limitações de ordem prática, como, por exemplo, o alto custo de determinados equipamentos de iluminação específicos para as modernas lâmpadas. Assim, não só é pertinente que sejam propostas iluminações que considerem esses tópicos, como passa a ser possível a sua realização pela existência de equipamentos no mercado que permitem a criação de nuances necessárias ao jogo de luz interno de um monumento.

Entretanto, a partir de meados da década de 80, especificamente no Brasil a questão inicialmente posta da necessidade de estudos mais amplos, principalmente no tocante ao entendimento da importância do estilo artístico da edificação e seu acervo, passa a ser insuficiente para a formulação de uma iluminação artificial adequada aos monumentos. Informações acerca dos avanços na área da conservação e restauração, onde são demonstrados os danos provocados ao acervo pelas fontes de luz, tanto natural (sol) quanto artificiais, têm maior difusão no Brasil. Deve-se esclarecer que na Europa e América do Norte, os estudos relativos ao assunto são muito anteriores, notadamente a partir da criação do “*Comité Internationale de l’ICOM<sup>7</sup> pour les Techniques de Musée*”<sup>8</sup>, como bem descrito por CHENIAUX (1991) em sua dissertação de mestrado. No capítulo três o avanço dos conhecimentos nessa área será analisado com maior profundidade.

A realização de encontro técnico promovido em 1987 pelo CECOR<sup>9</sup>, reconhecido nacionalmente por sua excelência na área, é um dos marcos dessa nova etapa. Comparece como palestrante o especialista do ICCROM<sup>10</sup> Gael Guichen, que dá em sua exposição grande destaque ao tema. É abordada a questão

---

<sup>7</sup> *International Council of Museums*

<sup>8</sup> Atualmente designado por ICOM-CC – Comitê de Conservação do ICOM

<sup>9</sup> Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis – EBA – UFMG.

<sup>10</sup> International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property

da deterioração causada não só pela radiação visível, mas principalmente pelas radiações invisíveis – ultravioleta e infravermelho.

Desde então, o aumento dos conhecimentos relativos à deterioração provocada no acervo artístico, em virtude das radiações emitidas pelas fontes de luz, obriga mais uma vez o acréscimo de parâmetros para a correta elaboração de projetos luminotécnicos. Estabelece-se, pois, a necessidade de eliminarem-se ou de reduzirem-se a níveis aceitáveis principalmente as radiações na faixa de comprimento de onda do ultravioleta e do infravermelho. Também a luz visível passa a ser mais severamente controlada. Para o cumprimento dessa nova imposição técnica, faz-se primordial que sejam conhecidos em profundidade os espectros eletromagnéticos das fontes de luz a serem utilizadas nesse tipo de projeto.

A princípio, parecia lógico que as informações fossem disponibilizadas pelos fabricantes de lâmpadas. A preocupação do projetista seria, então, a de escolher as fontes artificiais de luz adequadas ao uso e, eventualmente, os filtros de radiação corretos, caso necessário.

Porém, o que foi observado com o passar do tempo é que os dados relativos às fontes de luz apresentados pelos diversos fabricantes não são, muitas vezes, confiáveis, sendo que na totalidade dos casos são fornecidos de maneira incompleta. No geral, as informações relativas às radiações infravermelhas e ultravioletas não constam nos catálogos de produtos e, quando existem, não são disponibilizadas aos consumidores, visto que o foco de interesse da maioria dos clientes é o espectro visível. Esse fato gerou um grande impasse, já que a precisão e a exatidão dos projetos ficavam em absoluto comprometidas.

A situação agravou-se com a abertura do mercado brasileiro de forma indiscriminada, permitindo a entrada no país de equipamentos de iluminação (lâmpadas, reatores, projetores, etc.) sem o menor controle de qualidade e sem que esses produtos apresentassem as informações técnicas mínimas para a sua correta especificação. Enfatizando, mesmo os fabricantes de razoável idoneidade técnica não fornecem a totalidade das informações, por demais específicas e detalhadas, necessárias à elaboração de projetos com características especiais. Constatou-se, a partir de então, uma tendência cada vez maior de domínio do mercado por equipamentos oriundos de indústrias sem rigor técnico na fabricação. Devido aos

baixíssimos padrões técnicos<sup>11</sup> de produção, essas lâmpadas, em particular, passaram a ser comercializadas a preços muito competitivos, o que tem induzido, não só projetistas e executores, ao seu uso. Lamentavelmente também, essas fontes começaram a servir de reposição para os equipamentos já instalados.

Sem dúvida, a maior atribuição dos profissionais que trabalham no IPHAN é a preservação do acervo artístico nacional. Desta forma, em meu campo de atividade técnica, o elemento norteador para a elaboração de projetos de iluminação nas edificações tombadas<sup>12</sup> não poderia ser outro que não o de evitar, ao máximo possível, a deterioração dos elementos artísticos pelas radiações eletromagnéticas emitidas pelas fontes de luz.

Diante de situação tão grave, faziam-se urgentes estudos, trabalhos de pesquisa e medições laboratoriais sobre a emissão de radiações pelas fontes de luz atualmente disponíveis no mercado brasileiro e utilizadas para a iluminação de interiores dos monumentos. As informações coletadas nesta pesquisa de Mestrado certamente extrapolarão os meios acadêmicos e irão contribuir de forma significativa na preservação do acervo cultural do Brasil, visto a carência absoluta de informações confiáveis e específicas para esse uso, disponíveis para os profissionais da área de iluminação.

O mote inicial para a pesquisa estava colocado.

---

<sup>11</sup> No geral, as lâmpadas com essas características são originárias da China, Sudoeste Asiático e Leste Europeu.

<sup>12</sup> Edificações ou bens culturais cujo valor foi reconhecido pelo poder público, que determina sua proteção.

## CAPÍTULO 3

### Radiação UV

#### Estudos relativos à preservação de acervos

A radiação UV e a luz gerada pelas fontes naturais e artificiais, bem como o dano causado ao acervo cultural, já foi objeto de estudo por diversos especialistas da área de preservação e conservação. Esse capítulo é dedicado à sistematização desses conhecimentos. A ênfase recai especificamente na emissão da radiação UV emitida pelas fontes artificiais de luz.

Os estudos relativos à deterioração de acervos culturais detectaram, já em sua fase pioneira, a importância das radiações eletromagnéticas como elemento catalisador de processos químicos responsáveis por danos aos materiais. Após a base conceitual fornecida no primeiro capítulo sobre as características das radiações, pode-se entrar no campo da fotoquímica<sup>1</sup> e entender que a absorção pelos materiais ocorre através de *quanta* de energia designadas por fótons. Os fótons serão mais potentes e, portanto, causarão mais dano quanto menor for o seu comprimento de onda. Desta forma, considerando-se o espectro visível, os fótons de violeta e azul serão, deste ponto de vista, mais danosos que o vermelho. Seguindo-se o mesmo raciocínio, os fótons de radiação UV serão os mais prejudiciais.

---

<sup>1</sup> Parte da físico-química que investiga a influência da luz nas reações químicas.

O quadro da fig. 32 apresenta os eventos moleculares induzidos pelos vários comprimentos de onda de radiação.

Wavelength	Frequency, Hz	Region name	Response of atoms and molecules
$(3 \times 10^8)$ – $(3 \times 10^5)$ m	1– $10^3$	Power	None
$(3 \times 10^5)$ –300 m	$10^3$ – $10^6$	Audio	None
300–3 m	$10^6$ – $10^8$	Radiowave	Molecular translations, nuclear reorientations
$3$ – $10^{-4}$ m	$10^8$ – $(3 \times 10^{12})$	Microwave	Molecular rotations, electron reorientations
$10^5$ –700 nm	$(3 \times 10^{12})$ – $(4 \times 10^{14})$	Infrared	Molecular vibrations and direct heat effects
700–400 nm	$(4 \times 10^{14})$ – $(7 \times 10^{14})$	Visible	Low-energy electronic transitions in valence shell
400 nm–10 nm	$(7 \times 10^{14})$ – $(3 \times 10^{16})$	Ultraviolet	High-energy electronic transitions in valence shell
10 nm–0.03 nm	$(3 \times 10^{16})$ – $10^{19}$	X-ray	Electronic transitions in the inner shells; diffraction by atoms
0.03– $(3 \times 10^{-4})$ nm	$10^{19}$ – $10^{23}$	Gamma-ray	Nuclear transitions

Fig.32 – Eventos moleculares induzidos por comprimentos de onda.  
Fonte: BRILL,1980,p.8

Os dados constantes na fig. 32 mostram a grande energia associada aos fótons no comprimento de onda da radiação ultravioleta. Observa-se que estes são bem superiores aos da região visível do espectro e aos da radiação IV.

Outro princípio da fotoquímica é que a energia precisa ser absorvida em ordem para iniciar-se o processo. Com a composição desses dois princípios, comprimento de ondas e absorção em ordem, pode-se gerar um importante conceito em relação ao estudo dos danos causados nos objetos pelas radiações – define-se por energia de ativação, ou seja, cada molécula de um objeto exige o fornecimento em ordem de uma quantidade mínima de energia para iniciar uma reação química. A unidade de medida da energia de ativação é expressa em kilojoules por mole e, para dar idéia da ordem de grandeza de sua variação em relação ao espectro das radiações, são apresentados dois valores – 150 kJ/mol para a região do vermelho e cerca de 400kJ/mol para regiões do UV.

A deterioração geralmente ocorre quando uma molécula que absorveu fótons transfere essa energia para uma molécula de oxigênio que, então, interage com outras moléculas. Descrevemos acima portanto como ocorre o processo da oxidação.

O conceito da energia de ativação é discutido em detalhe por Thomson (1997) e Feller (1994), sendo que o segundo descreve as pesquisas visando correlacionar os comprimentos de onda aos danos causados aos materiais. Conclui também este último autor (Feller) que hoje vigora um consenso de que não existe um limiar a partir do qual o dano não ocorra. Essa informação automaticamente induz à reflexão sobre a inevitabilidade da existência de danos aos materiais expostos às radiações visíveis e invisíveis e, em particular, ao UV e IV.

Como consequência dessas considerações, os estudiosos do assunto trataram de versar sobre a quantidade de luz adequada aos ambientes destinados a abrigar acervos. Motivo de preocupação também foram as emissões de radiações na faixa do UV e IV, notadamente a primeira pela maior potencialidade para causar reações danosas. Nesta investigação, inicialmente serão tratadas as radiações visíveis e, posteriormente, as radiações UV, ficando as radiações IV fora do escopo deste trabalho.

A princípio, foram expressas, portanto, recomendações relativas aos níveis de iluminação permitidos para cada tipo de material. Difundiram-se valores tais como: 50 lux para acervos muito sensíveis à luz (têxteis, manuscritos, tapeçarias, etc.) e 200 lux para materiais mais resistentes como pinturas a óleo e têmpera.<sup>2</sup> Esses valores referiam-se basicamente às fontes artificiais de luz ou à luz natural filtrada, haja vista a alta emissão de radiação UV contida na luz solar.

---

<sup>2</sup> Thomson (1997).

O passo seguinte no conceito de quantidade de luz adequada para preservar-se um acervo seria dado pela junção da necessidade de expor os objetos à apreciação em contraponto com o conhecimento sobre a inevitabilidade de danos devido à exposição à luz. A questão passa a ser tratada em termos de hora/lux por ano, ou seja, sob quantos lux e por quanto tempo poderia ser exposta determinada peça ou material. O parâmetro, neste caso, para materiais sensíveis à luz passa a ser, por exemplo, de 50.000 horas lux (h lx) por ano, Nicholson (1992)

Cassar (1995) coloca sobre o tema da deterioração provocada pela luz alguns pontos dos quais destacam-se três considerados mais relevantes:

- ❖ Sistematiza os fatores de que depende a deterioração – intensidade da luz, tempo de exposição, característica espectral da fonte, capacidade intrínseca da substância orgânica de absorver e ser afetada pela luz, umidade, temperatura e gases ativos presentes na atmosfera.
- ❖ Discute sobre a quantidade de luz necessária à perfeita compreensão das diferentes faixas etárias e sobre os limites para exposição anual do acervo às radiações, utilizando o parâmetro lux x horas.
- ❖ Pondera sobre o menor dano causado, quando se adota a solução, por exemplo, de expor o objeto a 50 lux por 10 horas, ao invés de 100 lux por cinco horas. Importante ressaltar que a radiação luminosa é necessária à exposição do acervo cultural e, portanto, não pode ser eliminada.

O analisado pela autora é resultado do esforço em negociar-se a relação entre a necessidade de exposição e o dano causado ao material exposto.

Ainda sobre as radiações visíveis, cumpre mencionar as melhorias na verificação dos danos cumulativos provocados pela exposição à luz (determinada intensidade e tempo de duração) nos materiais. Além do método de baixa tecnologia agregada, designado ISO *Blue Wool Standards*<sup>3</sup>, que consiste na exposição de cartões com amostras de material com diferentes sensibilidades às radiações luminosas e posterior verificação por comparação dos danos provocados por aquele tipo de incidência de luz<sup>4</sup>, hoje a tecnologia de sensores e sua interligação a sistemas computacionais permite grande acúmulo de dados confiáveis. O processamento desses dados possibilita um acompanhamento muito próximo e a realização de estimativas significativamente precisas de danos.

Passando aos danos provocados pelas radiações invisíveis, em específico o espectro ultravioleta, ao contrário das radiações visíveis este pode ser completamente eliminado dos ambientes de exposição e de edificações possuidoras de elementos artísticos incorporados sem causar prejuízo à apreciação dos objetos de arte.

Sua eliminação, contudo, não é tarefa fácil de ser realizada e envolve significativos custos. Começando pela luz solar, cujo teor de radiação UV é alto, a sua filtragem requer o tratamento de todas as entradas de luz da edificação. Os estudos relativos aos filtros atualmente utilizados, sua durabilidade, eficácia e interferência estética no ambiente são por demais específicos e não contribuirão

---

<sup>3</sup> Disponibilizado pelo *Canadian Conservation Institute*.

<sup>4</sup> A prática desse método de avaliação deu origem a uma régua de cálculo, onde para alguns tipos de lâmpadas são fornecidos os danos previstos sob determinado nível de iluminação e tempo de exposição.

para o aprofundamento de conhecimentos para o objeto da presente pesquisa, não sendo, portanto, abordados em profundidade nesta investigação.

Entretanto, um aspecto ainda pouco difundido por trabalhos acadêmicos diz respeito às propriedades dos materiais em absorver as radiações ultravioletas. Levar em consideração esses conhecimentos pode resultar em razoável diminuição de custos com a eliminação ou redução das radiações UV nos ambientes onde isso se fizer necessário. Neste tópico, faz-se pertinente a reprodução das importantes informações que se seguem e que se aplicam tanto às radiações UV geradas pelo sol quanto às produzidas por fontes artificiais.

**Table VI-5. Ultraviolet Reflectance of Dry White Pigments, Bases, and Extenders**

Compound	Ultraviolet reflectance factor at 300 nm, %
Lead-free zinc oxide	3
Leaded zinc oxide (65% ZnO–35% PbSO <sub>4</sub> )	4
Zinc sulfide	6
Titanox B (TiO <sub>2</sub> –BaSO <sub>4</sub> )	6
Lead titanate	6
Titanium dioxide	7
Lithopone (70% PbSO <sub>4</sub> –30% ZnO)	8
Zirconium oxide	41
Diatomaceous silica (Celite 110) <sup>a</sup>	45
Basic sulfate white lead (70–75% PbSO <sub>4</sub> , 20% PbO, 5% ZnO)	48
China clay <sup>a</sup>	54
Aluminum oxide <sup>a</sup>	55
Basic carbonate white lead (Dutch process) <sup>b</sup>	62
Aluminum hydroxide <sup>a</sup>	67
Zirconium oxide	78
Magnesium carbonate <sup>a</sup>	81
Calcium carbonate	83

<sup>a</sup> An extender or base.

<sup>b</sup> Also called "flake white." A corroded form of PbCO<sub>3</sub> in 2PbCO<sub>3</sub>·Pb(OH)<sub>2</sub>.

Fig.33 – Refletância de ultravioleta.

Fonte: BRILL, 1980, p.116

No tocante às radiações UV emitidas por fontes artificiais de luz, as referências bibliográficas tornam-se bastante limitadas. Não foi encontrado, durante a pesquisa, qualquer relato detalhado do processo de medição das radiações emitidas pelas lâmpadas.

Recomendações ainda hoje muito difundidas estabelecem o limite da emissão de radiação UV pelas lâmpadas a  $75\mu\text{W}/\text{lm}$  (microWatts por lúmem) Thomson (1997), sendo então necessário, a partir desse nível, o uso de filtros. A unidade de medida utilizada, ou seja,  $\mu\text{W}/\text{lm}$ , refere-se à proporção de radiação UV contida na luz. Até alguns anos atrás, a maioria dos aparelhos de medição de radiação UV expressava seus resultados nessa unidade de medida, o que tornava fácil a avaliação pelo operador. Entretanto, os novos aparelhos têm como unidade de medida o  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , o que tem gerado dúvidas sobre como avaliar a fonte de luz.

Na década de 90 do século passado, ocorreram debates técnicos<sup>5</sup> sobre qual a melhor forma de medir a radiação UV, se pela proporção de radiação UV emitida pela fonte de luz ( $\mu\text{W}/\text{lm}$ ) ou se pela quantidade total de radiação UV incidente na superfície ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  ou  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ). A ausência de maiores relatos sobre a controvérsia, somado-se o fato de que os aparelhos fabricados em data mais recente apresentam valores em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , indica que essa forma de apresentação dos dados parece ter obtido o consenso da comunidade acadêmica, posição com a qual este estudo concorda. O dano causado nos materiais é função da energia recebida, a qual desencadeia o processo fotoquímico, portanto, análises só podem ser feitas com base na energia incidente e não na emitida pela fonte de luz. A utilização da unidade  $\mu\text{W}/\text{lm}$  exigia a posterior conversão de dados para checagem, com o acréscimo da medição dos valores de iluminamento. Essa dificuldade conceitual e operacional parece ter sido a origem do uso de valores preestabelecidos como adequados ( $75\mu\text{W}/\text{lm}$ ), pois, desta forma, evitavam-se considerações técnicas mais aprofundadas pelos usuários em relação aos aparelhos de medição.

A conversão de um tipo de medição em outro se dá da seguinte forma:

---

<sup>5</sup> Saunders

- ❖ Caso o aparelho faça a medição em  $\mu\text{ W/lm}$ , tem-se a proporção de radiação UV contida em cada lúmem de luz. Necessita-se, então, fazer a verificação utilizando-se aparelho adequado – luxímetro – do iluminamento naquela área, expresso em lux. Como visto no primeiro capítulo, essa unidade também pode ser expressa em lumens por metro quadrado. Dessa forma, multiplicando-se a quantidade total de luz obtida pelo percentual de radiação em cada lúmem, tem-se:

$$\text{Lux} \times \mu\text{ W/lm} = \text{lm/m}^2 \times \mu\text{ W/lm} \quad \text{cujo resultado será expresso em } \mu\text{ W/ m}^2$$

sendo  $\text{m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$  tem-se o valor expresso na unidade desejada.

- ❖ Para os valores expressos em  $\mu\text{ W/cm}^2$ , a operação é inversa, ou seja, divide-se o valor obtido pelo iluminamento da área para expressarem-se os valores em  $\mu\text{ W/lm}$ .

Outra discussão que merece espaço diz respeito às fontes de referência utilizadas pelos aparelhos de medição de radiação UV. Como a aferição ocorre por comparação de valores, ao utilizarem-se lâmpadas para balizamentos diferentes, os resultados entre aparelhos sofrerão alteração. Por exemplo, o equipamento utilizado, o UV Radiometer UM-10, emprega como fonte de calibração para os sensores as seguintes lâmpadas:

Sensor UM 250 - Lâmpada germicida : GL-15 (254nm)

Sensor UM 360 – Luz negra: FL20SBLB

Sensor UM 400 – Lâmpada padrão de intensidade luminosa

Caso outro aparelho de medição utilize fontes de calibração diferentes dessas, os resultados sofrerão modificação. Também foram constatados, nas referências consultadas, debates sobre a necessidade de padronização das fontes de referência<sup>6</sup>, contudo, até o momento não houve divulgação e, até onde se pode apurar, nenhum consenso surgiu sobre o assunto.

Nas pesquisas realizadas, foram encontradas somente quatro tabelas apresentando valores de radiação UV emitidos por fontes artificiais de luz, e em todos os casos não foi detalhada a metodologia de medição nem foi feita referência ao aparelho utilizado.

São indicadas três delas, com diferentes tipos de sistematização das informações para exemplificação:

Lamp	Color temperature °K	280–320 nm		320–400 nm		Total UV		Total visible	
		Percent of lamp Watts		Percent of lamp Watts		Percent of lamp Watts		Percent of lamp Watts	
		Watts	Watts	Watts	Watts	Watts	Watts	Watts	Watts
40-W Standard	2560	—	—	0.027	0.068	0.027	0.068	2.65	6.6
100-W Standard	2890	—	—	0.117	0.117	0.117	0.117	9.32	9.32
500-W Standard	3000	0.005	0.001	0.88	0.175	0.89	0.176	54.84	11.0
1000-W Standard	3050	0.012	0.001	1.98	0.198	1.99	0.199	115.5	11.6
1000-W Photoflood	3360	0.123	0.012	4.40	0.44	4.52	0.45	156.3	15.6
250-W Purple X	3100	0.009	0.004	0.482	0.19	0.49	0.19	2.79	1.11

<sup>a</sup> General Electric Lamp Bulletin LD-1 (1956).

Fig.34 – Tabela de radiação das lâmpadas incandescentes.  
Fonte: BRILL, 1980, p. 31

<sup>6</sup> Saunders

Power per 10 nm per lumen ( $\mu W 10 \text{ nm}^{-1} \text{ lm}^{-1}$ )

Wave-length (nm)	(1) Tungsten	(2) Tungsten iodine	(3) (2) thru glass	(4) Philips 84	(5) Philips 94	(6) Overcast sky	(7) (6) thru glass	(8) Sun + sky	(9) (8) thru glass	(10) Xenon	(11) A metal halide
250		1								7	.
60		1								13	.
70		2								23	.
80		3								31	.
90		4								43	.
300		6		0		0		0		51	.
10	0	7		2		5	0	3	0	58	.
20	3	8	0	3	0	28	1	16	1	66	.
30	4	10	2	4	1	52	11	29	6	73	.
40	5	13	7	7	1	56	27	34	16	78	.
350	6	16	12	8	0	63	49	39	30	85	?
60	8	19	17	42	22	65	59	43	40	90	84
70	10	22	22	7	1	73	69	48	46	95	125
80	13	26	24	7	5	70	65	46	43	101	57
90	16	31	30	5	9	76	74	53	52	107	98
400	20	36	36	8	13	115	114	85	85	114	115
10	24	41	41	85	95	128	127	96	95	119	162
20	28	47	46	27	18	130	128	100	98	122	186
30	33	53	52	47	22	121	118	95	93	125	121
40	39	59	59	244	229	146	145	120	119	126	104
450	46	65	64	67	44	163	162	137	137	139	112
60	52	71	71	62	67	164	163	140	140	145	126
70	59	78	78	52	92	160	160	140	140	170	121
80	66	84	85	68	114	161	162	144	145	148	114
90	74	91	92	125	130	151	153	137	138	142	114
500	82	98	99	51	116	152	154	141	143	139	127
10	90	105	107	18	98	150	152	141	143	132	121
20	99	112	114	12	85	146	149	140	143	131	113
30	107	119	122	20	78	150	153	146	150	135	222
40	117	125	127	388	83	145	147	143	145	136	174
550	127	132	134	354	265	145	146	144	145	136	118
60	137	138	140	42	105	139	140	140	141	139	126
70	146	145	146	32	120	134	135	136	137	139	140
80	156	151	150	119	175	133	133	137	136	139	118
90	166	157	156	122	158	123	122	128	127	136	140
600	176	163	161	85	166	125	123	132	130	136	144
10	185	169	165	422	178	125	121	133	130	142	139
20	195	175	170	182	184	122	117	132	128	145	124
30	205	181	175	115	170	116	111	126	122	139	106
40	217	187	178	26	147	117	110	129	123	136	109
650	225	192	182	34	123	111	105	124	118	133	97
60	234	198	185	26	100	112	104	126	118	131	115
70	244	202	189	18	79	114	106	132	122	136	96
80	252	206	190	16	61	109	100	126	116	142	113
90	261	210	192	19	47	97	88	112	101	150	82
700	270	214	194	17	35	97	89	116	104	131	70
10	278	217	194	51	27	103	92	119	105	142	48
20	286	221	194	8	21	86	75	98	86	142	48
30	295	224	196	4	16	97	85	111	96	148	38
40	302	228	196	3	12	105	90	119	102	142	43
750	309	231	196	3	10	89	75	101	86	142	63
60	316	234	197	2	6	65	55	74	62	170	66

Fig.35 - Potência da distribuição espectral de várias fontes de luz.  
Fonte: THOMSON, 1997, p. 168

	<i>Colour temperature category</i>	$R_a$	$R_w$	<i>Crawford class</i>	<i>UV content</i>	<i>Best efficiency at 2000 h</i>
Matsushita FL 40S-N-EDL	Cool	98	96	B	61	?
Sylvania Design White	Cool	89	87	B	111	?
Wotan Maxilux 19 DL	Cool	93	91	B	95	?
Philips 94	Int.	95	86	C	43	65
Philips 38	Int.	90	83	C	81	45
Sylvania Cool White DL	Int.	89	83	C	127	?
Thorn Kolor-rite	Int.	89	82	C	85	45
Wotan Maxilux 22 DL	Int.	94	87	C	?	63
Philips 93	Warm	93	81	C	49	65

Fig.36 – Valores de radiação UV em  $\mu\text{W}/\text{lm}$ , para lâmpadas fluorescentes.  
Fonte: THOMSON, 1997, p. 54

A partir da análise dessas informações, algumas questões em relação ao estágio atual dos conhecimentos começam a surgir.

1. As medições foram realizadas para um número muito restrito de fontes de luz em relação ao universo das lâmpadas existentes, sendo que muitas não se encontram disponíveis no mercado brasileiro.
2. Não foram encontradas informações acerca da realização de medições científicas, destinadas a aferir as novas fontes artificiais de luz.
3. Os dados disponíveis encontram-se em  $\mu\text{W}/\text{lm}$ . Quando atualmente as referências e aparelhos utilizam o parâmetro de  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , isto provoca grande confusão no uso prático das informações destinadas ao controle da radiação UV incidente nos objetos.
4. A falta de definição da metodologia de medição impede o avanço de conhecimentos na área.
5. Qual a validade técnica na especificação em projetos luminotécnicos em nosso país, das fontes artificiais de luz em tese, adequadas ao uso no interior de edificações possuidoras de elementos artísticos ou destinados ao abrigo e exposição de acervos culturais, tendo como base os dados referentes às lâmpadas produzidas em outro país e aferidas em outras condições climáticas.

A fase experimental da pesquisa que será desenvolvida adiante se referenciou nos problemas levantados no segundo capítulo e nos cinco questionamentos aqui colocados. Abaixo, comentários sobre os pontos apontados.

Como forma de responder à indagação do item 1, objetivou a pesquisa ampliar a base de dados com relação à emissão de radiação UV pelas lâmpadas. Esforço foi despendido no sentido de realizar aferições em número significativo de fontes artificiais de luz **disponíveis no mercado brasileiro**. No quarto capítulo serão expostas, em detalhe, as premissas para a escolha das lâmpadas a serem testadas.

Os dados técnicos referentes a essas fontes serão também catalogados. Somente Cassar (1995) realizou detalhamento técnico das fontes existentes, de forma bem sucinta e genérica, dividida por famílias de lâmpadas. Para possibilitar a comparação com o trabalho que será realizado nesta pesquisa, encontra-se parte da tabela da citada autora:

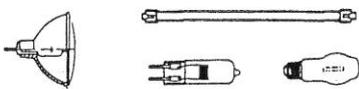
Datasheet 4 Lamp characteristics		
Characteristics	Tungsten filament	Tungsten halogen
Lamp prefix	GLS, R, PAR	TH
Diagram		
Construction	Tungsten filament heated to incandescence in a glass envelope filled with inert gas.	Tungsten filament heated to incandescence in a small envelope containing halogen.
Operation	Immediate full light output. Operates in all positions. Sensitive to small voltage changes. Light output declines with time. Shield against UV and ventilate heat.	Immediate full light output. Restricted operating positions. Sensitive to small voltage changes. No decline in output with time. Glass shield needed to suppress UV.
Power consumption (watts)	15–1000	10–250 (low voltage/single ended) 600–800 (compact linear/double ended) 500–1500 (linear/double ended)
Efficacy (lumens/watt)	8–18	18–24
Nominal life (hours)	1000–2000	2000–4000
Colour appearance/temperature <sup>1</sup>	Warm (2900K–3300K <sup>1</sup> )	Warm (3000K–3300K)
Colour rendering <sup>2</sup>	Good (IA)	Good (IA)
Ultraviolet content range (μW/lumens)	~75	49–127
Control gear	No	No (but may require transformer)
Example of application	General use and display	Display and floodlighting

Fig.37 – Catalogação de informações técnicas das lâmpadas incandescentes e halógenas.

Fonte: CASSAR, 1995, p.141

Um dos critérios para a escolha das lâmpadas a serem aferidas não poderia deixar de ser a inclusão das modernas fontes artificiais de luz comercializadas no Brasil, notadamente a partir de 1990, com a abertura do mercado. Essa ponderação responde ao segundo ponto levantado.

A escolha do aparelho de medição orientou-se, entre outros quesitos, pela sua atualização tecnológica, portanto, as medições realizadas, como será exposto, encontram-se apresentadas em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Contudo, visando permitir uma completa percepção dos dados obtidos e contribuir para o esclarecimento da conversão de unidades de medida, os valores de emissão de radiação UV também serão fornecidos em  $\mu\text{W}/\text{lm}$ . Esse posicionamento pretende minimizar o problema colocado no item 3.

Mesmo com a percepção da complexidade da tarefa, agravada pela não explicitação dos referenciais adotados pelos outros pesquisadores, não poderia deixar de ser proposta uma metodologia de medição. As considerações acerca das premissas adotadas para o desenvolvimento do experimento serão analisadas oportunamente no texto. Cumpre aqui somente registrar o entendimento de que os dados obtidos serão tratados como valores relativos, e que a discussão dos conceitos a serem aplicados e o detalhamento de uma metodologia representam significativa contribuição nessa área de conhecimento.

O último item pode ser respondido com o auxílio do importante artigo produzido por Bergman; Parham; McGowan (1995). O documento teve como objetivo ser uma contribuição para discussão da BSR/IESNA RP27 – *Photobiological safety of lamps and lamps systems*, contudo, suas abordagens e considerações podem ser plenamente aproveitadas para o caso em estudo. Apesar de não serem completamente detalhados os procedimentos de medida, há indicação do equipamento utilizado – *Optronics OL 752 Double Spectroradiometer with a photomultiplier tube* (PMT) detector (não é mencionado o fabricante). A mais significativa informação constante no texto, tendo em vista os objetivos desta pesquisa, refere-se às diferenças de medidas de emissão de radiação UV entre lâmpadas fluorescentes de mesmo tipo, porém fabricadas em localidades diferentes.

Exemplificam os autores com a utilização de duas lâmpadas fluorescentes em tubo T8 de 32W, idênticas, sendo, todavia, uma fabricada nos Estados Unidos e outra no Reino Unido. O gráfico reproduzido na fig. 38 mostra a medição de diferentes valores de radiação UV. Argumentam que essa variação obtida deve-se a pequenas quantidades de impurezas de ferro no tubo de vidro com teor de cal que serve de envelope na lâmpada. Nas fontes de luz produzidas nos Estados Unidos da

América (EUA), são utilizados tubos com quantidade de ferro significativamente menor, por volta de 200 ppm, comparadas com as produzidas no Reino Unido, que teriam em torno de 500ppm. Os estudos também demonstraram, segundo os autores, que os fósforos usados afetam ligeiramente os resultados, entretanto, a maior fonte de variação deve-se à espessura do vidro do tubo e da quantidade de ferro presente.

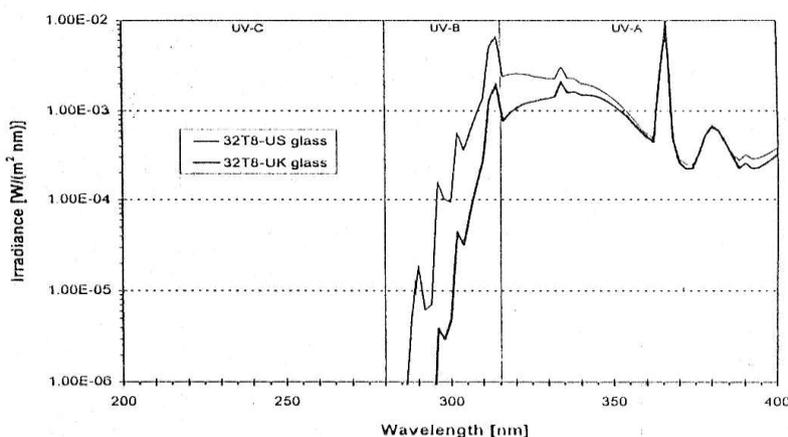


Fig.38 – Emissão espectral a 1000 lux para duas lâmpadas de 32W, SPX 41 manufaturadas, respectivamente, nos EUA e Reino Unido.  
Fonte: BERGMAN; PARHAM; McGOWAN, 1995, p. 19

Com base no relato dos autores, pode-se deduzir que se justifica a realização da aferição das lâmpadas produzidas e comercializadas em nosso país, pois poderão ser verificadas significativas variações com relação à emissão de UV.

Essa posição reforça-se ao verificar-se que as poucas lâmpadas cujas características de emissão de radiação UV são fornecidas por estudiosos do assunto não são comercializadas no Brasil.

Apesar das pesquisas dos autores referirem-se basicamente às lâmpadas de descarga do tipo fluorescente, o princípio de raciocínio pode ser estendido às outras lâmpadas do tipo de descarga. Também se pode inferir que demais características

construtivas das lâmpadas (pigmentos de revestimento, gases internos, composição de filamentos, etc.) devem mudar de país para país ou de fabricante para fabricante, gerando, eventualmente, alterações nos valores medidos.

Com relação às alterações produzidas na emissão de radiação UV por condições climáticas diferenciadas, não foi encontrada referência ao assunto, salvo a dos fabricantes das fontes artificiais de luz. As considerações são para condições extremas de umidade relativa e temperatura e são indicadas na catalogação das fontes e equipamentos auxiliares.

## **CAPÍTULO 4**

### **Experimental – Descrição e metodologia**

Este capítulo marca o início da etapa experimental da dissertação. Para melhor compreensão da linha de raciocínio seguida na condução do experimento, dividiu-se a exposição em duas fases. Constam da primeira todos os serviços iniciais e o estabelecimento das premissas norteadoras com relação a preparação do ambiente, escolha e operação dos aparelhos de medição e descrição das fontes de teste. Na fase dois expõem-se a forma de condução das medições e as considerações de ordem prática e teórica pertinentes.

#### **Fase 1 - Procedimentos preliminares**

##### **Ambiente**

O mezanino do Estúdio de Fotografia da Escola de Belas Artes apresentou-se como o espaço físico disponível mais adequado para abrigar os equipamentos e aparelhos de medição. Com a autorização formal para uso, tornou-se necessária a adaptação do local. Foram, então, feitas as seguintes modificações:

- ❖ Pintura das paredes na cor preta, no intuito de evitarem-se erros nas medições. A reflexão da luz produzida pelo corpo de teste nas paredes certamente alteraria os dados obtidos nos sensores.
- ❖ Instalação de cortina na cor preta para eliminarem-se eventuais contribuições de iluminação vinda de outros espaços do estúdio. Da mesma maneira que no item

anterior, componentes de luz vinda de luminárias instaladas nas proximidades adulterariam o resultado da medição.

- ❖ Colocação de prateleiras metálicas para armazenamento das fontes artificiais de luz a serem testadas de modo organizado.
- ❖ Tendo em vista o elevado valor financeiro do aparelho de medição de radiação ultravioleta e da grande quantidade de lâmpadas acondicionadas no local, entendeu-se pertinente a execução de divisória com chave para maior segurança desse patrimônio da Universidade Federal de Minas Gerais
- ❖ Limpeza do local.

Em resumo, as modificações efetuadas no espaço físico, além da segurança dos materiais e equipamentos, visaram a garantir, através de intervenção técnica no ambiente, principalmente a redução da reflexão e o controle da entrada externa de luz, com o objetivo de garantirem-se níveis de interferência não mensuráveis nas medições realizadas, o que de fato foi conseguido.

### **As fontes artificiais de luz – corpos de teste**

Com o objetivo de reduzir os custos envolvidos na pesquisa, formalizou-se contato oficial com os maiores fabricantes de lâmpadas estabelecidos em nosso país, explicando-lhes os motivos da pesquisa e solicitando o apoio dessas empresas em forma de doação de lâmpadas para teste. Todas as empresas contatadas (General Electric Company (GE), PHILIPS e OSRAM do Brasil) generosamente atenderam de pronto ao pedido, tendo remetido com grande agilidade as fontes para

teste. Além dos materiais, todas se dispuseram a prestar esclarecimentos e disponibilizar informações que se fizessem necessárias.

Como grande parte das lâmpadas disponíveis atualmente no comércio brasileiro são originárias de importações de fábricas que não têm representação técnica no Brasil, fez-se necessária a aquisição de muitas fontes de luz para a complementação da amostragem, conferindo grande proximidade às condições reais de mercado.

Após a reunião de todas as fontes artificiais de luz – doadas ou não – elas foram listadas para que fossem definidos todos os equipamentos auxiliares e materiais elétricos necessários à montagem e energização das lâmpadas. Desta maneira, otimizou-se a compra e reduziram-se investimentos (levou-se em consideração, por exemplo, a aquisição de reator compatível com mais de um fabricante de lâmpada). Portanto, somente foram adquiridos os reatores, ignitores, capacitores, transformadores, soquetes e demais itens utilizados nas ligações elétricas depois de prévia análise.

O passo seguinte foi a completa identificação de cada lâmpada, extraindo-se ao máximo todos os dados técnicos constantes nas embalagens e na própria fonte de luz, de forma a permitir correto manuseio e operação durante os testes. Esse procedimento objetivou também permitir a comparação dessas especificações após a realização das medições, checando, dessa maneira, algumas informações fornecidas pelo fabricante. Todas as embalagens foram preservadas de modo que os dados constantes nos invólucros encontram-se disponíveis para outras pesquisas sobre temas semelhantes.

Objetivando melhor organização das fontes de luz para teste e também sua proteção contra impactos acidentais, padronizou-se a utilização de caixa de papelão com tampa, com dimensões de 27 x 18 x 9 cm, revestida de plástico bolha. As lâmpadas foram acondicionadas dentro dessas embalagens, sendo feita a identificação externa do conteúdo, e organizadas por tipo, potência e tensão de funcionamento. Esse trabalho, além de facilitar pesquisas futuras, agilizou os procedimentos de medição e realmente protegeu as fontes de luz de choques mecânicos, já que muitos invólucros originais apresentavam-se pouco confiáveis no quesito de preservação do material. Com o mesmo intuito organizacional, os equipamentos auxiliares foram dispostos nessas caixas e identificados para facilidade de operação. Também todas as interligações elétricas entre equipamentos auxiliares foram previamente executadas.



Fig.39 – Caixa de papelão fechada e contendo lâmpada e equipamentos auxiliares.  
Fonte: foto acervo do autor

A escolha dos tipos de fontes de luz e quantidade de amostras a serem medidas norteou-se pelos seguintes fatores:

- ❖ Percentual de utilização dessas lâmpadas dentro das edificações em foco, feito de modo estimativo e baseado em experiência pessoal de campo no IPHAN.
- ❖ Parâmetros de potência e tensão definidos pela pesquisa e referenciados pelo tipo de uso em estudo.

- ❖ Diversidade de fabricantes oferecida pelo mercado – Lojas Belo Horizonte.
- ❖ Disponibilidade de recursos da pesquisa.
- ❖ Limitação de tempo para conclusão do Mestrado.

Os quadros divididos por tipo de lâmpada trazem as informações coletas nos produtos.

QUADRO 1

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Balão Classic Yellow	15W	127	1000 horas, E27, bulbo leitoso amarelo
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Balão Classic Blue	15W	127	1000 horas, E27, bulbo leitoso azul
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Balão Elegance	15W	127	1000 horas, E27, bulbo leitoso branco
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Balão Classic Green	15W	127	1000 horas, E27, bulbo leitoso verde
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Balão Classic Red	15W	127	1000 horas, E27, bulbo leitoso vermelho
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Cristal	25W	127	230 lm, 9.2 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Econômica	36W	127	516 lm, 14.3 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Cristal	40W	127	516 lm, 12.9 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Chile	Vela Balão	40W	127	bulbo transparente, base E27
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Spot R63	40W	127	soquete E27, bulbo refletor, produto conforme as normas da ABNT, utilizar em luminárias específicas, código de referência para consulta em catálogo
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Econômica	54W	127	864 lm, 16 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Cristal	60W	127	864 lm, 14.4 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada

QUADRO 1

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Vela Lisa	60W	127	E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	Osram	Brasil	Bellalux Soft White	60W	220	644 lm, 10.7 lm/W, 1000 horas, E27, bulbo leitoso, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	Osram	Brasil	Classic	60W	220	715 lm, 11.9 lm/W, 1000 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	Philips	Brasil	Balão	60W	220	bulbo transparente, base E27
Filamento Incandescente	Incandescente	Philips	Brasil	SOFTONE	60W	220	bulbo leitoso, produto conforme as normas ABNT, 644 lm, 10.7 lm/W, 1000 horas, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Spot R80	60W	127	soquete E27, bulbo refletor, produto conforme as normas da ABNT, utilizar em luminárias específicas, código de referência para consulta em catálogo
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Spot R63	60W	127	soquete E27, bulbo refletor, produto conforme as normas da ABNT, utilizar em luminárias específicas, código de referência para consulta em catálogo
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Cristal	75W	127	1095 lm, 14.6 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Econômica	90W	127	1620 lm, 18 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Cristal	100W	127	1620 lm, 16.2 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Hungria	Spot R80	100W	127	soquete E27, bulbo refletor, produto conforme as normas da ABNT, utilizar em luminárias específicas, código de referência para consulta em catálogo
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	USA	Watt-Miser COV-R-GUARD	120W	130	soquete E27, bulbo refletor, código de referência para consulta em catálogo, possui película protetora para retenção de fragmentos de vidro

QUADRO 1

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Cristal	150W	127	2505 lm, 16.7 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
filamento incandescente	Incandescente	GE	Brasil	Cristal	200W	127	3520 lm, 17.6 lm/W, 750 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	Osram	Brasil	Classic	200W	220	3090 lm, 15.5 lm/W, 1000 horas, E27, bulbo transparente, atende às normas da ABNT, pré-testada
Filamento Incandescente	Incandescente	GE	USA	Incandescent Lamp	300W	130	6120 lm, 750 horas, bulbo transparente, E27

QUADRO 2

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Filamento Incandescente	Halógena	sem info	China	Top Line JCDR+C	50W	110-130	refletor dicróico com lente de proteção incorporada, bipino, abertura de fecho 38 graus
Filamento Incandescente	Halógena	GE	Canadá	PAR Halógena 50PAR20/H/FL25	50W	130	refletor parabólico incorporado, base E27, abertura de fecho 25 graus, código de referência para consulta, 570 lm, 2800K, no caso de quebra substituição, 2500 horas.
Filamento Incandescente	Halógena	Nanyang Corporation	China	Ecolume PAR20	50W	127	450 lm, 1200 horas, 6 meses de garantia, refletor parabólico incorporado, base E27, não pode ser utilizada após rompimento do bulbo
Filamento Incandescente	Halógena	GE	Canadá	Halogen FL25	50W	130	refletor parabólico incorporado, base E27, abertura de fecho 25 graus, código de referência para consulta em catálogo
Filamento Incandescente	Halógena	GE	USA	PAR 38 HALOGEN-IR 60PAR/FL/HIR	60W	130	refletor parabólico incorporado, 2500 horas, soquete E27, código de referência para consulta, informações em inglês
Filamento Incandescente	Halógena	Nanyang Corporation	China	Ecolume PAR16	75W	127	700 lm, 1200 horas, refletor parabólico incorporado, base E27, não pode ser utilizada após rompimento do bulbo
Filamento Incandescente	Halógena	GE	México	PAR 30/L Long Neck	75W	130	refletor parabólico incorporado, base E27, código de referência para consulta ao catálogo, abertura de fecho 25 graus, 940 lm, 2000 horas
Filamento Incandescente	Halógena	Nanyang Corporation	China	Ecolume PAR30	75W	127	9 lm/W, 700 lm, 1200 horas, 6 meses de garantia, refletor parabólico incorporado, base E27, não pode ser utilizada após rompimento do bulbo
Filamento Incandescente	Halógena	GE	Canadá	Halogen Plus Spotlight PAR 38 10 graus	90W	130	refletor parabólico incorporado, base E27, 2500 horas, 1260 lm, abertura de fecho 10 graus, código de referência para consulta
Filamento Incandescente	Halógena	GE	USA	Watt-Miser 150PAR/FL/120WM/EX	120W	130	refletor parabólico incorporado, base E27, código de referência para consulta ao catálogo
Filamento Incandescente	Halógena	Nanyang Corporation	China	Ecolume	150W	127	13.5 lm/W, 2500 lm, 1000 horas , comprimento 78mm, duplo contato (R7s), 6 meses de garantia

QUADRO 2

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Filamento Incandescente	Halógena	GE	Hungria	Halogena Q150T3/CL	150W	120	duplo contato (R7s), comprimento 78mm, 2300 lm, não tocar a ampola com as mãos, não utilizar com sobre tensão, código de referência para consulta ao catálogo, produto conforme ABNT.
Filamento Incandescente	Halógena	BABU LIGHTING Co.	China	Lightex	300W	127	2000 horas, PF horizontal, 4200 lm, não pode ser tocada com as mãos
Filamento Incandescente	Halógena	Philips	China	HALOTONE PLUS LINE PRO	300W	230	duplo contato (R7s), 5114 lm, 2000 horas, não utilizar com o vidro externo quebrado, necessidade de utilização em luminárias com vidro, PF universal, comprimento 118mm, 2 A de corrente
Filamento Incandescente	Halógena	Osram	ALE	HALOLINE	300W	230	duplo contato (R7s), 5300 lm, 2000 horas de vida útil.
Filamento Incandescente	Halógena	sem info	China	Halogen Lamp	300W	220-240	comprimento 118mm, instalar na horizontal, informações em inglês
Filamento Incandescente	Halógena	GE	Hungria	HALOGENA Q500T3/CL	500W	120	duplo contato (R7s), comprimento 117.6mm, 11000 lm, 3000K, 2000 horas, não tocar a ampola com as mãos, não utilizar com sobretensão, código de referência para consulta, operação na horiz. + ou - 4%, produto conforme ABNT
Filamento Incandescente	Halógena	GE	Hungria	Halo-T	500W	230	duplo envelope, base E40
Filamento Incandescente	Halógena	GE	Hungria	Halo-T	1000W	230	duplo envelope, base E40, não utilizar fora da potência especificada, PF horizontal e em luminária específica

QUADRO 3

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Filamento Incandescente	Halógena	GE	USA	Precise MR16 Q20MR16C/FL40	20W	12	refletor dicróico com lente de proteção incorporado, bipino, abertura de fecho 40 graus, código de referência para consulta em catálogo, controle de UV
Filamento Incandescente	Halógena	GE	USA	Precise MR16 Q35MR16C/CG40	35W	12	refletor dicróico com lente de proteção incorporado, bipino, abertura de fecho 40 graus, código de referência para consulta em catálogo, controle de UV
Filamento Incandescente	Halógena	Nanyang Corporation	China	Ecolume MR11 G4	35W	12	450 lm, refletor dicróico c lente de proteção incorporada, bipino, não pode ser utilizada após rompimento do bulbo, abertura de fecho 38 graus, garantia de 6 meses, 13lm/W, só pode ser utilizada acoplada a transformadores para outras voltagens
Filamento Incandescente	Halógena	GE	USA	Precise MR16 EXZ/CG25	50W	12	refletor dicróico com lente de proteção incorporado, bipino, abertura de fecho 25 graus, código de referência para consulta em catálogo, controle de UV
Filamento Incandescente	Halógena	GE	China	Precise MR16 Q50MR16/FL/CG	50W	12	refletor dicróico com lente de proteção incorporado, bipino, código de referência para consulta em catálogo

QUADRO 4

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	Fluorescente	GE	Hungria	Starcoat T5	14W	dep. do reator	duplo contato bipino, 1350 lm, 20000 horas, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	GE	Hungria	Standard DAYLIGHT	15W	dep. do reator	duplo contato bipino, 750 lm, 9000 horas, código de referência para consulta ao catálogo, dimensões
Descarga	Fluorescente	sem info	China	Value	15W	dep. do reator	duplo contato bipino
Descarga	Fluorescente	Osram	ALE	FO 16/640 Cool White	16W	dep. do reator	duplo contato bipino, 4100K, código de referência para consulta em catálogo
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	Master TLD-RS/830	16W	dep. do reator	duplo contato bipino, 3000K, código de referência para consulta ao catálogo, filtro de UV
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	TLD-RS/S85	16W	dep. do reator	duplo contato bipino, 5000K, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	TLD-RS/S84	16W	dep. do reator	duplo contato bipino, 4000K, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	GE	Canadá	Starcoat T8	17W	dep. do reator	duplo contato bipino, 4100K, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	GE	Canadá	Starcoat T8	17W	dep. do reator	duplo contato bipino, 3000K, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	GE	Brasil	DURAMAX UNIVERSAL - super luz do dia	20W	dep. do reator	duplo contato bipino, produto conforme as normas ABNT
Descarga	Fluorescente	Osram	Brasil	Universal - luz do dia especial	20W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta em catálogo, necessita de reator, produto conforme ABNT, PF universal
Descarga	Fluorescente	GE	Hungria	Starcoat T5	28W	dep. do reator	duplo contato bipino, 2900 lm, 20000 horas, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	Osram	ALE	LUMILUX PLUS FH	28W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta em catálogo
Descarga	Fluorescente	GE	Hungria	Daylight	30W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	GE	Hungria	Branca Fria T8	32W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta ao catálogo, produto conforme normas ABNT
Descarga	Fluorescente	GE	Canadá	Starcoat T8	32W	dep. do reator	duplo contato bipino, 3000K, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	GE	Canadá	Starcoat T8	32W	dep. do reator	duplo contato bipino, 4100K, código de referência para consulta ao catálogo

QUADRO 4

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	Fluorescente	Osram	ALE	LUMILUX FO	32W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta em catálogo, necessita de reator, produto conforme normas ABNT
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	Master TLD-RS/830	32W	dep. do reator	duplo contato bipino, 3000K, código de referência para consulta ao catálogo, filtro de UV
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	Master TLD-RS/840	32W	dep. do reator	duplo contato bipino, 4000K, código de referência para consulta ao catálogo, filtro de UV
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	TLD/64RS - Branca Confort	32W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	Master TLD-RS/850	32W	dep. do reator	duplo contato bipino, 5000K, código de referência para consulta ao catálogo, filtro de UV
Descarga	Fluorescente	Osram	ALE	L	36W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta em catálogo, necessidade de reator, produto conforme ABNT, utiliza mesmo equipamento para lâmpadas fluorescentes de 40W, PF universal
Descarga	Fluorescente	GE	Brasil	DURAMAX UNIVERSAL - super luz do dia	40W	dep. do reator	duplo contato bipino, produto conforme as normas ABNT
Descarga	Fluorescente	Osram	Brasil	Universal - luz do dia especial	40W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta em catálogo, necessita de reator, produto conforme ABNT, PF universal
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	TLT-RS/S84	40W	dep. do reator	duplo contato bipino, 4000K, código de referência para consulta ao catálogo, filtro de UV
Descarga	Fluorescente	Phillips	Brasil	TLT/RS/85	40W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Fluorescente	Pila	Polônia	LF	40W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta em catálogo, 2500 lm, 10000 horas, ausência de informações em português
Descarga	Fluorescente	Sylvania	Brasil	F40/T12 Alvorada plus	40W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta ao catálogo, produto conforme normas ABNT, pré testada
Descarga	Fluorescente	Sylvania	Brasil	F40/T12 Luz do dia plus	40W	dep. do reator	duplo contato bipino, código de referência para consulta ao catálogo, produto conforme normas ABNT, pré testada

QUADRO 5

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	fluorescente compacta (sem reator incorporado)	Xiamen Temao Corporation	China	Ecolume	7W	sem info	350lm, 6400K, garantia de 6 meses, não ligar sem o reator
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico com bulbo leitoso	sem info	China	FLC	7W	127	280lm, FP 0.5, 40 lm/W, 3500 K, 1 ano de garantia, 60Hz, IRC 80%, 8000 horas, não pode ser usada com dimmer
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico com bulbo leitoso	Xiamen Temao Corporation	China	Ecolume	7W	127	200 lm, 6400K, não usar com dimmer, 0.07 A de corrente, FP > 0.4, 40lm/W, 5000 horas, 1 ano de garantia
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	FLC	9W	127	450 lm, FP 0.5, 50lm/m, 2700K, 1 ano de garantia, IRC 80%, 60Hz, 6000 horas, não utilizar com dimmer, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Xiamen Temao Corporation	China	Ecolume	9W	127	450lm, 6400K, 50lm/W, FP > 0.5, 6000 horas, garantia de 1 ano, 60 Hz, não usar dimmer, luz branca
Descarga	fluorescente compacta (sem reator incorporado)	Xiamen Temao Corporation	China	Ecolume	9W	sem info	450lm, 6400K, garantia de 6 meses, não ligar sem o reator
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Anhua Lighting Co.	China	Lightex	9W	127	60Hz, FP 0.5, 405lm, 45lm/W, 2700K, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Anhua Lighting Co.	China	Lightex	9W	127	60Hz, FP 0.5, 405lm, 45lm/W, 6400K, luz branca
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	NKS	9W	110-127	560 lm, 6400K, 10000 horas, FP 0.9, 53lm/W, 1 ano de garantia, não usar com dimmer, 60Hz, luz branca

QUADRO 5

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	FLC	11W	127	741lm, FP 0.5, 67 lm/W, 2700 K, 1 ano de garantia, 60Hz, IRC 80%, 8000 horas, não pode ser usada com dimmer, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	FLC	11W	127	550 lm, FP 0.5, 50 lm/W, 2700 K, 1 ano de garantia, 60Hz, IRC 80%, 6000 horas, não utilizar com dimmer, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	FLC	11W	127	550 lm, FP 0.5, 50 lm/W, 6400 K, 1 ano de garantia, 60Hz, IRC 80%, 8000 horas, não pode ser usada com dimmer, luz branca
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico com bulbo leitoso	BABU Lighting Co.	China	Lightex	11W	127	60 Hz, 1 ano de garantia, 550 lm, 50lm/W, FP > 0.5, 6400K, não usar com dimmer
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico refletora	sem info	China	FLC	13W	127	650lm, FP 0.5, 50 lm/W, 3500 K, 1 ano de garantia, 60Hz, IRC 80%, 8000 horas, não pode ser usada com dimmer
Descarga	fluorescente compacta (sem reator incorporado)	GE	Hungria	Biax S	13W	sem info	4100K, usar com reator compatível e conforme normas ABNT, especificação na lâmpada do código do fabricante, luz branca
Descarga	fluorescente compacta (sem reator incorporado)	GE	Hungria	Biax D	13W	sem info	usar com reator compatível, produto conforme normas ABNT, especificação na lâmpada do código do fabricante
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Anhua Lighting Co.	China	Lightex	13W	127	60Hz, FP 0.5, 650lm, 50lm/W, 6400K, luz branca
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	BABU Lighting Co.	China	Lightex	13W	127	60 Hz, 1 ano de garantia, 650 lm, 50lm/W, FP > 0.5, 2700K , luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	BABU Lighting Co.	China	Lightex	13W	127	60 Hz, 1 ano de garantia, 650 lm, 50lm/W, FP > 0.5, 6400K , luz branca

QUADRO 5

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Anhua Lighting Co.	China	Lightex	15W	127	60Hz, 50lm/W, 2700K, FP 0.5, 750lm, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	GE	China	TBX	15W	127	60 Hz, 222mA de corrente, 4000K, FP > 0.5, 910 lm, 60.7 lm/W, 3000 horas, não usar com dimmer, código do fabricante na lâmpada
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Xiamen Temao Corporation	China	Ecolume	15W	127	750lm, 6400K, 50lm/W, FP > 0.5, garantia de 6 meses, 60Hz, não usar com dimmer, luz branca
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	NKS	15W	127	900lm, 2700K, 10000 horas, 60 lm/W, FP 0.5, 1 ano de garantia, 60 Hz, não pode ser usada com dimmer, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Philips	China	Essential	15W	220-240	5 anos com utilização de 3.5 horas/dia(6000 horas), 2700K, 800 lm, 57 lm/W, FP 0.6 , não utilizar com dimmer, 50-60 Hz, 1 ano de garantia, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Philips	China	Essential	15W	220-240	5 anos com utilização de 3.5 horas/dia(6000 horas), 6500K, 760 lm, 54 lm/W, FP 0.6 , não utilizar com dimmer, 50-60 Hz, 1 ano de garantia
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Osram	China	Dulux E	16W	220/240	6000 horas, 900lm, FP > 0.5, Temperatura máxima no corpo do reator 65C, não utilizar com dimmer, 125 mA de corrente, 50-60 Hz, luz branca neutra
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Huaan Lighting Co.	China	Extra Luz	20W	127	60Hz, 6400K, FP 0.55, 1100 lm, 55 lm/W
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	FLC	20W	127	1163 lm, FP 0.5, 58 lm/W, 2700 K, 1 ano de garantia, 60Hz, IRC 80%, 6000 horas, não pode ser usada com dimmer, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	FLC	20W	220	1150 lm, FP 0.5, 57 lm/W, 6400 K, 1 ano de garantia, 60Hz, IRC 80%, 6000 horas, não pode ser usada com dimmer, luz branca
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	GE	China	TBX	20W	127	60 Hz, 290mA de corrente, 2700K, FP > 0.5, 1190 lm, 59.5 lm/W, 3000 horas, não usar com dimmer, código do fabricante na lâmpada

QUADRO 5

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	GE	China	TBX	20W	127	60 Hz, 290mA de corrente, 4000K, FP > 0.5, 1190 lm, 59.5 lm/W, 3000 horas, não usar com dimmer, código do fabricante na lâmpada
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	BABU Lighting Co.	China	Lightex	20W	127	60 Hz, 1 ano de garantia, 1100 lm, 55lm/W, FP > 0.5, 2700K, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico com bulbo leitoso	sem info	sem info	Maxilight	20W	240	950lm, 50-60 Hz, não usar com dimmer
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Philips	China	Essential	20W	220-240	1100 lm, 61 lm/W, FP 0.6, 50-60 Hz, 130 mA de corrente
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Philips	China	Essential	20W	220/240	5 anos c/ utilização de 3.5horas/dia(6000 horas), 6500K, 1040 lm, 58lm/W, FP 0.6 , não utilizar com dimmer, 50-60 Hz, luz branca
Descarga	fluorescente circular com reator eletrônico	Xiamen Temao Corporation	China	Ecolume	22W	127	850lm, 6400K, não usar com dimmer, 0.31 A de corrente, FP 0.5
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico com bulbo leitoso	Xiamen Temao Corporation	China	Ecolume	22W	127	880lm, 2700K, não usar com dimmer, 0.35 A de corrente, FP > 0.5, 40lm/W, 6000 horas, 1 ano de garantia
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	Xiamen Temao Corporation	China	Ecolume	24W	127	1200lm, 6400K, FP > 0.5, garantia de 6 meses, 60Hz, não usar com dimmer, luz branca
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	NKS	24W	110-127	1560lm, 6500K, 64lm/W, FP 0.5, 10000 horas, 3 meses de garantia, não usar com dimmer, 60Hz, luz branca

QUADRO 5

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico com bulbo leitoso	sem info	China	NKS	25W	127	1000-1100 lm, 6400K, 10000 horas, FP > 0.5, 45lm/W, 3 meses de garantia, não usar com dimmer, 60Hz
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	FLC	25W	127	60Hz, 1425 lm, 57 lm/W, FP 0.5, 2700K, IRC 80%, 6000 horas, 1 ano de garantia, não pode ser usada com dimmer, luz amarela
Descarga	fluorescente compacta (sem reator incorporado)	GE	Hungria	Biax D	26W	sem info	1710lm, 10000 horas, 4100K, usar com reator compatível e conforme normas ABNT, especificação na lâmpada do código do fabricante
Descarga	fluorescente compacta (sem reator incorporado)	GE	Hungria	Biax D	26W	sem info	2700K, usar com reator compatível, produto conforme normas ABNT, especificação na lâmpada do código do fabricante
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	sem info	Genérica Ecolume	26W	127	6400K, FP > 0.5, 1300lm, 0.35 A de corrente
Descarga	fluorescente compacta (sem reator incorporado)	Osram	Korea	Dulux D	26W	sem info	8000 horas, 1800 lm, 4000 K, opera com reator eletromagnético específico, não pode ser utilizado com dimmer, luz branca neutra
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	BABU Lighting Co.	China	Lightex	27W	127	60 Hz, 1 ano de garantia, 650 lm, 50lm/W, FP > 0.5, 6400K , luz branca
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	Top Line	30W	127	60 Hz, 1360lm, 6700K, FP 0.6, 320mA de corrente, 5000 horas, não usar com dimmer, luz branca
Descarga	fluorescente circular com reator eletrônico	Huaan Lightining Co.	China	Extra Luz	32W	127	60Hz, 6400K, FP > 0.5, 1344 lm, 37 lm/W
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	FLC	34W	127	1950 lm, FP 0.5, 57 lm/W, 6400 K, 1 ano de garantia, 60Hz, IRC 80%, 8000 horas, não pode ser usada com dimmer, luz branca
Descarga	fluorescente compacta com reator eletrônico	sem info	China	Top Line	48W	127	60 Hz, 2280lm, 6700K, FP 0.6, 550mA de corrente, 5000 horas, não usar com dimmer, luz branca

QUADRO 6

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	Mista	sem info	China	FLC	160W	220-240	Soquete E27, PF + ou - 45, solicitação de desligamento no caso de quebra do bulbo
Descarga	Mista	GE	Brasil	Lâmpada de Luz Mista	160W	220-230	PF + ou - 30, soquete E27 , código de referência para consulta ao catálogo
Descarga	Mista	Osram	Brasil	HWL	160W	220	Soquete E27, PF + ou - 30, produto em conformidade com as normas ABNT
Descarga	Mista	Philips	Brasil	ML	160W	220-230	Base E27, em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV, vida útil 6X maior que a de uma lâmpada Incandescente de 150W.
Descarga	Mista	GE	Brasil	LM 250CC	250W	220-330	base E27, funcionamento sem reator, PF universal, em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV, necessidade de utilização de equipamento auxiliar, código de referência para consulta
Descarga	Mista	BABU Lighting Co.	China	Lightex	250W	220	60 Hz, soquete E27, 4530 lm
Descarga	Mista	Philips	Brasil	ML	200W	220-230	base E40, em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV, vida útil 6X maior que a de uma lâmpada Incandescente de 300W.

QUADRO 7

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	Vapor de Mercúrio	sem info	China	HUA NING	80W	220	necessidade de uso de reator, soquete E27
Descarga	Vapor de Mercúrio	GE	Brasil	VM80DX DELUXE WHITE	80W	220	base E27, necessidade de operar com bulbo intacto, código de referência para consulta ao catálogo, em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV, necessidade de utilização de equipamento auxiliar.
Descarga	Vapor de Mercúrio	Osram	Brasil	HQL	125W	220	base E27, necessidade de uso de reator, PF universal, desligamento em caso de quebra do bulbo, atende às recomendações da ABNT
Descarga	Vapor de Mercúrio	Philips	Brasil	HPL-N	125W	220	base E27, necessidade de utilização de equipamento auxiliar, atinge sua potência de funcionamento em 3 min., em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV, PF universal
Descarga	Vapor de Mercúrio	GE	Brasil	VM125DX DELUXE WHITE	125W	220	base E27, necessidade de operar com bulbo intacto, código de referência para consulta ao catálogo, em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV, necessidade de utilização de equipamento auxiliar.
Descarga	Vapor de Mercúrio	WU JIN JIN LING LAMP FACTORY	China	HUA NING	250W	220	necessidade de uso de reator, soquete E40, 11000 lm
Descarga	Vapor de Mercúrio	Philips	Brasil	HPL-N	250W	220	base E40, necessidade de utilização de equipamento auxiliar, atinge sua potência de funcionamento em 3 min., em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV, PF universal
Descarga	Vapor de Mercúrio	GE	Brasil	VM250DX DELUXE WHITE	250W	220	base E40, necessidade de operar com bulbo intacto, código de referência para consulta ao catálogo, em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV, necessidade de utilização de equipamento auxiliar.

QUADRO 8

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	Vapor de Sódio	Osram	Brasil	VIALOX NAV E LONG LIFE	70W	220	base E27, necessidade de utilização de equipamento auxiliar, variações de tensão até 5%, não utilizar a lâmpada no caso de quebra do invólucro, PF universal, 28000 horas
Descarga	Vapor de Sódio	GE	Hungria	LUCALOX - LU70/90/T/12/27IT	70W	220	base E27, necessidade de utilização de equipamento auxiliar, código de referência para busca em catálogo, variações de tensão até 5%, não utilizar a lâmpada no caso de quebra do invólucro
Descarga	Vapor de Sódio	Philips	Brasil	SON PRO	250W	220	base E40, necessidade de utilização de equipamento auxiliar
Descarga	Vapor de Sódio	Osram	Brasil	VIALOX NAV E LONG LIFE	250W	220	base E40, necessidade de utilização de equipamento auxiliar, variações de tensão até 5%, não utilizar a lâmpada no caso de quebra do invólucro, PF universal, 28000 horas
Descarga	Vapor de Sódio	GE	Hungria	LUCALOX - LU250/T/40	250W	220	base E40, necessidade de utilização de equipamento auxiliar, código de referência para busca em catálogo, variações de tensão até 5%, não utilizar a lâmpada no caso de quebra do invólucro

QUADRO 9

Família	Tipo	Fabricante	Origem	Designação do fabricante	Potência (W)	Tensão (V)	Informação técnica constante na embalagem
Descarga	Multivapores Metálicos	Osram	ALE	Powerstar HQI-TS, NDL	70W	220	duplo contato, 4200K, PF horizontal + ou - 45, variação da tensão de funcionamento de 3%, tempo necessário para atingir rendimento total de 2-5 min., recomendação de substituição imediata após queima, não tocar o bulbo com as mãos.
Descarga	Multivapores Metálicos	GE	Hungria	ARC70/UVC/TD/730	70W	220	código de referência para busca de informações no catálogo, duplo contato, informações em inglês
Descarga	Multivapores Metálicos	Philips	Bélgica	Mastercolor CDM-TD	70W	220	duplo contato, 3000K, bloqueador de UV, PF universal, não utilizar no caso de danificação do bulbo
Descarga	Multivapores Metálicos	GE	Hungria	ConstantColor CMH70/TD/UVC/942/R X7s	70W	220	código de referência para busca de informações no catálogo, duplo contato, informações em inglês
Descarga	Multivapores Metálicos	Philips	Bélgica	Mastercolor CDM-TD	70W	220	duplo contato, 4200K, bloqueador de UV, PF universal, não utilizar no caso de danificação do bulbo
Descarga	Multivapores Metálicos	Osram	USA	Powerstar HQI-E Clear, NDL	70W	220	Soquete E27, necessidade de operar com bulbo intacto, PF universal
Descarga	Multivapores Metálicos	Philips	Bélgica	Mastercolor CDM-TD	150W	220	duplo contato, 4200K, bloqueador de UV, PF universal, não utilizar no caso de danificação do bulbo
Descarga	Multivapores Metálicos	Philips	Bélgica	Mastercolor CDM-TD	150W	220	duplo contato, 3000K, bloqueador de UV, PF universal, não utilizar no caso de danificação do bulbo
Descarga	Multivapores Metálicos	GE	Hungria	ARC150/UVC/TD/730	150W	220	código de referência para busca de informações no catálogo, duplo contato, informações em inglês
Descarga	Multivapores Metálicos	GE	Hungria	ConstantColor CMH150/TD/UVC/942/ RX7s-24	150W	220	código de referência para busca de informações no catálogo, soquete E40, informações em inglês
Descarga	Multivapores Metálicos	Osram	Brasil	Powerstar HQI-T Daylight	250W	220	Soquete E40, necessidade de operar com bulbo intacto, PF universal, variação de tensão tolerável de 5%.
Descarga	Multivapores Metálicos	Philips	Bélgica	Mastercolor HPI PLUS 250W/743 BU E40	250W	220	base E40, necessidade de operar com bulbo intacto, código de referência para consulta ao catálogo, em caso de quebra do bulbo retirada imediata devido ao risco causado pela elevada emissão de UV.
Descarga	Multivapores Metálicos	GE	USA	GE Multi Vapor - MVR250/U/40	250W	220	código de referência para busca de informações no catálogo, soquete E40, informações em inglês
Descarga	Multivapores Metálicos	GE	Hungria	ARC250/T/H/960/E40	250W	220	código de referência para busca de informações no catálogo, soquete E40, informações em inglês

## **Aparelhos de medição**

Inicialmente, a intenção desta dissertação seria a medição ou o mapeamento dos comprimentos de onda na faixa da radiação ultravioleta a cada 10nm. Após longa pesquisa no mercado nacional e internacional em busca de um aparelho de medição que atendesse esse requisito, verificou-se grande dificuldade em sua localização, não existindo, ao que se sabe, nenhum exemplar em território nacional. Ademais, como resultado da busca, foi possível avaliar que os custos para aquisição no exterior de equipamento com tal característica em muito extrapolariam os recursos financeiros disponíveis para a pesquisa.

Nesse momento do trabalho, coube discussão e posterior ponderação de que os dados existentes até o momento sobre os danos produzidos nos materiais ainda não atingiram valores tão precisos. Com isto, entendeu-se que grande avanço nos níveis atuais de conhecimento seria gerado mediante a avaliação da emissão das fontes de luz em faixas maiores de comprimento de onda, desde que realizada de modo isento e cientificamente correta.

Mesmo com a redução dos parâmetros iniciais de busca, a localização dos aparelhos mostrou-se difícil e os custos finais envolvidos foram elevados. A escolha recaiu sobre o aparelho UV RADIOMETER UM-10, fabricado pela Minolta Co.,Ltd. (Japão). O medidor de radiação ultravioleta em questão é composto por três receptores intercambiáveis UM-250, UM-360 e UM-400, cujas especificações técnicas são:

Faixa de medição – 0.1 a 199.9 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>

*Display* – 4 dígitos LCD

Linearidade – dentro dos limites de  $\pm 5\%$  da leitura  $\pm 1$  dígito

Erro de temperatura – dentro dos limites de  $\pm 3\%$  ( de  $-10$  a  $40^{\circ}\text{C}$ /  $14$  a  $104^{\circ}\text{F}$ , baseado na medida padrão a  $23^{\circ}\text{C}/73^{\circ}\text{F}$ )

Fonte de alimentação – Bateria de 9V

Condições de operação –  $-10$  a  $40^{\circ}\text{C}/14$  a  $104^{\circ}\text{F}$  para menos de 85% de umidade e sem condensação

Dimensões – 33 x 73.5 x 186 mm

Peso – 270 gramas

Sensores:

	UM-250	UM-360	UM-400
Resposta Espectral	220 – 300nm	310 – 400nm	360 – 480nm
Pico do Comprimento de onda	$250 \pm 10\text{nm}$	$365 \pm 5\text{nm}$	$415 \pm 5\text{nm}$
Co-seno Erro $30^{\circ}$	Dentro dos limites de $\pm 3\%$	Dentro dos limites de $\pm 3\%$	Dentro dos limites de $\pm 3\%$
Co-seno Erro $60^{\circ}$	Dentro dos limites de $\pm 15\%$	Dentro dos limites de $\pm 10\%$	Dentro dos limites de $\pm 10\%$
Fonte de luz de Calibração	GL-15	FL-20S.BLB	Lâmpada Padrão com temperatura da distribuição espectral 2856K

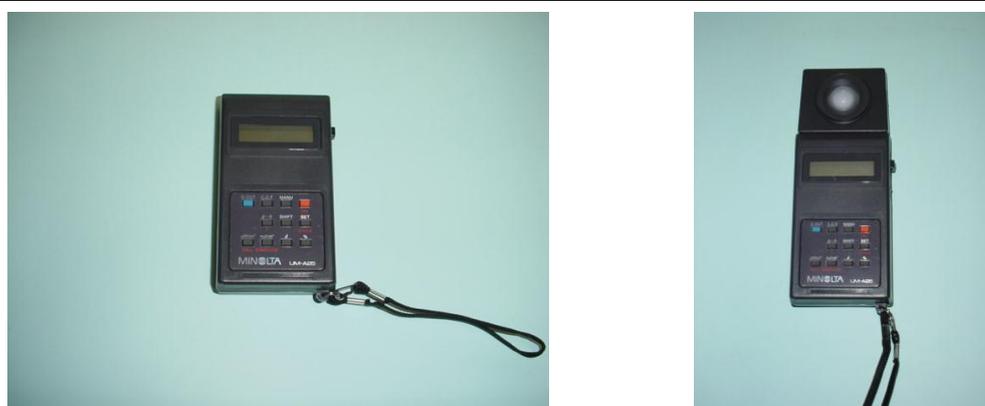


Fig.40 – UV radiometer UM10 e o equipamento com sensor acoplado.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.



Fig. 41 - Sensor com tampa de proteção e descoberto.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.



Fig. 42 - Vista posterior do sensor.  
(notar rosca para fixação no centro).  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

Para facilitar os procedimentos de medição e evitar interferência nos resultados pela proximidade do operador, utilizou-se o cabo extensor para sensores denominado UM-A20, acessório opcional do aparelho que se mostrou útil ao permitir um distanciamento de dois metros do sensor.



Fig.43 – Medidor com cabo extensor acoplado.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

A metodologia das medições, como não poderia deixar de ser, envolveu a verificação das variáveis ambientais, elétricas e luminotécnicas presentes no processo de medição, objetivando assegurar-se a correta avaliação dos resultados.

Fez-se então necessária a utilização de outros aparelhos:

Estabilizador de tensão<sup>1</sup> – para medições de fontes de luz com tensão de operação entre 110V e 130V, utilizou-se o estabilizador de fabricação TS SHARA – Micro TS 1000 mono 115 com as seguintes características:

Potência Nominal – 700VA; Tensão Nominal de Entrada (Vca) – 115V; Tensão Nominal de Saída (Vca) – 115V; Faixa de Regulação de Entrada – 103,5V a 132,25V; Tolerância na Tensão de Saída -  $\pm 6\%$ ; Filtro de Linha – possui; Rendimento -  $> 94\%$ ; Distorção Harmônica Introduzida – 0; Freqüência de Operação – 50/60 Hz e Tempo de Resposta – máximo três ciclos.

Para as lâmpadas com tensão de funcionamento entre 220 e 240V, optou-se pelo equipamento elétrico fabricado pela TS SHARA – Micro TS 1000 220, possuidor das seguintes características técnicas:

Potência Nominal – 700VA; Tensão Nominal de Entrada (Vca) – 220V; Tensão Nominal de Saída (Vca) – 220V; Faixa de Regulação de Entrada – 198V a 253V; Tolerância na Tensão de Saída -  $\pm 6\%$ ; Filtro de Linha – possui Rendimento -  $> 94\%$ ; Distorção Harmônica Introduzida – 0; Freqüência de Operação – 50/60 Hz e Tempo de Resposta – máximo três ciclos.

---

<sup>1</sup> Dados do fabricante

Multímetro Alicate<sup>2</sup> - Fabricação Minipa, modelo ET – 3200A digital, tendo as especificações elétricas e gerais: Corrente AC – faixas de 20 A, 200 A e 100 A, tendo a precisão para faixa utilizada de 20 A, de  $\pm (3.0\% \text{ leitura} + 5 \text{ dígitos})$ , resposta de frequência de 50/60 Hz, resolução de 10mA – 1A; Tensão AC – faixas de 200V e 750V, precisão de leitura  $\pm (1.2\% \text{ leitura} + 5 \text{ dígitos})$  e resolução 100mV e 1V; Alimentação – bateria de 9V ; Ambiente de operação – 0°C a 40°C, UR< 70%.



Fig.44 – Multímetro alicate.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

Luxímetro Digital<sup>3</sup> – fabricação Minipa modelo MLM-1332, possuindo as seguintes especificações gerais: Medida dos níveis de luz na faixa de 0.1 a 200000 lux; Resolução – 0.1lux; Precisão -  $\pm(4.0\% \text{ leitura} + 1 \text{ dígito})$  para faixa > 10000 lux e  $\pm (3.0\% \text{ leitura} + 0.5\% \text{ fs})$  para outras faixas; calibrado com o padrão de lâmpada incandescente 2856K; Repetibilidade -  $\pm 2.0\%$ ; Característica da temperatura -  $\pm 0.1\%/^{\circ}\text{C}$ ; Foto-sensor – foto-diodo de silício; Ambiente de operação – 0°C a 40°C, UR<80%; Alimentação – bateria de 9V.

---

<sup>2</sup> Dados do fabricante.

<sup>3</sup> Dados do fabricante



Fig.45 – Luxímetro digital.

Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

Termohigrômetro – marca Sundo, para verificação da temperatura ambiente e umidade relativa. Antes do início dos trabalhos foi realizada a aferição desse equipamento de medição.



FIGURA 46 – Termohigrômetro.

Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

Para aumentar a segurança do procedimento de medição, foi instalado no local quadro de disjuntores contendo um disjuntor monopolar e um bipolar, ambos de pequena amperagem para proteção dos equipamentos e usuários. O comando do sistema deu-se a partir de interruptor visando proteger os disjuntores – equipamentos destinados à proteção – do excesso de manobras.

Na parte do sistema elétrico montado para o experimento, em que os condutores encontram-se fora de eletrodutos, houve o cuidado de especificarem-se cabos com revestimento duplo próprios para esse fim, e com superdimensionamento em relação à corrente circulante. Cabe, ainda, neste item, acrescentar que todas as emendas e junções necessárias às interligações elétricas foram feitas utilizando-se conectores de elevada qualidade.

### **Estrutura de suporte e gabarito para o aparelho de medição - radiação UV**

O rígido controle da distância entre a lâmpada e o sensor de radiação ultravioleta, assim como o correto alinhamento de seus pontos centrais, demandou o desenvolvimento de estrutura específica para esse fim. A construção de um equipamento dotado de grande versatilidade foi imposta pela enorme variedade de lâmpadas com formas e dimensões diversas. Para facilitar o processo de medição das fontes artificiais de luz, a estrutura deveria permitir a intercambialidade de acessórios destinados à adaptação de sua fixação e regulagem. O elevado padrão de qualidade da execução dessa estrutura foi garantido pelo apuro técnico e habilidade na sua construção, demonstrado pela empresa contratada, o que certamente possibilitou a precisão desejada para o experimento.

Cabe esclarecer, antes de uma descrição rápida desse equipamento de apoio à medição, que, tendo em vista o esforço e os recursos gastos na sua confecção, a estrutura foi desenvolvida já com algumas características ou ampliações que permitirão, caso haja interesse no futuro, a realização de outros tipos de pesquisas luminotécnicas semelhantes, cujo desenvolvimento, neste momento, extrapolaria o escopo do tema proposto.

Basicamente, a estrutura desenvolvida compõe-se de duas placas em MDF preto, instaladas paralelamente e com peças de interligação em sua parte inferior e superior dando rigidez ao sistema. A cor preta foi especificada no intuito de evitar-se, como já dito, a contribuição de componentes de luz no sensor devido a reflexões. O preto fosco foi conseguido com a utilização de lixa fina, o que reduziu significativamente o brilho do MDF. Toda a estrutura, salvo as partes em alumínio, possuem a cor preta.



Fig.47 – Vista geral da estrutura de suporte.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.



Fig. 48 – Detalhe da parte superior da estrutura de suporte.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

Para garantir o nivelamento da peça, os quatro pontos de sustentação foram dotados de precisos ajustes de altura.

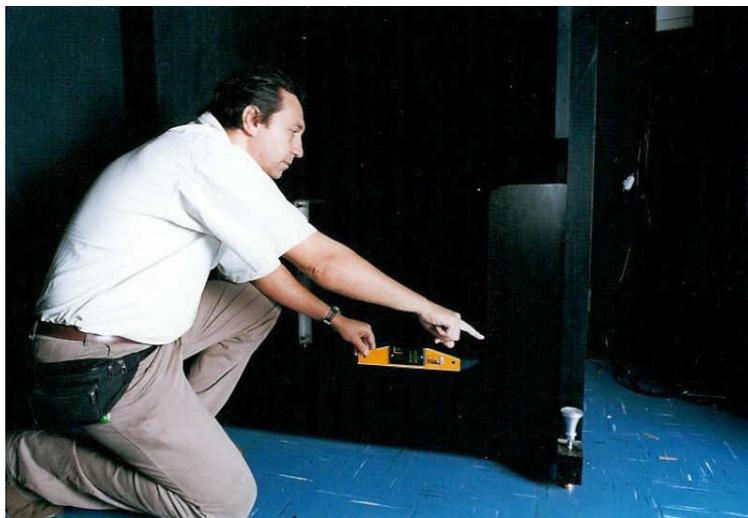


Fig.49 – Nivelamento e ajuste da estrutura.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

A placa onde serão fixados os sensores foi executada tendo um metro quadrado exato. A fixação do sensor no caso do experimento em questão será no meio dessa placa. Instalou-se pino com a dimensão de  $\phi \frac{1}{4}$  ou 20tpi, de maneira a permitir o rosqueamento de cada sensor. Aproveitando as dimensões da placa, a mesma foi dividida em linhas e coluna espaçadas em 0.25 cm, sendo colocado um pino em cada junção para, enfatizando, permitir outras pesquisas na área como, por exemplo, uma avaliação preliminar da distribuição espectral de determinada lâmpada nesse plano.



Fig. 50 – Sensor rosqueado à placa.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

Já a placa destinada a fixar as fontes de luz foi confeccionada com uma canaleta central, de modo que os vários acessórios criados para conexão das fontes de luz pudessem deslizar no sentido vertical ajustando-se, assim, o ponto central de cada lâmpada de teste em relação ao pino da placa frontal. Estabelecido o ponto certo, foi realizado o travamento através de roscas de pressão.

Para gerar rapidez no ajuste, gabarito com régua foi instalado na estrutura.



Fig.51 – Centralização da fonte de teste de ajuste de altura.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

Cada acessório metálico para conexão das lâmpadas, por sua vez, também possui canaleta, para que se possa regular a distância horizontal em relação ao sensor localizado na placa em frente. De maneira semelhante, ao estabelecer-se o ponto exato, a trava imobiliza o conjunto por meio de pino e rosca. Esse foi o artifício técnico imaginado para permitir a medição das fontes de luz artificiais que são conectadas por meio de soquete de rosca, independentemente de sua posição de funcionamento e das que são ligadas à fonte de energia por meio duplo contato.

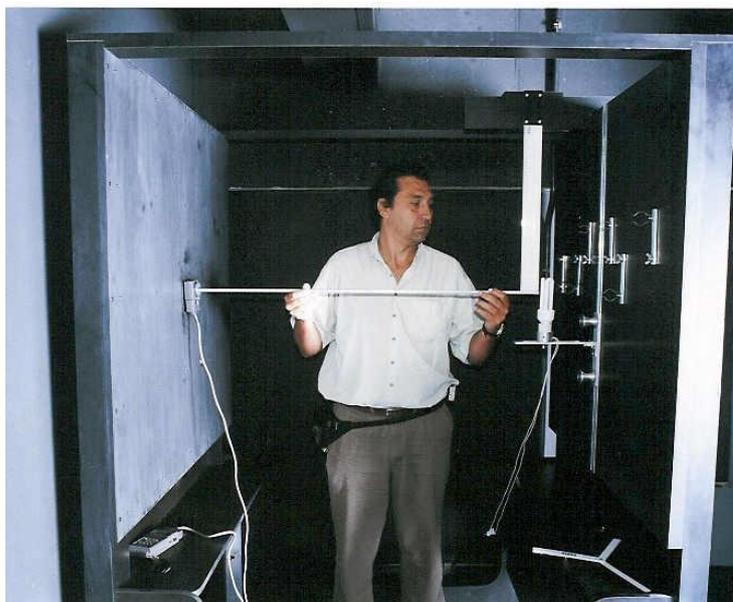


FIGURA 52 – Verificação da centralização – distanciamento da fonte de luz com base de encaixe do tipo rosca.

Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

Para as lâmpadas de descarga do tipo fluorescente tubular, foram criados na placa suportes fixos de diversos diâmetros, rigorosamente alinhados na vertical com o ponto central da outra placa. No sentido horizontal, o afastamento correto foi garantido pela movimentação do sensor na direção das fontes. Confeccionaram-se vários extensores de modo que pudesse ser ajustada com precisão a distância da fonte em relação ao sensor. Também para facilitar a aferição do afastamento horizontal desejado, foi criado um gabarito metálico.

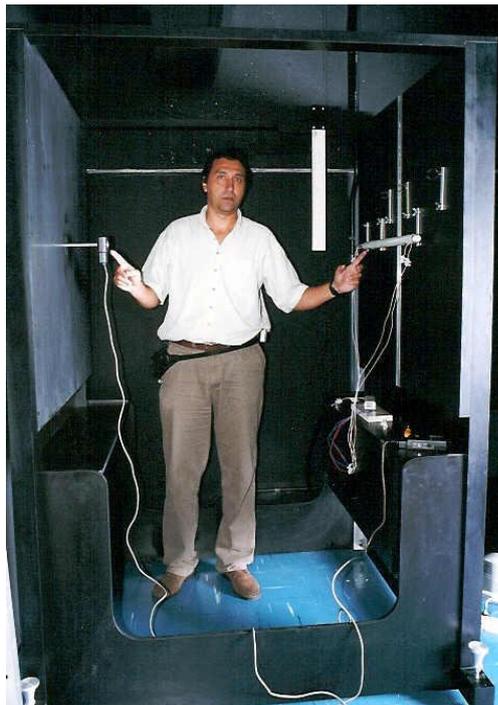


Fig.53 – Utilização de extensor para garantia da distância fixada de um metro entre a lâmpada fluorescente e o sensor  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

## Fase 2 – Procedimentos de medição

Após a conclusão de todos os preparativos, iniciou-se a fase das aferições propriamente dita, com a definição das grandezas elétricas, ambientais e de iluminação a serem tabeladas e os procedimentos técnicos a serem adotados em cada medição.

Antes da descrição da operacionalização dos experimentos, cabe importante esclarecimento sobre os valores a serem apurados. Não se buscou, neste trabalho, a obtenção de valores absolutos visto que, para tal, o espectro de amostragem de cada tipo de lâmpada deveria ser muito mais amplo. Obrigatoriamente teria que ser coletada significativa quantidade de amostras de vários lotes de produção para teste. Os resultados apresentados, portanto, têm um caráter relativo, ou seja, foram obtidos ao submeterem-se unidades de vários tipos de fontes artificiais de luz a um mesmo padrão de teste e com condições ambientais e elétricas muito aproximadas.

Esse esclarecimento não desqualifica os resultados da pesquisa, dado o rigor com que foi conduzida. Os dados gerados são indicadores bem fidedignos. Somente visa a resguardar a seriedade do trabalho e evitar que eventuais falhas no processo de produção de alguma peça de teste induza a resultados errôneos que não reflitam o padrão de qualidade de determinado fabricante. Frisa-se, pois, que, pela metodologia utilizada, as medições representam valores relativos, por ser objetivo desta dissertação avaliar as fontes de luz disponíveis no mercado com relação à emissão de radiação UV, seguindo-se as mesmas premissas e condições técnicas de medição para comparação.

### **Premissas para realização do experimento**

Em virtude da inexistência de normalização nacional<sup>4</sup> e até internacional<sup>5</sup> para esse tipo de aferição, estabeleceu-se com base na facilidade de cálculo a distância de um metro da fonte até o sensor localizado no centro da placa. A intenção de realizar aferições em grande número de lâmpadas levou ao estabelecimento de um espaço de tempo que permitisse a execução da tarefa. Como fabricantes de lâmpadas de descarga do porte da Philips e Osram informaram que o tempo após o acendimento para alcançar o fluxo normal pela fonte é de cinco minutos, este foi o parâmetro utilizado para todos os tipos de lâmpadas. Sem dúvida, as fontes de luz com princípio de funcionamento de descarga são o pior caso em termos de tempo para alcançar-se plena produção de luz, em relação às do tipo incandescente. Desta forma, os valores apresentados em tabela referem-se a medições realizadas cinco minutos após as fontes artificiais de luz serem alimentadas eletricamente. A norma

---

<sup>4</sup> Verificação das normalizações da ABNT.

<sup>5</sup> IEC – *International Electrotechnical Commission*.

internacional encontrada que mais se aproxima do tema abordado é a IEC 1228 – *Method of measuring and specifying the UV-radiation of ultraviolet lamps used for sun-tanning*, que recomenda que o tempo de operação para lâmpada fluorescente seja de  $1\text{h}\pm 0,25\text{h}$  e para as lâmpadas HID (descargas de alta intensidade)  $5\text{h}\pm 0,25\text{h}$ . Caso esse espaçamento temporal fosse adotado na realização das medidas, o trabalho seria inviabilizado. Ademais, não foi fornecida em norma nem encontrada em referências bibliográficas explicação para a adoção de tais parâmetros, em particular no tocante à plena emissão de radiação que só ocorreria após esse período de tempo. Todas as fontes foram testadas sem terem cumprido 100 horas<sup>6</sup> já que, imprimindo esse padrão de medição, estar-se-ia adotando um procedimento de checagem industrial, o que não é o caso. Além de extrapolar-se o tempo destinado aos experimentos, desvincular-se-ia da realidade, pois, invariavelmente, as lâmpadas são instaladas em edificações com acervo cultural sem cumprir-se tal período, o que expõe o acervo ao pior caso. Volta-se à questão da aferição de valores relativos com todas as fontes testadas sob o mesmo critério. Desta maneira, na ausência de procedimentos definidos por norma, foi adotada uma metodologia de medição própria, detalhadamente descrita neste capítulo, que atende ao objetivo proposto.

Obedeceu-se à posição de funcionamento especificada pelo fabricante para cada tipo de lâmpada. Para as lâmpadas com posição de serviço universal, e possuidoras de conexão do tipo soquete rosqueável, a medição foi realizada na vertical, excetuando-se as dotadas de conjunto óptico – refletor incorporado – que foram instaladas na horizontal e ajustando-se o seu ponto focal na lente sensor. Nas lâmpadas com base duplo contato, a medição deu-se com a fonte na horizontal. O

---

<sup>6</sup> Tempo médio de estabilização do funcionamento das lâmpadas de descarga após o qual a fonte reduz a sua emissão em torno de 5%, dependendo do tipo de lâmpada e fabricante.

encaixe tipo bipino somente apareceu nas fontes testadas em lâmpadas halógenas dotadas de refletor incorporado. Nesse caso, seguiu-se o mesmo padrão e a medição foi realizada com o equipamento na horizontal focando no sensor.

Padronizou-se na execução das medições o posicionamento da lâmpada com o lado de maior emissão de luz voltado para o sensor do luxímetro ou do UV Radiometer. Diferenças significativas podem ser obtidas em função desse posicionamento, especialmente no caso das lâmpadas fluorescentes compactas.

### **Considerações sobre a execução do experimento**

- ❖ Tensão aplicada na lâmpada de teste – Garantiram-se níveis de tensão adequados e estáveis, com a introdução no sistema elétrico montado para energização da fonte de luz de estabilizador de tensão – cujas características técnicas já foram descritas. Efetuou-se, então, a verificação do valor de tensão no momento da realização do experimento. Esse dado é importante, pois as alterações nos valores de iluminamento e de emissão de radiação ultravioleta irão ocorrer no caso de grandes variações na tensão de entrada em comparação à tensão de funcionamento especificada para a fonte de luz. Como não foi possível disponibilizar exatamente o nível de tensão requerido de fábrica para cada lâmpada, é correto apresentar-se esse parâmetro para uma análise mais rigorosa de resultados. A verificação da tensão foi feita utilizando-se multímetro, cujas características já foram listadas. A margem de variação em relação ao padrão fornecido pelo estabilizador monofásico de 115 Volts oscilou entre + 2,26% e – 2%. Para as lâmpadas aferidas, cuja tensão de funcionamento girava em torno de 220V, utilizou-se o estabilizador com saída para 220V, cujos valores

de variação de tensão durante as medições ficaram entre +2,27% e - 8,2%.

Unidade de medida utilizada: Volts.

- ❖ Corrente de entrada na fonte ou no equipamento auxiliar – Aferição também realizada por multímetro através de alicate. Essa medição, além de informar sobre o consumo da lâmpada, também serviu para confrontação com os valores dados em embalagem e possíveis problemas de operação da lâmpada. Unidade de medida utilizada: Ampères.
- ❖ Temperatura e umidade relativa – Como todos os equipamentos de medição e sob teste têm limites preestabelecidos de fábrica em relação a esses dois parâmetros, fez-se fundamental a checagem desses valores para garantir-se a correção dos procedimentos. Até onde pôde ser verificado, não houve variação mensurável nos valores de emissão de radiação UV emitidos em função de alteração nesses dois parâmetros. A impossibilidade, durante a realização deste experimento, de verificar o resultado das medições em caso de acentuadas variações de temperatura e umidade relativa impede maiores considerações. Unidades de medida utilizadas: temperatura – graus centígrados; umidade relativa – percentual.
- ❖ Iluminamento – O luxímetro utilizado foi instalado a um metro exato da fonte de luz. O equipamento de recente aquisição foi considerado calibrado de fábrica. A questão da rigorosa calibração dos equipamentos de medição não tem maior sentido visto, como dito, tratar-se de resultados relativos. Unidade de medida utilizada: Lux.
- ❖ Radiação ultravioleta - Os valores aferidos correspondem a três faixas de emissão de radiação ultravioleta, dependendo do sensor utilizado, conforme já mostrado. Cabe agora chamar a atenção para evitarem-se equívocos de leitura,

já que essas faixas divergem das consideradas neste trabalho, como UV-A, UB-B e UV-C.

Sensores	<b>UM-250</b>	<b>UM-360</b>	<b>UM-400</b>
Faixa espectral	220-300nm	310-400nm	360-480nm
<b>Subdivisões UV</b>	<b>UV-C</b>	<b>UV-B</b>	<b>UV-A</b>
Faixa espectral	100-280nm	280-315nm	315-380nm

Como pode ser observado, o intervalo de emissão compreendido entre 300 e 310nm não pode ser mensurado pelo aparelho utilizado, bem como a correspondência dos sensores utilizados com as definições de subdivisão da radiação ultravioleta não é direta. O sensor, como para o luxímetro, foi instalado a um metro da fonte e centralizado em relação a ela, interligado ao aparelho por meio de cabeção UM-A20. Unidade de medida utilizada:  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

### **Rotina do procedimento de medição**

1. Ajuste de nivelamento da estrutura de suporte e gabarito para os aparelhos de medição e fontes artificiais de luz (checagem somente na primeira medição do dia).
2. Limpeza da superfície de emissão de luz das lâmpadas e de captação (sensores) dos aparelhos de medição.
3. Posicionamento da lâmpada a ser testada obedecendo-se os critérios de posição de funcionamento permitido e maior emissão de fluxo luminoso.
4. Verificação do distanciamento correto entre a fonte e o sensor através de barra de gabarito de um metro (ajuste horizontal). Regulagem de altura de modo que o

centro da lâmpada coincida com o ponto central do sensor (ajuste vertical), realizado por meio de gabarito instalado no aparelho.

5. Realização das ligações elétricas, alimentação do sistema e cronometragem do tempo de acionamento da fonte de luz.
6. Desligamento da luz ambiente.
7. Após cinco minutos, leitura da tensão, corrente de entrada, temperatura e umidade relativa – registro de dados.
8. Em seguida, posicionamento do sensor do luxímetro no ponto central da placa e registro do dado após estabilização da leitura.
9. Fixação do sensor UM-250 no pino de espera da placa e ligação do cabo extensor – realização da calibração do aparelho e leitura. Repete-se o procedimento com os sensores UM-360 e UM-400 e faz-se a anotação dos valores obtidos.
10. Espera-se o resfriamento da fonte para troca da lâmpada de teste.
11. Acondicionamento em caixa das lâmpadas e equipamentos testados, reposicionamento na ordem estabelecida nas estantes e indicação de medição já realizada.



Fig.54 – Medição de radiação UV de fonte de luz base do tipo rosca.  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

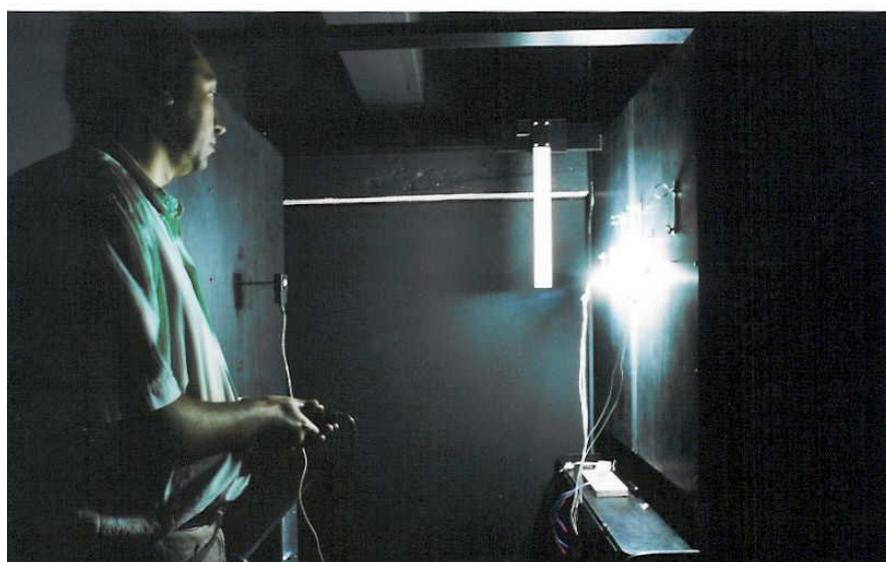


Fig. 55 – Medição de radiação UV – lâmpada de descarga.  
(notar o uso de extensor para ajuste da distância)  
Fonte: Acervo do autor. OLIVEIRA, Leonardo B.

## Observações finais

- ❖ Os aparelhos utilizados para medição de radiação UV utilizam como parâmetro de comparação determinadas fontes de luz de referência. Desta forma, variações podem ocorrer nos valores obtidos em medições realizadas por equipamentos de diferentes fabricantes, caso as lâmpadas de referência adotadas não forem as mesmas, ou seja, caso possuam distribuição espectral diferente.
- ❖ Em algumas lâmpadas cuja temperatura do invólucro atinge elevados valores e há risco de rompimento, como no caso das fontes do tipo halógenas, foram utilizados óculos de segurança durante a operação. Também foram utilizadas luvas para manuseio de equipamentos que atingem alta temperatura na carcaça. Ex.: reatores.
- ❖ No caso das lâmpadas com equipamentos ópticos incorporados, cabe atentar que o ponto focal – o qual foi direcionado para o centro do sensor – não é necessariamente o ponto de maior intensidade luminosa ou de radiação UV.

## CAPITULO 5

### Resultados

Neste ponto do trabalho serão mostrados, em forma de tabelas e gráficos, os resultados obtidos, bem como será realizada a discussão dos valores aferidos através do experimento.

#### 5.1 Apresentação dos resultados

As tabelas e gráficos apresentam os resultados obtidos na fase experimental da pesquisa. Até a tabela 9, os valores de medição são expressos em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , então é feita a conversão dessa unidade tabela por tabela, fazendo-se um espelho do obtido de forma que os resultados também estejam expressos em  $\mu\text{W}/\text{lm}$ . Essa conversão teve a função de disponibilizar também os dados nesta unidade, visto que os autores mais respeitados e conhecidos da área também a adotaram à época da elaboração de seus trabalhos. As tabelas foram divididas por tipo e subtipo (halógenas em 12V e fluorescentes compactas) de lâmpada para melhor organização dos dados. Assim, são apresentadas as seguintes tabelas – Lâmpadas Incandescentes, Lâmpadas Halógenas, Lâmpadas Halógenas 12V, Lâmpadas Fluorescentes, Lâmpadas Fluorescentes compactas, Lâmpadas Mistas, Lâmpadas de Vapor de Mercúrio, Lâmpadas de Vapor de Sódio e Lâmpadas de Multivapores Metálicos. Também foram fornecidas as tabelas 19 e 20 (em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) com os valores médios de radiação UV, obtidos para cada tipo de lâmpada e seus pontos de máximos e mínimos. Essas duas últimas tabelas visam a servir de referenciais rápidos para os pesquisadores e projetistas na escolha **do tipo** de lâmpada a ser utilizada em cada caso específico.

Na seqüência são construídos os gráficos relativos às tabelas apresentadas em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , unidade padrão do aparelho utilizado.

Foram construídos dois gráficos adicionais, o primeiro com os valores médios encontrados para cada tipo de lâmpada, onde se pode obter uma idéia geral dos níveis de emissão de radiação UV esperado para cada tipo de lâmpada. No

segundo, são mostrados os valores máximos e mínimos de cada tipo de lâmpada para cada sensor utilizado (UM250,UM360 e UM400) indicando-se, assim, a variação de valores encontrada.

As tabelas referentes às lâmpadas fluorescentes compactas foram elaboradas utilizando-se a cor azul para representar o modelo destas fontes de luz sem o reator incorporado e a cor vermelha simbolizando as fluorescentes no formato circular.

A transposição para a tabela em  $\mu\text{W}/\text{lm}$ , para as lâmpadas incandescentes só foi realizada a partir de valores de potência mais significativos.

TABELA 1

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
INCANDESCENTE GE 15W 127V BOLINHA AMARELA	116,2	0,08	15	59%	4,9	0	0,7	0
INCANDESCENTE GE 15W 127V BOLINHA AZUL	116,2	0,09	15	59%	0,8	0	0	0
INCANDESCENTE GE 15W 127V BOLINHA BULBO LEITOSO	116,5	0,08	15	59%	5,9	0	1	0,1
INCANDESCENTE GE 15W 127V BOLINHA VERDE	116,4	0,09	15	59%	1	0	0,8	0
INCANDESCENTE GE 15W 127V BOLINHA VERMELHA	116,6	0,08	15	59%	0,8	0	0	0
INCANDESCENTE GE 25W 127V BALÃO	115,9	0,15	16	61%	12,4	0,1	0,3	0,3
INCANDESCENTE GE 36W 127V ECONÔMICA	116	0,23	15	59%	10,4	0	0	0,3
INCANDESCENTE GE 40W 127V CRISTAL	115	0,27	15	59%	12,3	0	1,1	0,3

TABELA 1

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
INCANDESCENTE GE 40W 127V BALÃO	116,6	0,26	15	59%	30,3	0,2	0,8	0,8
INCANDESCENTE REFLETORA GE SPOT R63 40W 127V	116,9	0,26	15	65%	78,8	0,8	0,1	2,2
INCANDESCENTE GE ECONÔMICA 54W 127V	115,6	0,35	16	64%	45,3	0,3	0,1	1,3
INCANDESCENTE GE 60W 127V CRISTAL	115,5	0,42	15	59%	62,4	0,6	1,1	2,1
INCANDESCENTE GE 60W 127V VELA LISA	116,5	0,37	16	61%	28,7	0,2	0,1	0,8
INCANDESCENTE OSRAM 60W 220V BELLALUX	208	0,21	14	63%	45,5	0,5	0,1	1,2
INCANDESCENTE OSRAM 60W 220V CLASSIC	208	0,22	14	63%	57,3	0,5	0,1	1,7
INCANDESCENTE PHILIPS 60W 220V BALAO	208	0,21	14	63%	53,2	0,5	0,1	1,7

TABELA 1

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
INCANDESCENTE PHILIPS 60W 220V SOFTONE	208	0,22	14	63%	48,3	0,4	0	1,3
INCANDESCENTE REFLETORA GE SPOT R80 60W 127V	115,9	0,37	15	65%	251	2,5	0,8	7,4
INCANDESCENTE REFLETORA GE SPOT R63 60W 127V	116,1	0,41	15	65%	150,1	1,4	0,4	4,5
INCANDESCENTE GE 75W 127V CRISTAL	116,1	0,5	15	59%	70,3	0,6	0,9	2,2
INCANDESCENTE GE 90W 127V ECONÔMICA	115,8	0,6	15	59%	85,1	0,8	1,2	2,8
INCANDESCENTE GE CRISTAL 100W 127V	115,3	0,68	16	64%	77,1	0,9	0,3	2,9
INCANDESCENTE REFLETORA GE SPOT R80 100W 127V	114,1	0,61	15	65%	469	14,8	1,9	4,5
REFLETORA GE COV-R GUARD 120W/130V	115,4	0,76	15	65%	660	7,5	1,8	18,4

TABELA 1

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
INCANDESCENTE GE CRISTAL 150W 127V	114,7	1,07	16	64%	138,2	1,2	0,6	4,6
INCANDESCENTE GE CRISTAL 200W 127V	114,8	1,43	16	64%	189,3	1,7	0,8	6,5
INCANDESCENTE OSRAM 200W 220V CLASSIC	208	0,87	14	63%	214	1,7	1,1	7,8
INCANDESCENTE GE 300W 130V CRISTAL	114,9	2,2	15	59%	342	3,3	2,5	11,7

TABELA 2

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO TOP LINE 110/130V 50W	115,2	0,31	20	51%	110,7	0,7	0,1	2,8
HALÓGENA PAR GE 50W 130V FL25 BEAM	115,9	0,31	15	65%	1520	13,8	5,6	46
HALÓGENA PAR20 ECOLUMA 50W 127V	115,8	0,31	15	65%	333	3,6	0,8	8,3
HALÓGENA PAR 20 GE 50W 130V NFL25 BEAM	116,4	0,3	15	65%	326	2,3	0,5	6,1
HALÓGENA PAR 38 GE 60W 130V FLOOD	116,1	0,43	15	65%	866	3,8	1,7	20,4
HALÓGENA PAR16 ECOLUMA 75W 127V	115,7	0,53	15	65%	174,2	2,1	0,4	4,6
HALÓGENA PAR30/L GE 75W 130V	114,7	0,45	15	65%	2230	20,3	8,9	74,6
HALÓGENA PAR 30 ECOLUMA 127V 75W	116	0,48	15	65%	946	10,1	3,2	28,8
HALÓGENA GE SPOTLIGHT 10 BEAM 90W 130V	116,1	0,58	15	65%	10730	97,6	45,9	358
HALÓGENA PAR WATT-MISER 120W 130V	115,8	0,79	15	65%	1830	20,1	6,5	56,4

TABELA 2

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
HALÓGENA PALITO ECOLUMÉ 150W 127V	115,6	1	15	65%	147,6	1,5	0,6	4,3
HALÓGENA PALITO GE 150W 120V	115,2	1,15	15	65%	187,5	1,9	0,7	6
HALÓGENA PALITO LIGHTEX 300W 127V	115,2	1,93	15	65%	323	3,3	1,1	9,4
HALÓGENA PALITO PHILIPS 300W 230V	202	1,12	15	65%	370	4,1	1,5	12,4
HALÓGENA PALITO OSRAM 300W 230V	206	1,11	15	65%	400	3,8	1,9	13,4
HALÓGENA PALITO SEM MARCA-PRC 300W 220-240V	206	1,3	15	65%	330	3,6	1,3	10,4
HALÓGENA PALITO GE 500W 120V	112,7	3,99	15	65%	1095	9,2	6,9	40,6
HALÓGENA TUBULAR DUPLO ENVELOPE GE HALO-T 230V 500W	222	1,86	15	65%	870	7,3	4,7	32,4
HALÓGENA TUBULAR DUPLO ENVELOPE GE HALO-T 230V 1000W	221	3,74	15	65%	1760	14,5	9,5	68

TABELA 3

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Equipamento Auxiliar
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO GE PRECISE 12V Q20MR16C/FL40 20W S/VIDRO DE PROTECAO	115,9	0,2	20	51%	4976	3	0,7	17,5	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO GE FMW/CG 12V 35W	115,9	0,27	20	51%	815	4,6	1,4	29,5	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO ECOLUME 12V 35W	115,6	0,3	20	51%	790	2,7	3	24,2	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO GE PRECISE 12V EXZ/CG 50W	115,3	0,33	20	51%	1287	7,9	2,2	45,1	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO GE MR16 12V Q50MR16/FL/CG 50W	115,8	0,36	20	51%	692	3,2	1,1	15	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W

TABELA 4

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	EQUIPAMENTO AUXILIAR
FLUORESCENTE GE STARCOAT 14W	209	0,11	14	61%	103,6	0,1	1,1	8,5	Reator OSRAM Quicktronic Multiwatt QT-FH 1x14-35/230-240V
FLUORESCENTE GE F15W54 DAYLIGTH 15W	115,7	0,15	14	61%	101,3	0,1	1,5	12,1	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE VALUE F15W CE	115,7	0,16	14	61%	89,4	0,1	1,8	12,3	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE OSRAM FO16/640 16W	117	0,14	16	62%	116,7	0,1	1,4	11,1	Reator Philips ecotronic ES16B16 1x16W
FLUORESCENTE PHILIPS MASTER TL-D/830 16W SUPER 83	116,6	0,15	15	62%	128,3	0,1	1	8	Reator Philips ecotronic ES16B16 1x16W
FLUORESCENTE PHILIPS FLUOTONE TLD-RS 16W SUPER 85	117	0,16	15	62%	132,9	0,1	0,8	12,1	Reator Philips ecotronic ES16B16 1x16W
FLUORESCENTE PHILIPS FLUOTONE TLD-RS 16W SUPER 84	116,4	0,15	15	62%	130,7	0,1	0,7	9,8	Reator Philips ecotronic ES16B16 1x16W
FLUORESCENTE STARCOAT GE 17W	116,6	0,19	16	62%	146,3	0,2	1	11,2	Reator Philips ecotronic ES20B16 1x20W ou 1x20
FLUORESCENTE STARCOAT GE 17W F17T8 SPX 30	115,8	0,19	14	61%	143,1	0,1	1,7	7,1	Reator Philips ecotronic ES20B16 1x20W ou 1x21

TABELA 4

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	EQUIPAMENTO AUXILIAR
FLUORESCENTE GE DURAMAX 20W SUPER LUZ DO DIA	115,6	0,22	16	61%	115,6	0,1	2,1	11,4	Reator Philips ecotronic ES20B16 1x20W ou 1x18
FLUORESCENTE OSRAM LUZ DO DIA ESPECIAL 20W	116,9	0,19	16	62%	120,6	0,1	0,6	13	Reator Philips ecotronic ES20B16 1x20W ou 1x19
FLUORESCENTE STARCOAT F28GE	208	0,11	14	61%	230	0,3	1,7	16,9	Reator OSRAM Quicktronic Multiwatt QT-FH 1x14-35/230-240V
FLUORESCENTE OSRAM FH 28W COOL WHITE	209	0,13	14	61%	220	0,3	2,6	17,9	Reator OSRAM Quicktronic Multiwatt QT-FH 1x14-35/230-240V
FLUORESCENTE GE F30 T8-D DAYLIGHT 30W	115,8	0,31	14	61%	180,1	0,2	2,4	21,4	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE GE F32T8/BF 32W	116,3	0,37	15	61%	216	0,3	2,6	19,8	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE GE STARCOAT F32T8-SPX30 32W 3000K	116,3	0,38	15	61%	228	0,3	2,6	12,5	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE GE STARCOAT F32T8-SPX41 32W 4100K	116,7	0,39	15	61%	245	0,2	2,3	18	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE OSRAM LUMILUX FO32W/840	116,8	0,37	15	61%	214	0,2	3,1	19	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W

TABELA 4

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	EQUIPAMENTO AUXILIAR
FLUORESCENTE PHILIPS MASTER TLD RS 32W/830 SUPER 83	116	0,35	15	61%	238	0,3	1,7	13,8	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE PHILIPS MASTER TLD RS 32W/840 SUPER 84	115,6	0,34	15	61%	247	0,3	1,9	20,1	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE PHILIPS TLD 32W/64 RS BRANCA COMFORT	116,8	0,36	15	61%	204	0,3	2,4	18,4	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE PHILIPS MASTER TLD RS 32W/850 SUPER 85	117,6	0,36	15	61%	256	0,4	1,3	25,1	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE OSRAM LUMILUX L36W/840	116,1	0,29	15	61%	197,5	0,3	2,8	15,9	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE GE DURAMAX 40W SUPER LUZ DO DIA	115,3	0,32	15	61%	179,4	0,2	2	18,2	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE LUZ DO DIA ESPECIAL OSRAM 40W	116,3	0,34	15	62%	189,3	0,2	2,4	19,9	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W

TABELA 4

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	EQUIPAMENTO AUXILIAR
FLUORESCENTE PHILIPS SUPER 84 TLT RS40PRO 40W	115,9	0,35	15	61%	210	0,3	1,6	17	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE PHILIPS SUPER 85 TLT 40W/RS	116,1	0,36	15	61%	216	0,3	1,2	20,2	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE PILA 40W	116,8	0,32	15	62%	190,6	0,3	2,3	22,6	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE SYLVANIA ALVORADA PLUS 40W	115,8	0,35	15	61%	205	0,2	2,2	16	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE SYLVANIA LUZ DO DIA PLUS 40W	115,7	0,33	15	61%	201	0,3	2,4	21,7	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W

TABELA 5

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
<b>ECOLUME 7W 6400K</b>	<b>116,6</b>	<b>0,13</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>48,8</b>	<b>0</b>	<b>0,4</b>	<b>6,2</b>
FLC 7W 127V BULBO OPACO	116,5	0,04	16	60%	31,5	0	1,2	2,1
ECOLUME 7W 127V 6400K VELA LISA	117,4	0,04	17	59%	24,3	0	1,2	2,8
FLC 9W 127V	116,1	0,05	19	54%	35,1	0	0,4	1,7
ECOLUME 9W 127V 6400K	116,5	0,05	15	60%	36,4	0	0,2	3,9
<b>ECOLUME 9W 6400K</b>	<b>115,5</b>	<b>0,9</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>48,6</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>6,5</b>
LIGHTEX 9W 127V 2700K	115,5	0,04	19	53%	26,1	0	0,2	1,1
LIGHTEX 9W 127V 6400K	116,8	0,04	16	58%	27,1	0	0,1	2,7
NKS 9W 127V 6400K	115,9	0,06	15	60%	38,8	0	0,1	4,4
FLC 11W 127V	116	0,06	19	54%	58,8	0	0,8	3,2
FLC 11W 127V (HELICOIDAL)	117,5	0,06	19	54%	43,7	0	0,5	2
FLC 11W 127V (HELICOIDAL)	115,5	0,07	19	54%	44,3	0	0,2	5
LIGHTEX 11W 127V 6400K BULBO	116,3	0,05	16	58%	36,7	0	0,1	4,1

TABELA 5

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
FLC 13W 127V BULBO OPACO	116,4	0,05	16	60%	31,6	0	1,3	2,2
<b>GE BIAX S 13W SPX41</b>	<b>117,4</b>	<b>0,2</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>102,8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8,4</b>
<b>GE BIAX D 13W</b>	<b>116</b>	<b>0,19</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>63,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5,2</b>
LIGHTEX 13W 127V 6400K	116,3	0,09	16	58%	70,2	0	0,6	8,2
LIGHTEX 13W 127V LTSM (HELICOIDAL)	115,5	0,08	19	53%	57,5	0	0,7	3,1
LIGHTEX 13W 127V LTSM (HELICOIDAL)	116,7	0,08	16	58%	59,3	0	0,4	6,2
LIGHTEX 15W 127V 2700K	117	0,09	16	58%	63,2	0	0,9	3,1
GE 15W 127V 4000K	116,3	0,1	15	60%	65,7	0	0,7	5
ECOLUME 15W 127V 6400K	116,3	0,11	15	60%	80,2	0	0,3	8,3
NKS 15W 127V PHILIPS	116,2	0,1	15	60%	73,4	0	1	3,9
ESSENTIAL 15W 220V PHILIPS	209	0,06	15	62%	56,8	0	0,7	3,1
ESSENTIAL 15W 220V BRANCA	208	0,05	15	62%	59	0	0,3	6,3

TABELA 5

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
OSRAM ENERGY SAVER 16W 220V	208	0,07	15	62%	90,2	0	0,6	7,6
EXTRA LUZ 20W 127V 6400K	116,3	0,13	15	60%	79,6	0,1	0,3	8,7
FLC 20W 127V	115	0,12	19	54%	74,8	0,1	1,4	4,4
FLC 20W 220V	208	0,07	15	62%	82,2	0	0,5	9,8
GE 20W 127V 2700K	116,8	0,14	15	60%	84,6	0,1	1,6	6
GE 20W 127V 4000K	116,7	0,13	15	60%	98,9	0,1	1,1	7,2
LIGHTEX 20W 127V 2700K	116,5	0,14	16	58%	74,8	0	1,2	4,1
MAXILIGHT 20W 220V BULBO LEITOSO	208	0,07	15	62%	76,3	0	1,3	8
PHILIPS ENERGY SAVER 20W 220V	208	0,08	15	62%	100,4	0,1	1,4	5,1
PHILIPS ESSENTIAL 20W 220V-BRANCA	208	0,08	15	62%	97,2	0,1	0,7	10,9
<b>FLUORESCENTE CIRCULAR ECOLUMÉ 22W 127V</b>	<b>116,3</b>	<b>0,13</b>	<b>15</b>	<b>65%</b>	<b>93,3</b>	<b>0,1</b>	<b>1</b>	<b>10,5</b>

TABELA 5

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
ECOLUMÉ 22W 127V BULBO LEITOSO	115,9	0,16	15	60%	73,2	0	0,7	3,9
ECOLUMÉ 24W 127V	115,3	0,15	19	54%	124,5	0,1	1,3	12,2
NKS 24W 127V	116,3	0,15	15	60%	124,8	0	0,7	14,1
NKS 25W 127V BULBO LEITOSO	116,6	0,16	16	58%	86,1	0,1	0,1	8,6
FLC 25W 127V	115,7	0,17	19	54%	141,4	0,12	1,7	6,1
<b>GE BIAx D 26W</b>	<b>116,1</b>	<b>0,5</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>139,6</b>	<b>0</b>	<b>1,1</b>	<b>11,2</b>
<b>GE BIAx D 26W</b>	<b>116,4</b>	<b>0,48</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>121,7</b>	<b>0,1</b>	<b>1,7</b>	<b>7,8</b>
GENÉRICA/ECOLU ME 26W 127V	115,7	0,15	19	54%	108,6	0,1	0,6	12,5
<b>OSRAM DULUX D 26W</b>	<b>115,8</b>	<b>0,5</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>140,2</b>	<b>0,1</b>	<b>1</b>	<b>11,7</b>
LIGHTEX 27W 127V 6400K	116,2	0,17	16	58%	104,8	0,1	0,4	12
TOP LINE 30 W 127V	116,7	0,13	19	53%	109,5	0,1	0,6	12,2
<b>FLUORESCENTE CIRCULAR EXTRA LUZ 32W 127V</b>	<b>116,2</b>	<b>0,21</b>	<b>15</b>	<b>65%</b>	<b>113,7</b>	<b>0,1</b>	<b>1,6</b>	<b>14,6</b>
FLC 34W 127V	115,8	0,2	19	54%	151,6	0,2	1	15,3
TOP LINE 48 W 220V	208	0,29	15	62%	312	0,5	1,7	37,1

TABELA 6

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
MISTA FLC 160W	205	0,79	14	63%	144	1	11,1	13
MISTA GE 160W	208	0,71	14	63%	203	1,1	21	22,7
MISTA OSRAM 160W	206	0,69	14	63%	213	1	26,5	25,5
MISTA PHILIPS 160W	206	0,64	14	63%	207	0,9	26,1	27,5
MISTA GE 250W	206	0,99	14	63%	329	1,4	36,6	45,2
MISTA LIGHTEX 250W	205	0,98	14	63%	395	1,6	50	57,9
MISTA PHILIPS 250W	206	0,91	14	63%	318	1,3	38	41,6

TABELA 7

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Equipamentos Auxiliares
VAPOR DE MERCÚRIO ALTA PRESSÃO 80W HUA NING	208	0,6	14	61%	116	0,2	16,2	19	REATOR PHILIPS VME80A26P
VAPOR DE MERCÚRIO GE 80W	207	0,33	14	59%	257	0,5	40,5	41,2	REATOR PHILIPS VME80A26P
VAPOR DE MERCÚRIO OSRAM 125W	206	0,59	14	59%	495	1,2	76,3	79,2	REATOR PHILIPS VME125A26-P
VAPOR DE MERCÚRIO PHILIPS HPL-N 125W	208	0,57	14	59%	466	1	66,1	74,7	REATOR PHILIPS VME125A26-P
VAPOR MERCÚRIO GE 125W	207	0,57	14	59%	470	1,1	72,7	74	REATOR PHILIPS VME125A26-P
VAPOR DE MERCÚRIO ALTA PRESSÃO 250W HUA NING	206	1,3	14	59%	843	2	125	145,8	REATOR PHILIPS VME250A26P
VAPOR DE MERCÚRIO PHILIPS HPL-N 250W	206	1,1	14	59%	670	1,3	41,7	84,4	REATOR PHILIPS VME250A26P
VAPOR MERCÚRIO GE 250W	208	1,19	14	59%	925	2	106,8	133,7	REATOR PHILIPS VME250A26P

TABELA 8

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminação (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	EQUIPAMENTOS AUXILIARES
VAPOR DE SÓDIO 70W OSRAM VIALOX	208	0,31	14	59%	508	0,8	0,9	6,1	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 70W VSI70A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN70-P; CAPACITOR INBRASCAP
VAPOR DE SÓDIO 70W GE LUCALOX	210	0,35	14	59%	511	0,8	0,7	6	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 70W VSI70A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN70-P; CAPACITOR INBRASCAP
VAPOR DE SÓDIO 250W PHILIPS SON PRO	222	1,22	15	64%	2380	4,6	4,4	37,7	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 250W VSI250A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN50-P; CAPACITOR INBRASCAP
VAPOR DE SÓDIO 250W OSRAM VIALOX	222	1,22	15	64%	2620	5,5	5,5	40,4	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 250W VSI250A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN50-P; CAPACITOR INBRASCAP
VAPOR DE SÓDIO GE 250W LUCALOX	223	1,22	15	64%	2650	5,4	4,7	39,3	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 250W VSI250A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN50-P; CAPACITOR INBRASCAP

TABELA 9

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Equipamentos Auxiliares
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO DE 70W/NDL OSRAM POWERSTAR HQI-TS	225	0,43	18	55%	729	1,8	17	70,4	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO DE 70W GE MQI	225	0,42	18	55%	712	1,7	18	65,6	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO 70W PHILIPS CDM-TD 830 UV-BLOCK	207	0,34	18	55%	492	1,2	9,5	40,5	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO GE 70W CONSTANTCOLOR CMH	208	0,34	18	55%	613	1,5	18,7	79,8	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO 70W PHILIPS CDM-TD 942 UV-BLOCK	208	0,36	18	55%	501	1,3	19,5	69,4	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DE 70W/NDL OSRAM POWERSTAR HQI-E BASE E-27	208	0,36	18	55%	429	1	34,6	73,8	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP

TABELA 9

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-360 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	UM-400 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Equipamentos Auxiliares
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO PHILIPS 150W CDM-TD/942	223	1,8	20	54%	1210	3,3	24	119	REATOR INTRAL CÓDIGO 01236 MI150/62 VP4000
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO PHILIPS 150W CDM-TD/830	209	1,8	20	54%	1055	2,6	21,4	81,8	REATOR INTRAL CÓDIGO 01236 MI150/62 VP4000
VAPOR METÁLICO GE MQI 150W	206	1,48	20	54%	1170	2,7	26	103,5	REATOR INTRAL CÓDIGO 01236 MI150/62 VP4000
VAPOR METÁLICO CONSTANTCOLOR CMH 150W	206	1,64	20	54%	1201	3,1	32,8	146,5	REATOR INTRAL CÓDIGO 01236 MI150/62 VP4000
VAPOR METÁLICO OSRAM E40 HQI-T 250W	205	2,41	20	54%	1515	4,1	37,3	183,8	REATOR INTRAL CÓDIGO 01237 MI250/62 VP4500
VAPOR METÁLICO PHILIPS 250W HPI PLUS E40	205	2,07	20	54%	1530	3,6	41	179	REATOR INTRAL CÓDIGO 01237 MI250/62 VP4500
VAPOR METÁLICO GE 250W E40 BULBO 0VÓIDE	222	2,33	20	51%	2930	7,4	154,6	385	REATOR INTRAL CÓDIGO 01237 MI250/62 VP4500
VAPOR METÁLICO GE 250W E40 BULBO TUBULAR	205	2,28	20	51%	1744	5,7	74,2	333	REATOR INTRAL CÓDIGO 01237 MI250/62 VP4500

TABELA 10

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 (μW/lm)	UM-360 (μW/lm)	UM-400 (μW/lm)
INCANDESCENTE REFLETORA GE SPOT R63 40W 127V	116,9	0,26	15	65%	78,8	101,5	12,7	279,2
INCANDESCENTE GE ECONÔMICA 54W 127V	115,6	0,35	16	64%	45,3	66,2	22,1	287,0
INCANDESCENTE GE 60W 127V CRISTAL	115,5	0,42	15	59%	62,4	96,2	176,3	336,5
INCANDESCENTE GE 60W 127V VELA LISA	116,5	0,37	16	61%	28,7	69,7	34,8	278,7
INCANDESCENTE OSRAM 60W 220V BELLALUX	208	0,21	14	63%	45,5	109,9	22,0	263,7
INCANDESCENTE OSRAM 60W 220V CLASSIC	208	0,22	14	63%	57,3	87,3	17,5	296,7
INCANDESCENTE PHILIPS 60W 220V BALAO	208	0,21	14	63%	53,2	94,0	18,8	319,5

TABELA 10

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)
INCANDESCENTE PHILIPS 60W 220V SOFTONE	208	0,22	14	63%	48,3	82,8	0,0	269,2
INCANDESCENTE REFLETORA GE SPOT R80 60W 127V	115,9	0,37	15	65%	251	99,6	31,9	294,8
INCANDESCENTE REFLETORA GE SPOT R63 60W 127V	116,1	0,41	15	65%	150,1	93,3	26,6	299,8
INCANDESCENTE GE 75W 127V CRISTAL	116,1	0,5	15	59%	70,3	85,3	128,0	312,9
INCANDESCENTE GE 90W 127V ECONÔMICA	115,8	0,6	15	59%	85,1	94,0	141,0	329,0
INCANDESCENTE GE CRISTAL 100W 127V	115,3	0,68	16	64%	77,1	116,7	38,9	376,1
INCANDESCENTE REFLETORA GE SPOT R80 100W 127V	114,1	0,61	15	65%	469	315,6	40,5	95,9
REFLETORA GE COV-R GUARD 120W/130V	115,4	0,76	15	65%	660	113,6	27,3	278,8

TABELA 10

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)
INCANDESCENTE GE CRISTAL 150W 127V	114,7	1,07	16	64%	138,2	86,8	43,4	332,9
INCANDESCENTE GE CRISTAL 200W 127V	114,8	1,43	16	64%	189,3	89,8	42,3	343,4
INCANDESCENTE OSRAM 200W 220V CLASSIC	208	0,87	14	63%	214	79,4	51,4	364,5
INCANDESCENTE GE 300W 130V CRISTAL	114,9	2,2	15	59%	342	96,5	73,1	342,1

TABELA 11

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 (μW/lm)	UM-360 (μW/lm)	UM-400 (μW/lm)
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO TOP LINE 110/130V 50W	115,2	0,31	20	51%	110,7	63,2	9,0	252,9
HALÓGENA PAR GE 50W 130V FL25 BEAM	115,9	0,31	15	65%	1520	90,8	36,8	302,6
HALÓGENA PAR20 ECOLUME 50W 127V	115,8	0,31	15	65%	333	108,1	24,0	249,2
HALÓGENA PAR 20 GE 50W 130V NFL25 BEAM	116,4	0,3	15	65%	326	70,6	15,3	187,1
HALÓGENA PAR 38 GE 60W 130V FLOOD	116,1	0,43	15	65%	866	43,9	19,6	235,6
HALÓGENA PAR16 ECOLUME 75W 127V	115,7	0,53	15	65%	174,2	120,6	23,0	264,1
HALÓGENA PAR30/L GE 75W 130V	114,7	0,45	15	65%	2230	91,0	39,9	334,5
HALÓGENA PAR 30 ECOLUME 127V 75W	116	0,48	15	65%	946	106,8	33,8	304,4
HALÓGENA GE SPOTLIGHT 10 BEAM 90W 130V	116,1	0,58	15	65%	10730	91,0	42,8	333,6
HALÓGENA PAR WATT-MISER 120W 130V	115,8	0,79	15	65%	1830	109,8	35,5	308,2

TABELA 11

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)
HALÓGENA PALITO ECOLUMÉ 150W 127V	115,6	1	15	65%	147,6	101,6	40,7	291,3
HALÓGENA PALITO GE 150W 120V	115,2	1,15	15	65%	187,5	101,3	37,3	320,0
HALÓGENA PALITO LIGHTEX 300W 127V	115,2	1,93	15	65%	323	102,2	34,1	291,0
HALÓGENA PALITO PHILIPS 300W 230V	202	1,12	15	65%	370	110,8	40,5	335,1
HALÓGENA PALITO OSRAM 300W 230V	206	1,11	15	65%	400	95,0	47,5	335,0
HALÓGENA PALITO SEM MARCA-PRC 300W 220-240V	206	1,3	15	65%	330	109,1	39,4	315,2
HALÓGENA PALITO GE 500W 120V	112,7	3,99	15	65%	1095	84,0	63,0	370,8
HALÓGENA TUBULAR DUPLO ENVELOPE GE HALO-T 230V 500W	222	1,86	15	65%	870	83,9	54,0	372,4
HALÓGENA TUBULAR DUPLO ENVELOPE GE HALO-T 230V 1000W	221	3,74	15	65%	1760	82,4	54,0	386,4

TABELA 12

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)	Equipamento Auxiliar
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO GE PRECISE 12V Q20MR16C/FL40 20W S/VIDRO DE PROTECAO	115,9	0,2	20	51%	4976	6,0	1,4	35,2	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO GE FMW/CG 12V 35W	115,9	0,27	20	51%	815	56,4	17,2	362,0	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO ECOLUMA 12V 35W	115,6	0,3	20	51%	790	34,2	38,0	306,3	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO GE PRECISE 12V EXZ/CG 50W	115,3	0,33	20	51%	1287	61,4	17,1	350,4	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W
HALÓGENA COM REFLETOR INCORPORADO GE MR16 12V Q50MR16/FL/CG 50W	115,8	0,36	20	51%	692	46,2	15,9	216,8	TRANSFORMADOR ABAIXADOR PARA 12V TRANCIL 50W

TABELA 13

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 (μW/lm)	UM-360 (μW/lm)	UM-400 (μW/lm)	EQUIPAMENTO AUXILIAR
FLUORESCENTE GE STARCOAT 14W	209	0,11	14	61%	103,6	9,7	106,2	820,5	Reator OSRAM Quicktronic Multiwatt QT-FH 1x14-35/230-240V
FLUORESCENTE GE F15W54 DAYLIGHT 15W	115,7	0,15	14	61%	101,3	9,9	148,1	1194,5	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE VALUE F15W CE	115,7	0,16	14	61%	89,4	11,2	201,3	1375,8	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE OSRAM FO16/640 16W	117	0,14	16	62%	116,7	8,6	120,0	951,2	Reator Philips ecotronic ES16B16 1x16W
FLUORESCENTE PHILIPS MASTER TL-D/830 16W SUPER 83	116,6	0,15	15	62%	128,3	7,8	77,9	623,5	Reator Philips ecotronic ES16B16 1x16W
FLUORESCENTE PHILIPS FLUOTONE TLD-RS 16W SUPER 85	117	0,16	15	62%	132,9	7,5	60,2	910,5	Reator Philips ecotronic ES16B16 1x16W
FLUORESCENTE PHILIPS FLUOTONE TLD-RS 16W SUPER 84	116,4	0,15	15	62%	130,7	7,7	53,6	749,8	Reator Philips ecotronic ES16B16 1x16W
FLUORESCENTE STARCOAT GE 17W	116,6	0,19	16	62%	146,3	13,7	68,4	765,6	Reator Philips ecotronic ES20B16 1x20W ou 1x 20
FLUORESCENTE STARCOAT GE 17W F17T8 SPX 30	115,8	0,19	14	61%	143,1	7,0	118,8	496,2	Reator Philips ecotronic ES20B16 1x20W ou 1x 21

TABELA 13

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 (μW/lm)	UM-360 (μW/lm)	UM-400 (μW/lm)	EQUIPAMENTO AUXILIAR
FLUORESCENTE GE DURAMAX 20W SUPER LUZ DO DIA	115,6	0,22	16	61%	115,6	8,7	181,7	986,2	Reator Philips ecotronic ES20B16 1x20W ou 1x18
FLUORESCENTE OSRAM LUZ DO DIA ESPECIAL 20W	116,9	0,19	16	62%	120,6	8,3	49,8	1077,9	Reator Philips ecotronic ES20B16 1x20W ou 1x19
FLUORESCENTE STARCOAT F28GE	208	0,11	14	61%	230	13,0	73,9	734,8	Reator OSRAM Quicktronic Multiwatt QT-FH 1x14-35/230-240V
FLUORESCENTE OSRAM FH 28W COOL WHITE	209	0,13	14	61%	220	13,6	118,2	813,6	Reator OSRAM Quicktronic Multiwatt QT-FH 1x14-35/230-240V
FLUORESCENTE GE F30 T8-D DAYLIGHT 30W	115,8	0,31	14	61%	180,1	11,1	133,3	1188,2	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE GE F32T8/BF 32W	116,3	0,37	15	61%	216	13,9	120,4	916,7	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE GE STARCOAT F32T8-SPX30 32W 3000K	116,3	0,38	15	61%	228	13,2	114,0	548,2	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE GE STARCOAT F32T8-SPX41 32W 4100K	116,7	0,39	15	61%	245	8,2	93,9	734,7	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE OSRAM LUMILUX FO32W/840	116,8	0,37	15	61%	214	9,3	144,9	887,9	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W

TABELA 13

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 (μW/lm)	UM-360 (μW/lm)	UM-400 (μW/lm)	EQUIPAMENTO AUXILIAR
FLUORESCENTE PHILIPS MASTER TLD RS 32W/830 SUPER 83	116	0,35	15	61%	238	12,6	71,4	579,8	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE PHILIPS MASTER TLD RS 32W/840 SUPER 84	115,6	0,34	15	61%	247	12,1	76,9	813,8	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE PHILIPS TLD 32W/64 RS BRANCA COMFORT	116,8	0,36	15	61%	204	14,7	117,6	902,0	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE PHILIPS MASTER TLD RS 32W/850 SUPER 85	117,6	0,36	15	61%	256	15,6	50,8	980,5	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x32W
FLUORESCENTE OSRAM LUMILUX L36W/840	116,1	0,29	15	61%	197,5	15,2	141,8	805,1	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE GE DURAMAX 40W SUPER LUZ DO DIA	115,3	0,32	15	61%	179,4	11,1	111,5	1014,5	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE LUZ DO DIA ESPECIAL OSRAM 40W	116,3	0,34	15	62%	189,3	10,6	126,8	1051,2	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W

TABELA 13

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)	EQUIPAMENTO AUXILIAR
FLUORESCENTE PHILIPS SUPER 84 TLT RS40PRO 40W	115,9	0,35	15	61%	210	14,3	76,2	809,5	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE PHILIPS SUPER 85 TLT 40W/RS	116,1	0,36	15	61%	216	13,9	55,6	935,2	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE PILA 40W	116,8	0,32	15	62%	190,6	15,7	120,7	1185,7	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE SYLVANIA ALVORADA PLUS 40W	115,8	0,35	15	61%	205	9,8	107,3	780,5	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W
FLUORESCENTE SYLVANIA LUZ DO DIA PLUS 40W	115,7	0,33	15	61%	201	14,9	119,4	1079,6	Reator Philips ecotronic ES40B16 1x40W OU 1X36W

TABELA 14

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)
<b>ECOLUME 7W 6400K</b>	<b>116,6</b>	<b>0,13</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>48,8</b>	<b>0,0</b>	<b>82,0</b>	<b>1270,5</b>
FLC 7W 127V BULBO OPACO	116,5	0,04	16	60%	31,5	0,0	381,0	666,7
ECOLUME 7W 127V 6400K VELA LISA	117,4	0,04	17	59%	24,3	0,0	493,8	1152,3
FLC 9W 127V	116,1	0,05	19	54%	35,1	0,0	114,0	484,3
ECOLUME 9W 127V 6400K	116,5	0,05	15	60%	36,4	0,0	54,9	1071,4
<b>ECOLUME 9W 6400K</b>	<b>115,5</b>	<b>0,9</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>48,6</b>	<b>0,0</b>	<b>41,2</b>	<b>1337,4</b>
LIGHTEX 9W 127V 2700K	115,5	0,04	19	53%	26,1	0,0	76,6	421,5
LIGHTEX 9W 127V 6400K	116,8	0,04	16	58%	27,1	0,0	36,9	996,3
NKS 9W 127V 6400K	115,9	0,06	15	60%	38,8	0,0	25,8	1134,0
FLC 11W 127V	116	0,06	19	54%	58,8	0,0	136,1	544,2
FLC 11W 127V (HELICOIDAL)	117,5	0,06	19	54%	43,7	0,0	114,4	457,7
FLC 11W 127V (HELICOIDAL)	115,5	0,07	19	54%	44,3	0,0	45,1	1128,7
LIGHTEX 11W 127V 6400K BULBO	116,3	0,05	16	58%	36,7	0,0	27,2	1117,2

TABELA 14

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)
FLC 13W 127V BULBO OPACO	116,4	0,05	16	60%	31,6	0,0	411,4	696,2
<b>GE BIAX S 13W SPX41</b>	<b>117,4</b>	<b>0,2</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>102,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>817,1</b>
<b>GE BIAX D 13W</b>	<b>116</b>	<b>0,19</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>63,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>818,9</b>
LIGHTEX 13W 127V 6400K	116,3	0,09	16	58%	70,2	0,0	85,5	1168,1
LIGHTEX 13W 127V LTSM (HELICOIDAL)	115,5	0,08	19	53%	57,5	0,0	121,7	539,1
LIGHTEX 13W 127V LTSM (HELICOIDAL)	116,7	0,08	16	58%	59,3	0,0	67,5	1045,5
LIGHTEX 15W 127V 2700K	117	0,09	16	58%	63,2	0,0	142,4	490,5
GE 15W 127V 4000K	116,3	0,1	15	60%	65,7	0,0	106,5	761,0
ECOLUME 15W 127V 6400K	116,3	0,11	15	60%	80,2	0,0	37,4	1034,9
NKS 15W 127V PHILIPS	116,2	0,1	15	60%	73,4	0,0	136,2	531,3
ESSENTIAL 15W 220V PHILIPS	209	0,06	15	62%	56,8	0,0	123,2	545,8
ESSENTIAL 15W 220V BRANCA	208	0,05	15	62%	59	0,0	50,8	1067,8

TABELA 14

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)
OSRAM ENERGY SAVER 16W 220V	208	0,07	15	62%	90,2	0,0	66,5	842,6
EXTRA LUZ 20W 127V 6400K	116,3	0,13	15	60%	79,6	12,6	37,7	1093,0
FLC 20W 127V	115	0,12	19	54%	74,8	13,4	187,2	588,2
FLC 20W 220V	208	0,07	15	62%	82,2	0,0	60,8	1192,2
GE 20W 127V 2700K	116,8	0,14	15	60%	84,6	11,8	189,1	709,2
GE 20W 127V 4000K	116,7	0,13	15	60%	98,9	10,1	111,2	728,0
LIGHTEX 20W 127V 2700K	116,5	0,14	16	58%	74,8	0,0	160,4	548,1
MAXILIGHT 20W 220V BULBO LEITOSO	208	0,07	15	62%	76,3	0,0	170,4	1048,5
PHILIPS ENERGY SAVER 20W 220V	208	0,08	15	62%	100,4	10,0	139,4	508,0
PHILIPS ESSENTIAL 20W 220V-BRANCA	208	0,08	15	62%	97,2	10,3	72,0	1121,4
<b>FLUORESCENTE CIRCULAR ECOLUMÉ 22W 127V</b>	<b>116,3</b>	<b>0,13</b>	<b>15</b>	<b>65%</b>	<b>93,3</b>	<b>10,7</b>	<b>107,2</b>	<b>1125,4</b>

TABELA 14

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 (μW/lm)	UM-360 (μW/lm)	UM-400 (μW/lm)
ECOLUME 22W 127V BULBO LEITOSO	115,9	0,16	15	60%	73,2	0,0	95,6	532,8
ECOLUME 24W 127V	115,3	0,15	19	54%	124,5	8,0	104,4	979,9
NKS 24W 127V	116,3	0,15	15	60%	124,8	0,0	56,1	1129,8
NKS 25W 127V BULBO LEITOSO	116,6	0,16	16	58%	86,1	11,6	11,6	998,8
FLC 25W 127V	115,7	0,17	19	54%	141,4	8,5	120,2	431,4
<b>GE BIAX D 26W</b>	<b>116,1</b>	<b>0,5</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>139,6</b>	<b>0,0</b>	<b>78,8</b>	<b>802,3</b>
<b>GE BIAX D 26W</b>	<b>116,4</b>	<b>0,48</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>121,7</b>	<b>8,2</b>	<b>139,7</b>	<b>640,9</b>
GENÉRICA/ECOLU ME 26W 127V	115,7	0,15	19	54%	108,6	9,2	55,2	1151,0
<b>OSRAM DULUX D 26W</b>	<b>115,8</b>	<b>0,5</b>	<b>15</b>	<b>60%</b>	<b>140,2</b>	<b>7,1</b>	<b>71,3</b>	<b>834,5</b>
LIGHTEX 27W 127V 6400K	116,2	0,17	16	58%	104,8	9,5	38,2	1145,0
TOP LINE 30 W 127V	116,7	0,13	19	53%	109,5	9,1	54,8	1114,2
<b>FLUORESCENTE CIRCULAR EXTRA LUZ 32W 127V</b>	<b>116,2</b>	<b>0,21</b>	<b>15</b>	<b>65%</b>	<b>113,7</b>	<b>8,8</b>	<b>140,7</b>	<b>1284,1</b>
FLC 34W 127V	115,8	0,2	19	54%	151,6	13,2	66,0	1009,2
TOP LINE 48 W 220V	208	0,29	15	62%	312	16,0	54,5	1189,1

TABELA 15

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)
MISTA FLC 160W	205	0,79	14	63%	144	69,4	770,8	902,8
MISTA GE 160W	208	0,71	14	63%	203	54,2	1034,5	1118,2
MISTA OSRAM 160W	206	0,69	14	63%	213	46,9	1244,1	1197,2
MISTA PHILIPS 160W	206	0,64	14	63%	207	43,5	1260,9	1328,5
MISTA GE 250W	206	0,99	14	63%	329	42,6	1112,5	1373,9
MISTA LIGHTEX 250W	205	0,98	14	63%	395	40,5	1265,8	1465,8
MISTA PHILIPS 250W	206	0,91	14	63%	318	40,9	1195,0	1308,2

TABELA 16

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 (μW/lm)	UM-360 (μW/lm)	UM-400 (μW/lm)	Equipamentos Auxiliares
VAPOR DE MERCÚRIO ALTA PRESSÃO 80W HUA NING	208	0,6	14	61%	116	17,2	1396,6	1637,9	REATOR PHILIPS VME80A26P
VAPOR DE MERCÚRIO GE 80W	207	0,33	14	59%	257	19,5	1575,9	1603,1	REATOR PHILIPS VME80A26P
VAPOR DE MERCÚRIO OSRAM 125W	206	0,59	14	59%	495	24,2	1541,4	1600,0	REATOR PHILIPS VME125A26-P
VAPOR DE MERCÚRIO PHILIPS HPL-N 125W	208	0,57	14	59%	466	21,5	1418,5	1603,0	REATOR PHILIPS VME125A26-P
VAPOR MERCÚRIO GE 125W	207	0,57	14	59%	470	23,4	1546,8	1574,5	REATOR PHILIPS VME125A26-P
VAPOR DE MERCÚRIO ALTA PRESSÃO 250W HUA NING	206	1,3	14	59%	843	23,7	1482,8	1729,5	REATOR PHILIPS VME250A26P
VAPOR DE MERCÚRIO PHILIPS HPL-N 250W	206	1,1	14	59%	670	19,4	622,4	1259,7	REATOR PHILIPS VME250A26P
VAPOR MERCÚRIO GE 250W	208	1,19	14	59%	925	21,6	1154,6	1445,4	REATOR PHILIPS VME250A26P

TABELA 17

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminação (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)	EQUIPAMENTOS AUXILIARES
VAPOR DE SÓDIO 70W OSRAM VIALOX	208	0,31	14	59%	508	15,7	17,7	120,1	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 70W VSI70A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN70-P; CAPACITOR INBRASCAP
VAPOR DE SÓDIO 70W GE LUCALOX	210	0,35	14	59%	511	15,7	13,7	117,4	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 70W VSI70A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN70-P; CAPACITOR INBRASCAP
VAPOR DE SÓDIO 250W PHILIPS SON PRO	222	1,22	15	64%	2380	19,3	18,5	158,4	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 250W VSI250A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN50-P; CAPACITOR INBRASCAP
VAPOR DE SÓDIO 250W OSRAM VIALOX	222	1,22	15	64%	2620	21,0	21,0	154,2	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 250W VSI250A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN50-P; CAPACITOR INBRASCAP
VAPOR DE SÓDIO GE 250W LUCALOX	223	1,22	15	64%	2650	20,4	17,7	148,3	REATOR PHILIPS PARA VAPOR DE SÓDIO 250W VSI250A26IGP; IGNITOR PHILIPS IGN50-P; CAPACITOR INBRASCAP

TABELA 18

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 ( $\mu$ W/lm)	UM-360 ( $\mu$ W/lm)	UM-400 ( $\mu$ W/lm)	Equipamentos Auxiliares
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO DE 70W/NDL OSRAM POWERSTAR HQI-TS	225	0,43	18	55%	729	24,7	233,2	965,7	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO DE 70W GE MQI	225	0,42	18	55%	712	23,9	252,8	921,3	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO 70W PHILIPS CDM-TD 830 UV-BLOCK	207	0,34	18	55%	492	24,4	193,1	823,2	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO GE 70W CONSTANTCOLOR CMH	208	0,34	18	55%	613	24,5	305,1	1301,8	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO 70W PHILIPS CDM-TD 942 UV-BLOCK	208	0,36	18	55%	501	25,9	389,2	1385,2	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP
VAPOR METÁLICO DE 70W/NDL OSRAM POWERSTAR HQI-E BASE E-27	208	0,36	18	55%	429	23,3	806,5	1720,3	REATOR PHILIPS VII70A26IG-OSP; IGNITOR PHILIPS IGN40P E CAPACITOR IMBRASCAP

TABELA 18

Fonte (vide quadro de características)	Tensão de entrada (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C)	U.R.	Iluminamento (Lux)	UM-250 (μW/lm)	UM-360 (μW/lm)	UM-400 (μW/lm)	Equipamentos Auxiliares
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO PHILIPS 150W CDM-TD/942	223	1,8	20	54%	1210	27,3	198,3	983,5	REATOR INTRAL CÓDIGO 01236 MI150/62 VP4000
VAPOR METÁLICO DUPLO CONTATO PHILIPS 150W CDM-TD/830	209	1,8	20	54%	1055	24,6	202,8	775,4	REATOR INTRAL CÓDIGO 01236 MI150/62 VP4000
VAPOR METÁLICO GE MQI 150W	206	1,48	20	54%	1170	23,1	222,2	884,6	REATOR INTRAL CÓDIGO 01236 MI150/62 VP4000
VAPOR METÁLICO CONSTANTCOLOR CMH 150W	206	1,64	20	54%	1201	25,8	273,1	1219,8	REATOR INTRAL CÓDIGO 01236 MI150/62 VP4000
VAPOR METÁLICO OSRAM E40 HQI-T 250W	205	2,41	20	54%	1515	27,1	246,2	1213,2	REATOR INTRAL CÓDIGO 01237 MI250/62 VP4500
VAPOR METÁLICO PHILIPS 250W HPI PLUS E40	205	2,07	20	54%	1530	23,5	268,0	1169,9	REATOR INTRAL CÓDIGO 01237 MI250/62 VP4500
VAPOR METÁLICO GE 250W E40 BULBO 0VÓIDE	222	2,33	20	51%	2930	25,3	527,6	1314,0	REATOR INTRAL CÓDIGO 01237 MI250/62 VP4500
VAPOR METÁLICO GE 250W E40 BULBO TUBULAR	205	2,28	20	51%	1744	32,7	425,5	1909,4	REATOR INTRAL CÓDIGO 01237 MI250/62 VP4500

<b>FONTES</b>	<b>UM-250 (<math>\mu\text{W}/\text{cm}^2</math>)</b>	<b>UM-360 (<math>\mu\text{W}/\text{cm}^2</math>)</b>	<b>UM-400 (<math>\mu\text{W}/\text{cm}^2</math>)</b>
Incandescentes	1,93	0,78	4
Halógenas	11,77	5,36	42,26
Halógenas 12V	4,28	1,68	26,26
Fluorescentes	0,21	1,84	15,7
Fluorescentes Compactas	0,13	0,8	7,43
Mistas	1,19	29,9	33,34
Vapor de Mercúrio	1,16	68,16	81,5
Vapor de Sódio	3,42	3,24	25,9
Vapor Metálico	2,93	37,76	137,94

TABELA 20

<b>FONTES</b>	<b>UM-250 MÍN</b>	<b>UM-250 MÁX</b>	<b>UM-360 MÍN</b>	<b>UM-360 MÁX</b>	<b>UM-400 MÍN</b>	<b>UM-400 MÁX</b>
Incandescentes	0,1	18,4	0,1	2,5	0,1	18,4
Halógenas	0,7	97,6	0,1	45,9	2,8	358
Halógenas 12V	2,7	7,9	0,7	3	15	45,1
Fluorescentes Tubulares	0,1	0,4	0,6	3,1	7,1	25,1
Fluorescentes Compactas	0,1	0,5	0,1	1,7	1,1	37,1
Mistas	0,9	1,6	11,1	50	13	57,9
Vapor de Mercúrio	0,2	2	16,2	125	19	145,8
Vapor de Sódio	0,8	5,5	0,7	5,5	6	40,4
Vapor Metálico	1	7,4	9,5	154,6	40,5	385

GRÁFICO 1  
Fontes Incandescentes

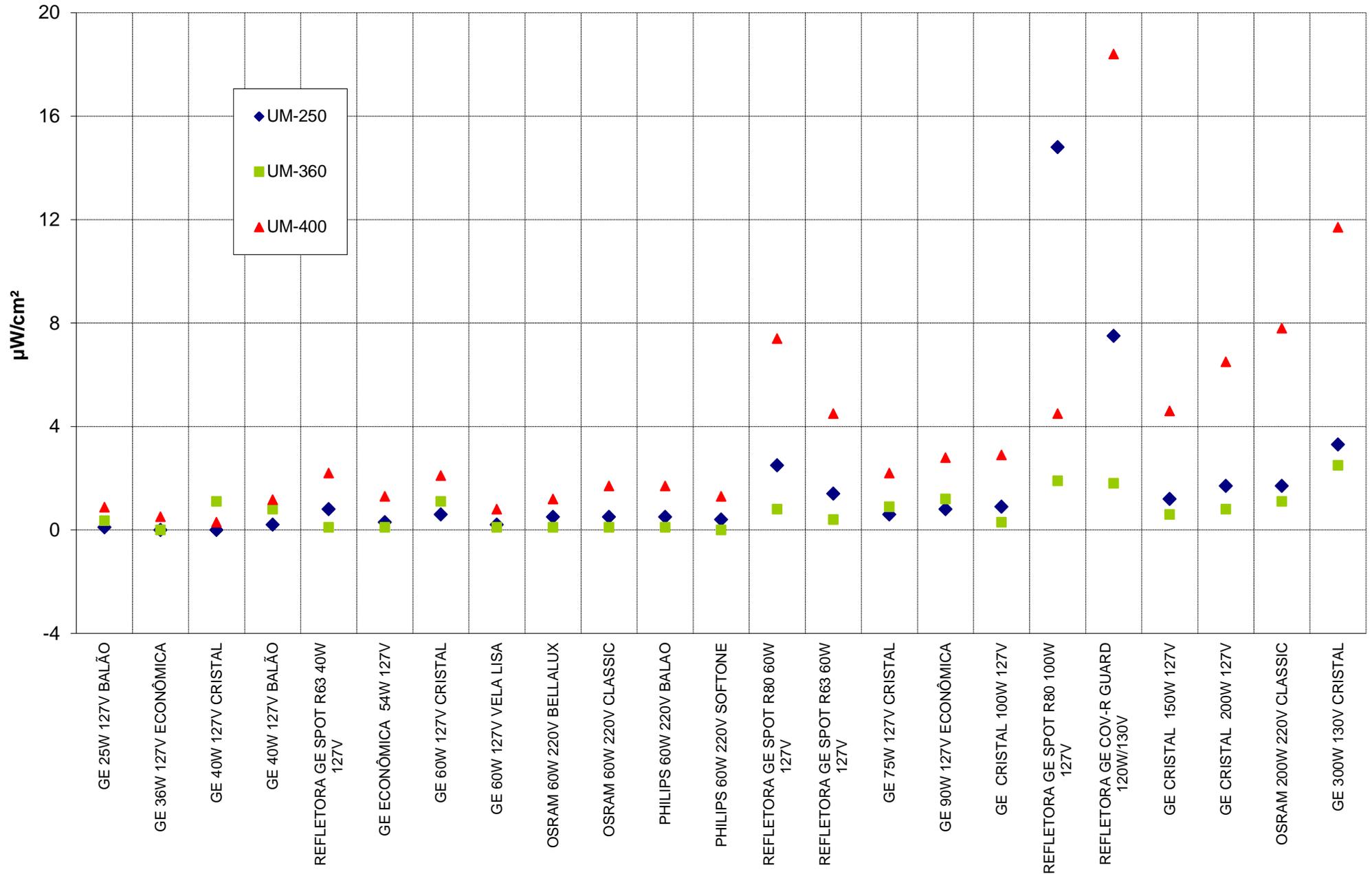


GRÁFICO 2  
Fontes Halógenas

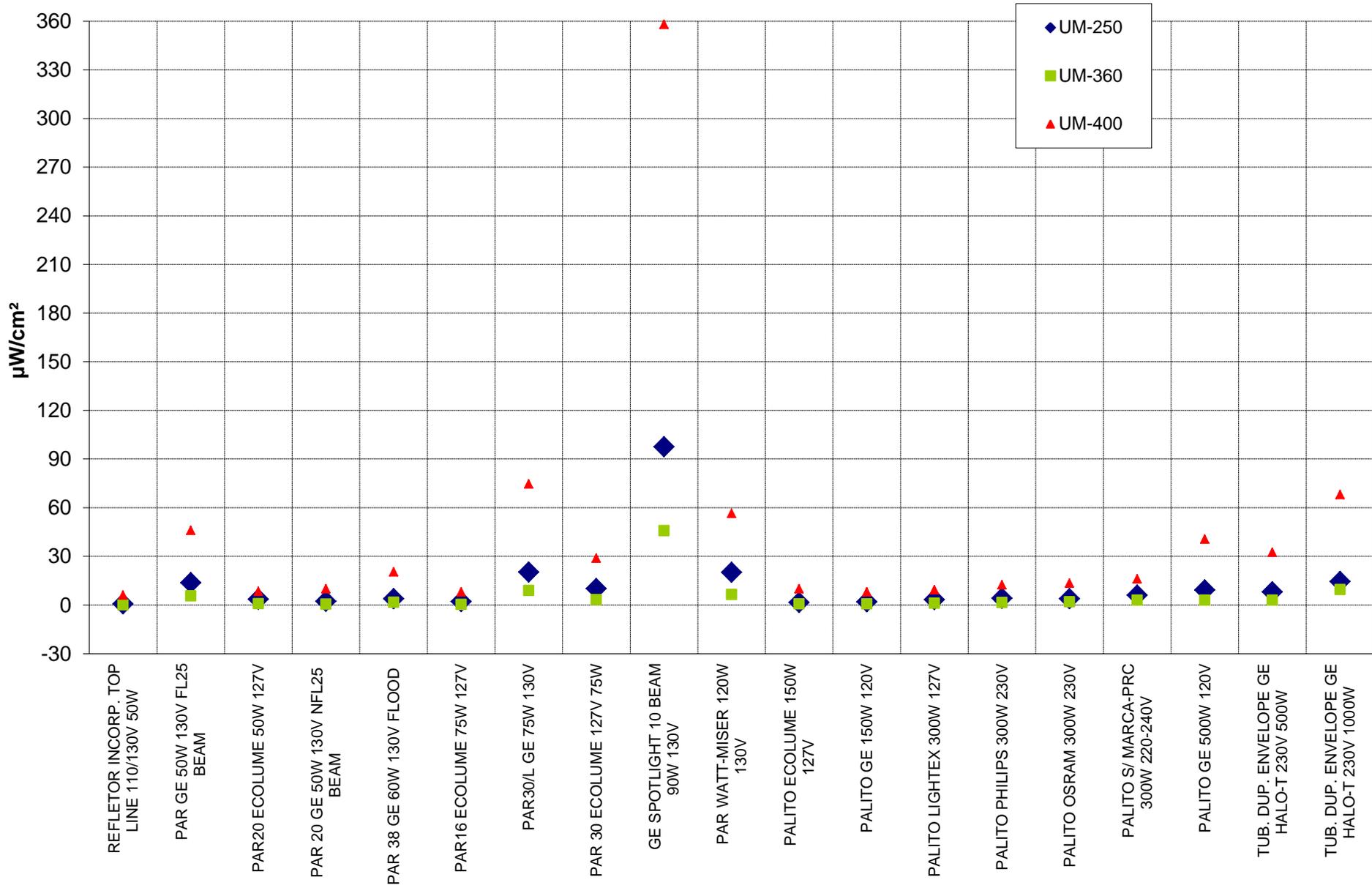


GRÁFICO 3  
Fontes Halógenas de 12V

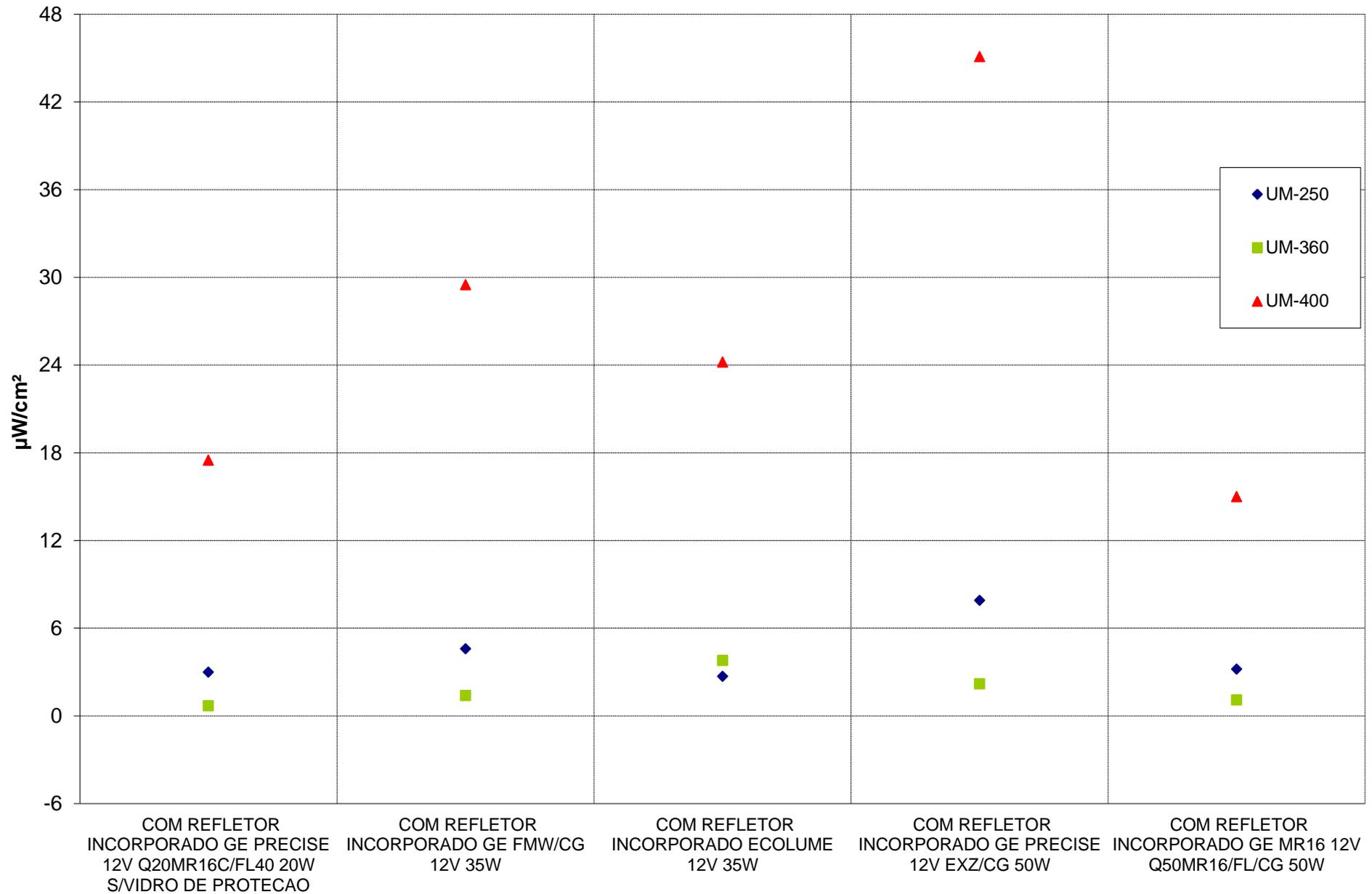


GRÁFICO 4  
Fontes Fluorescentes

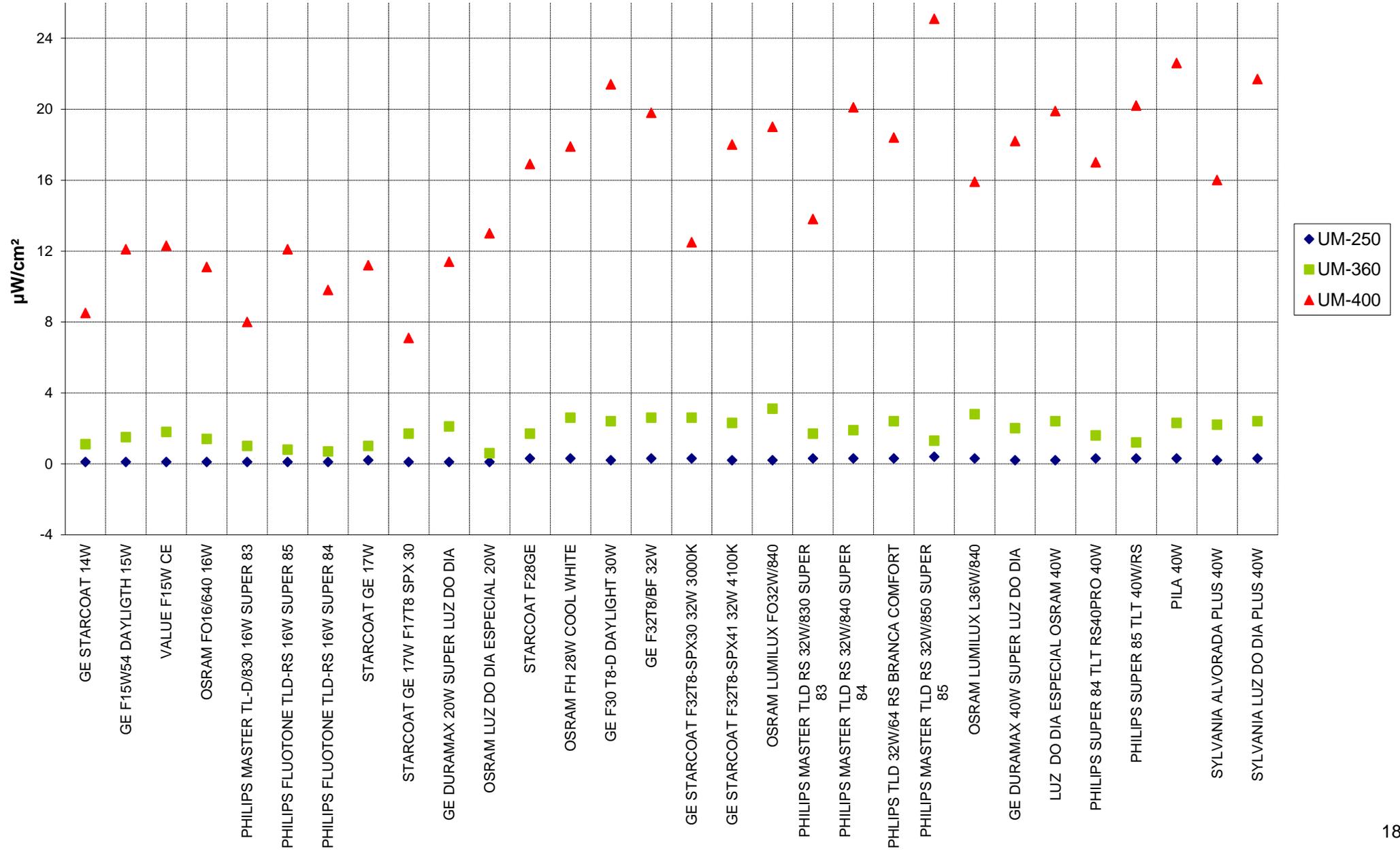


GRÁFICO 5  
Fontes Fluorescentes Compactas

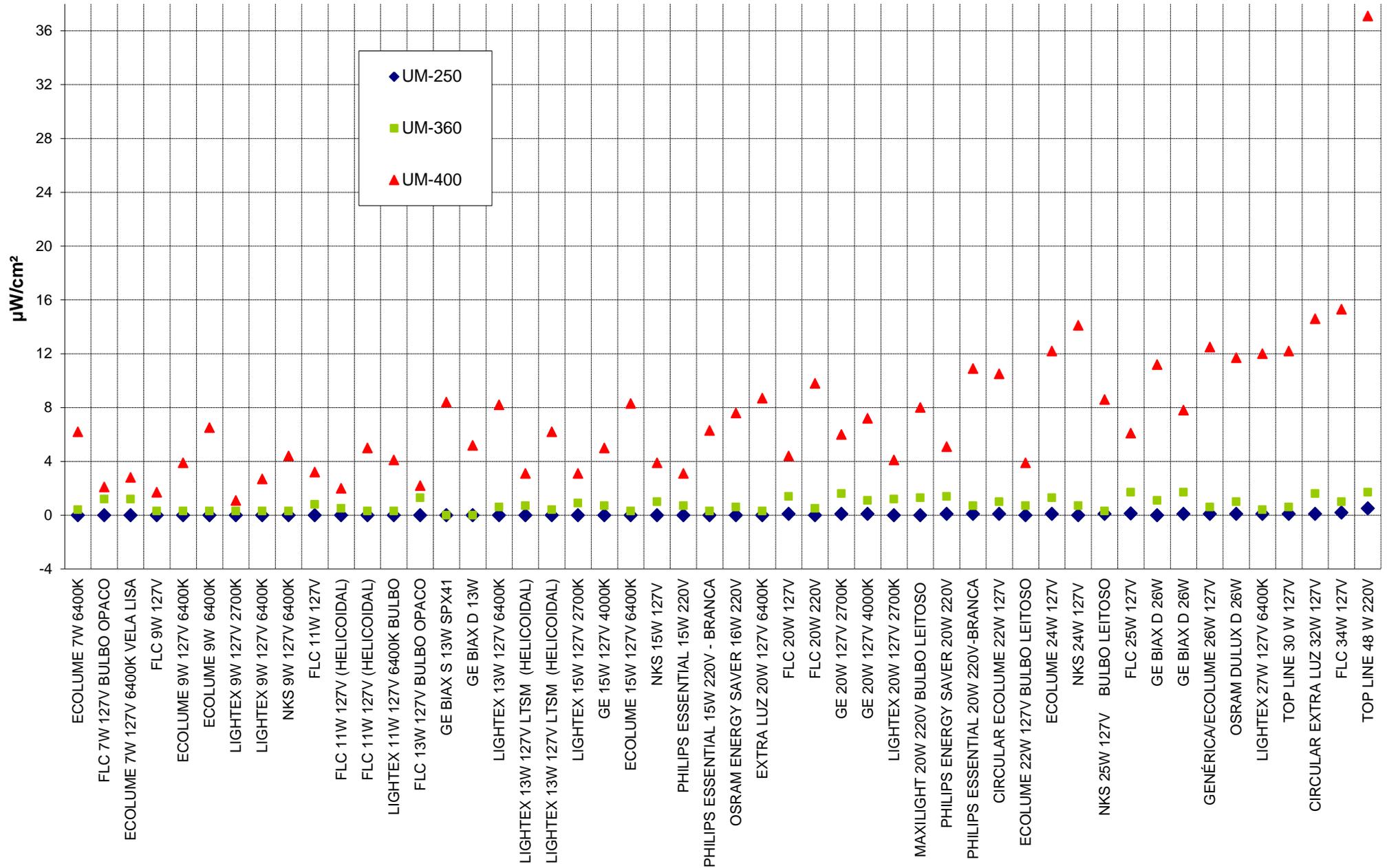


GRÁFICO 6  
Fontes Mistas

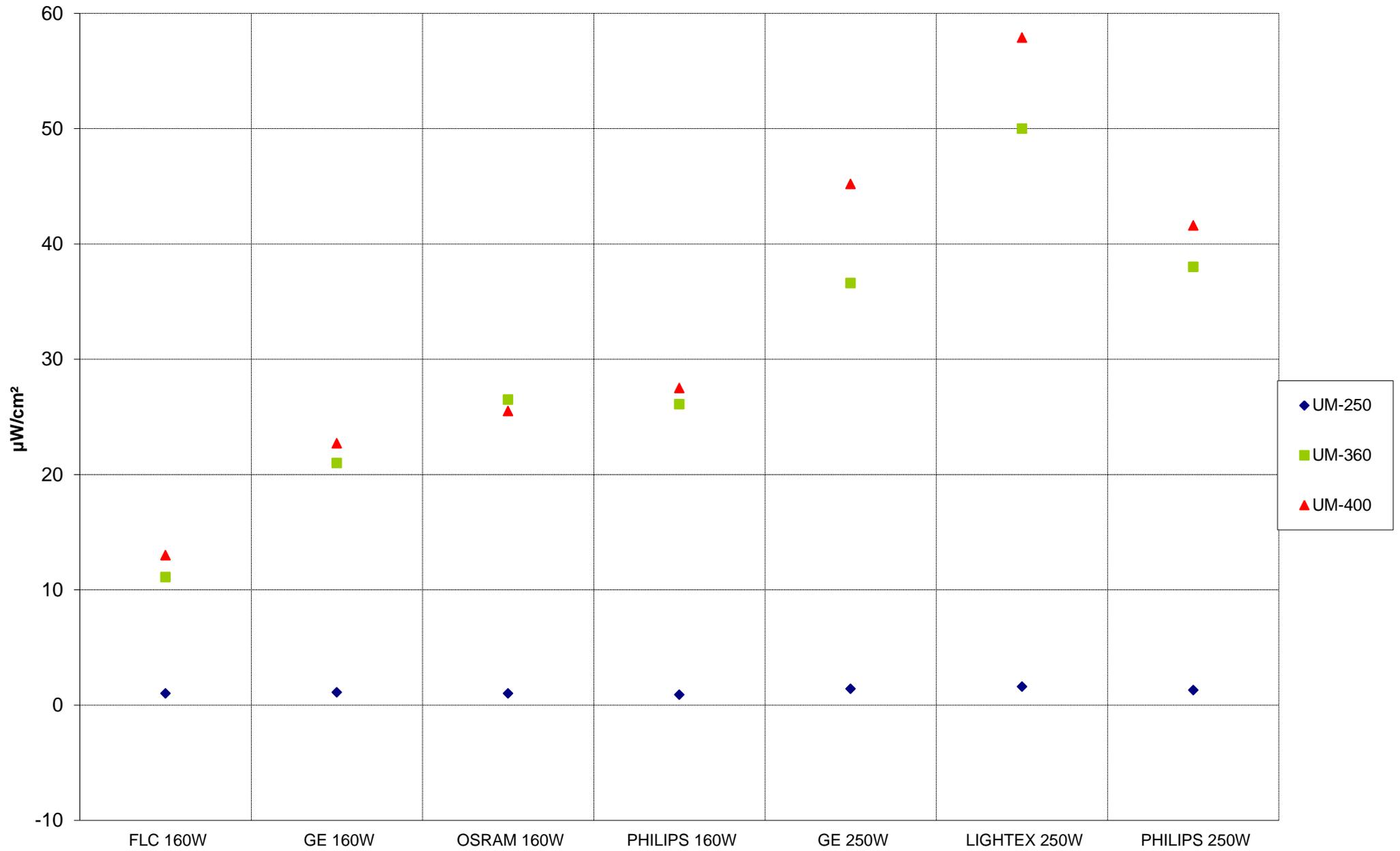


GRÁFICO 7  
Fontes de Vapor de Mercúrio

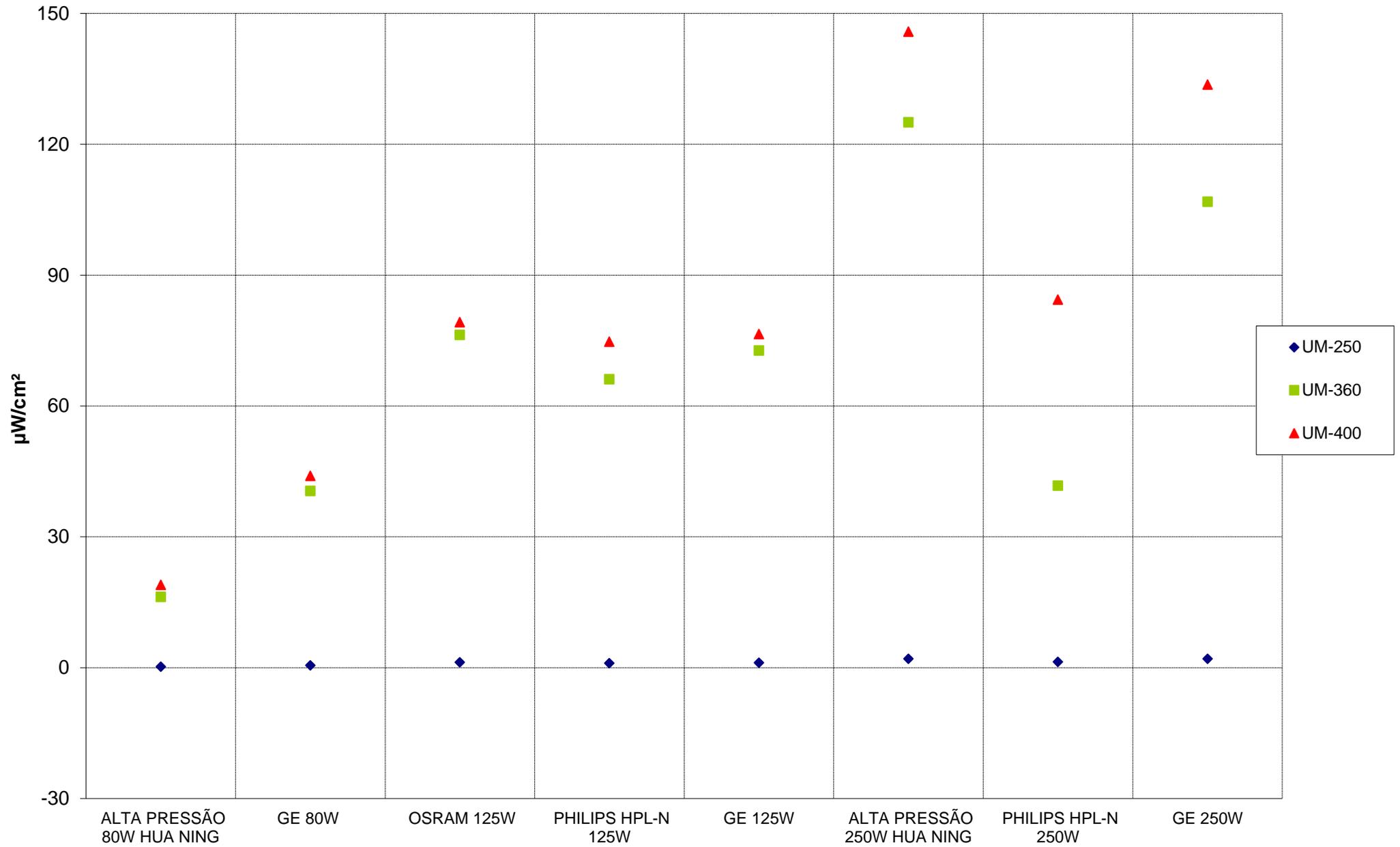


GRÁFICO 8  
Fontes de Vapor de Sódio

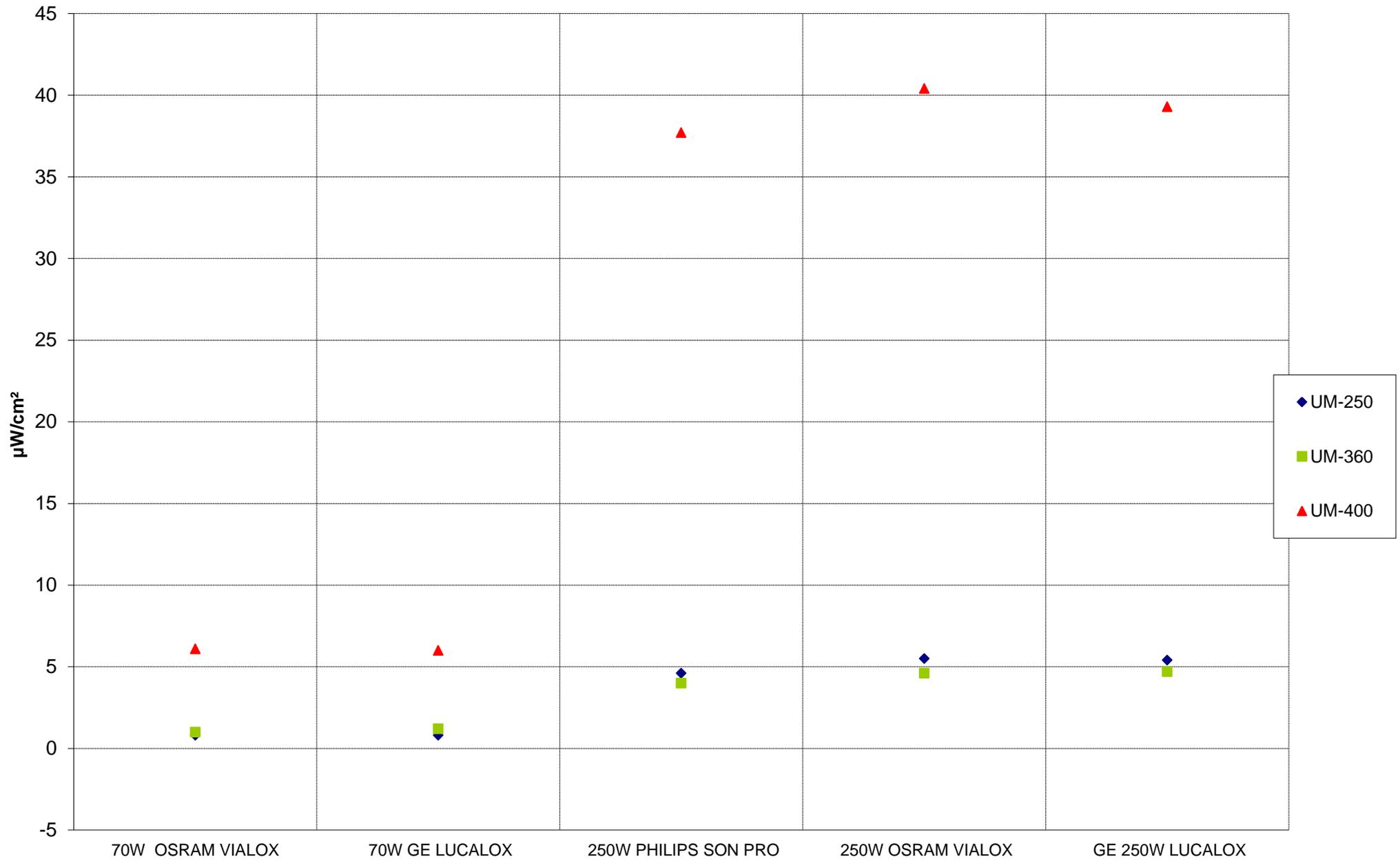


GRÁFICO 9

Fontes de Multivapores Metálicos

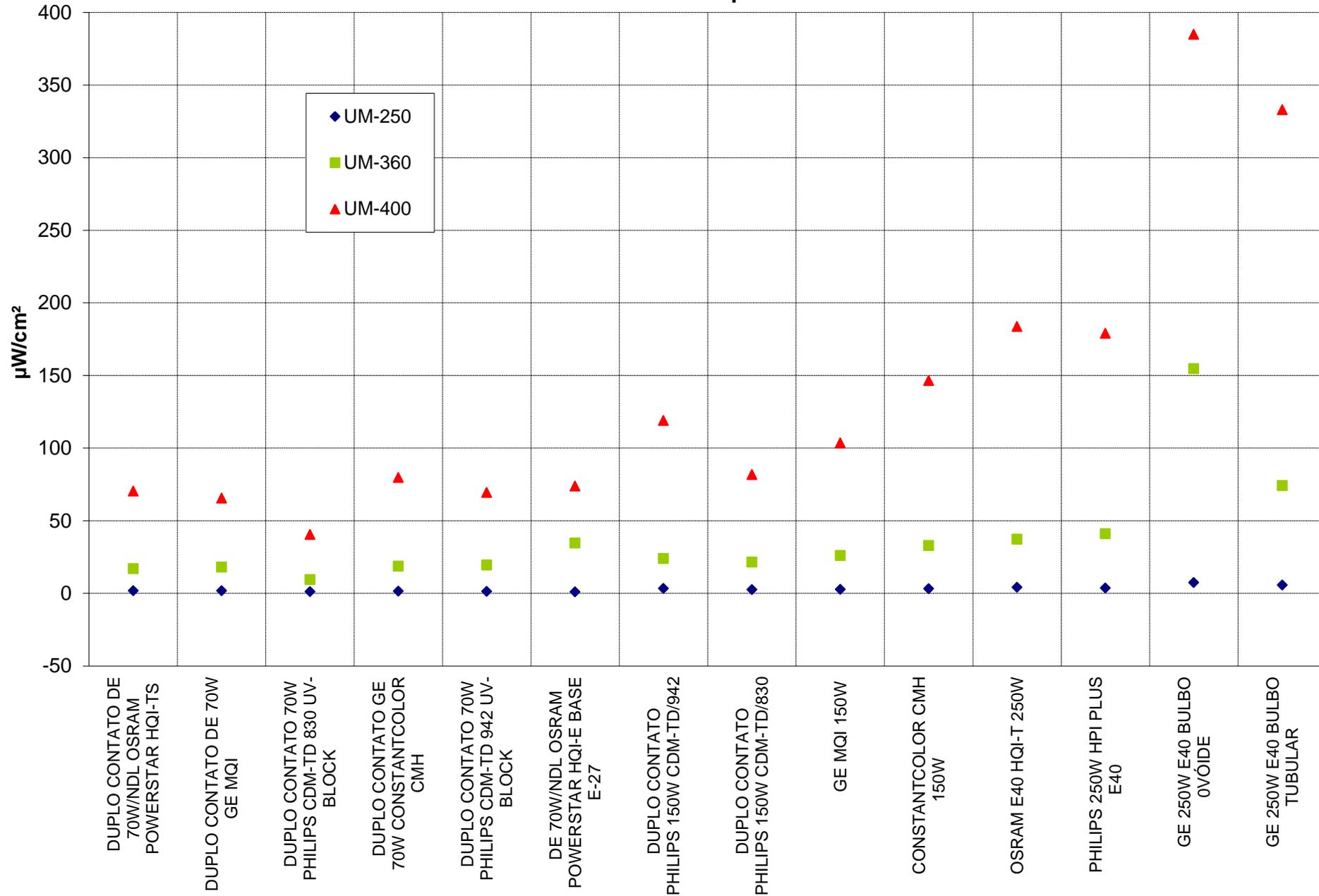


GRÁFICO 10

Valores médios obtidos

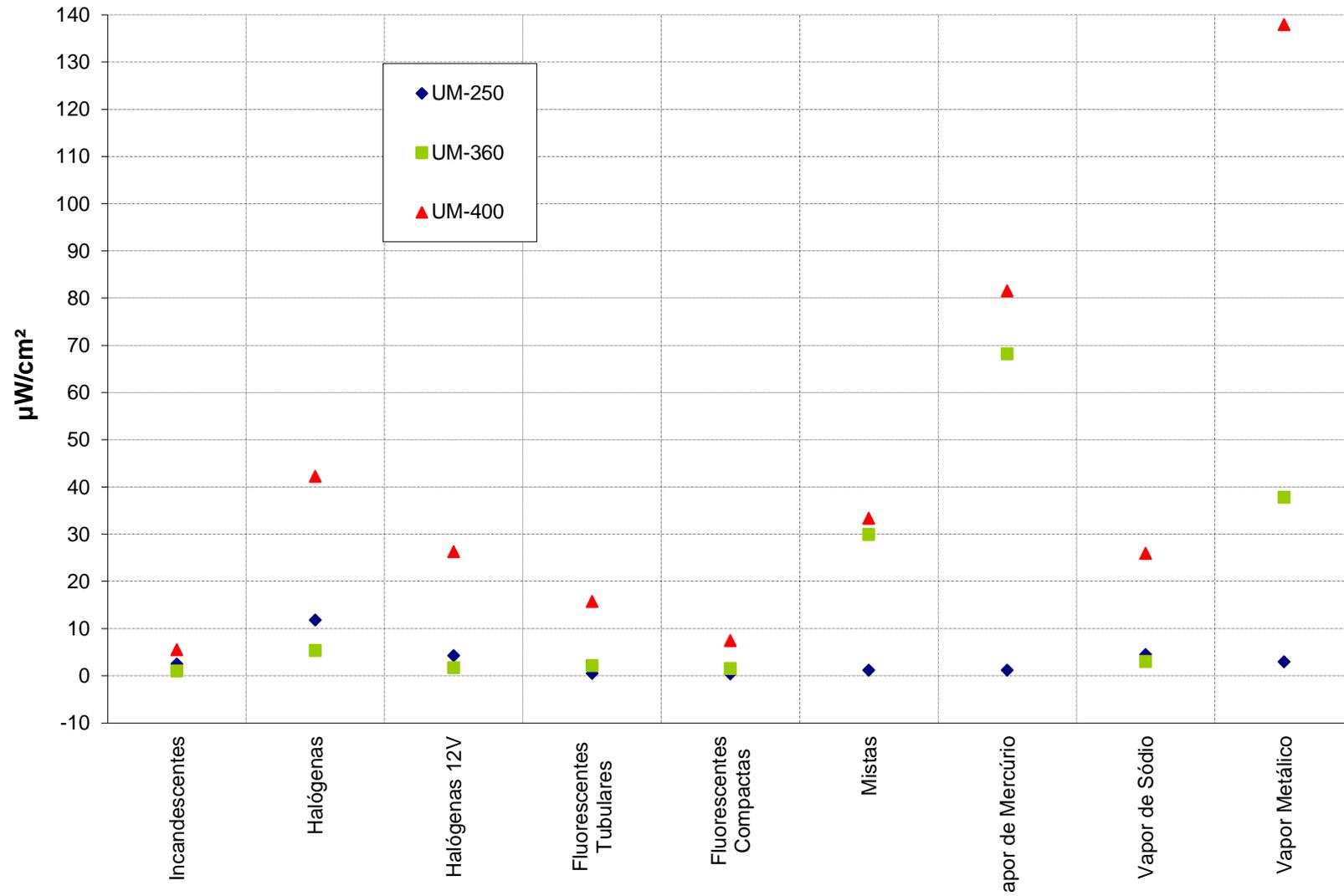


GRÁFICO 11

UM-250

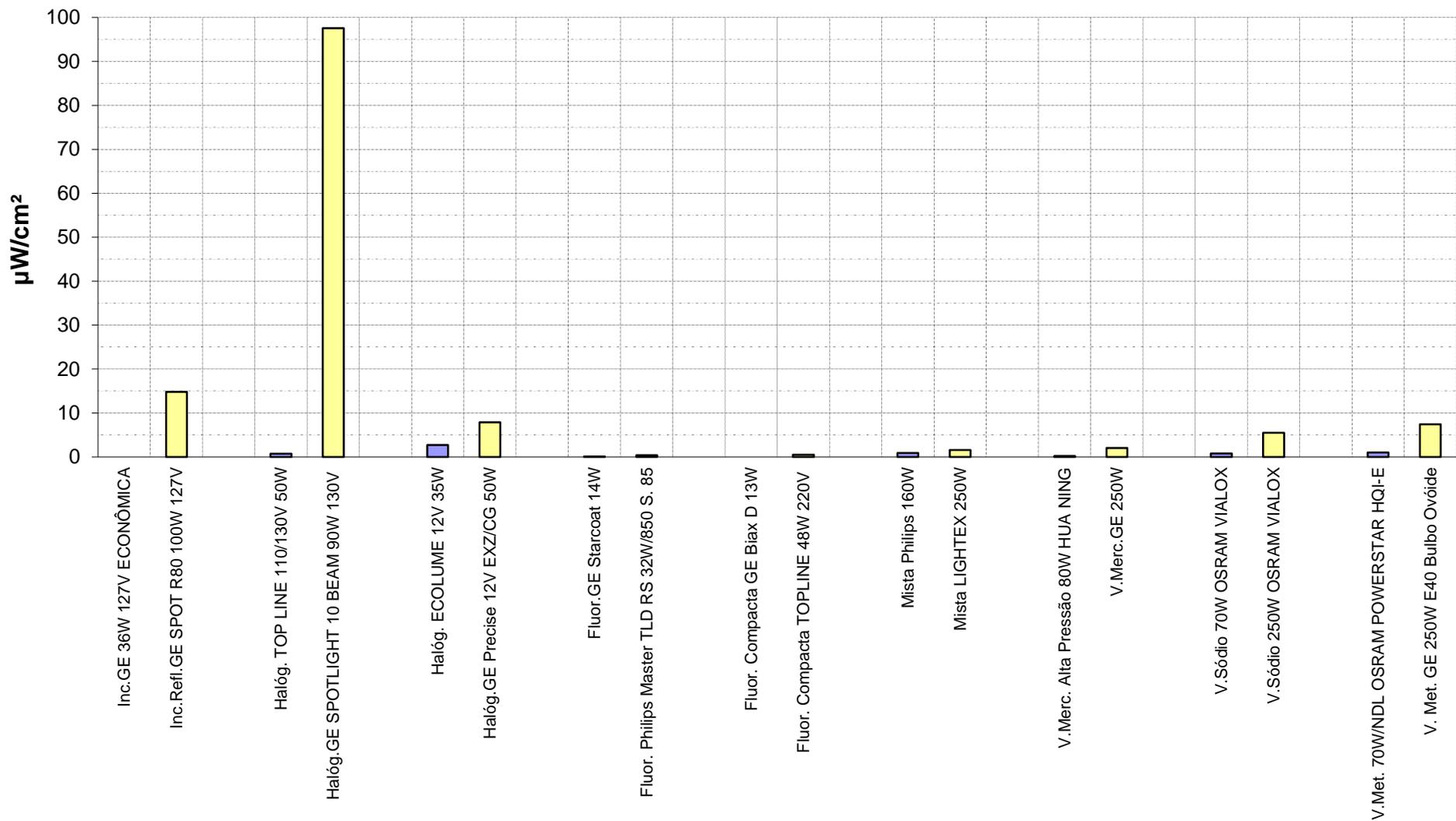


GRÁFICO 12

UM-360

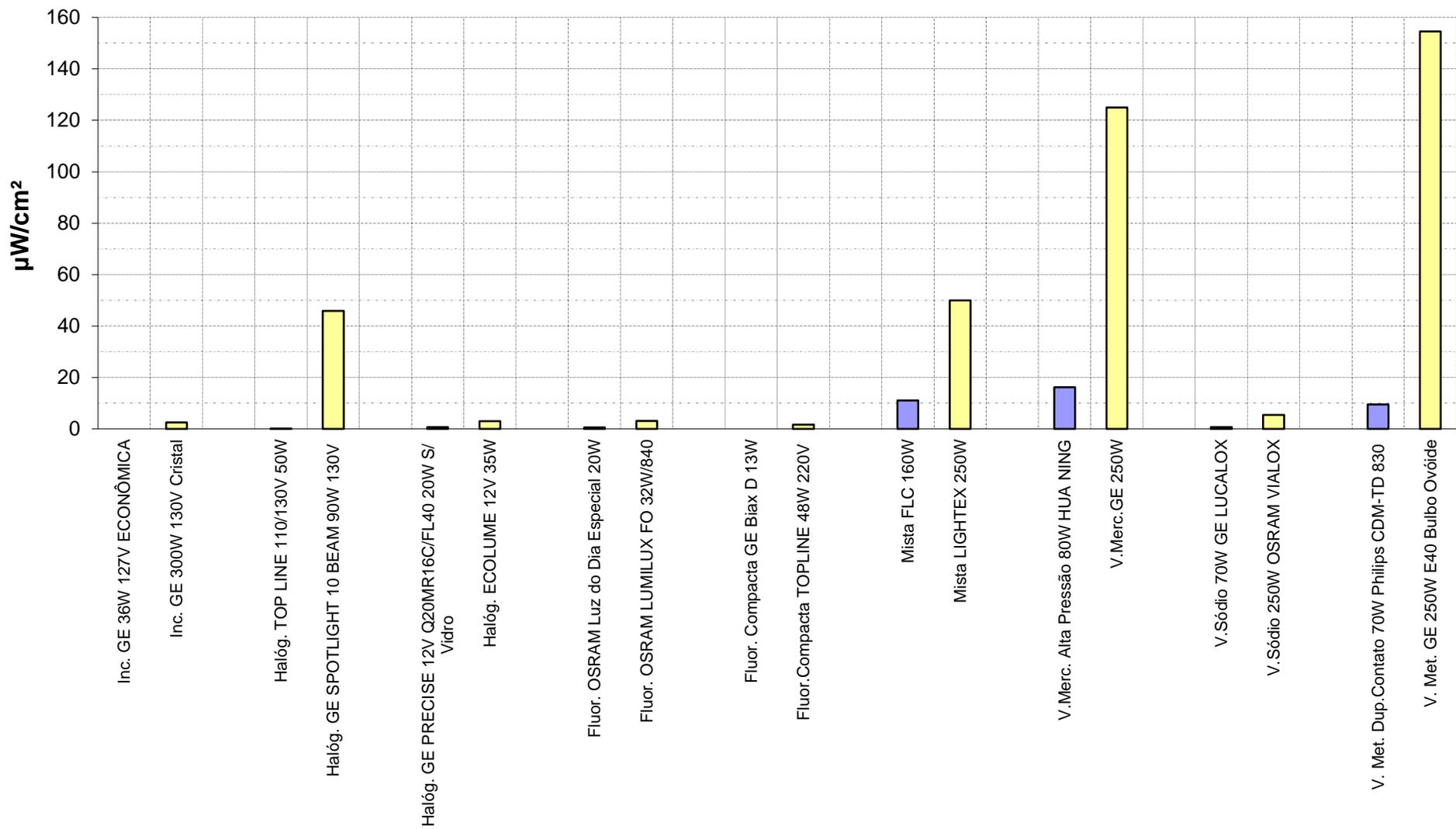
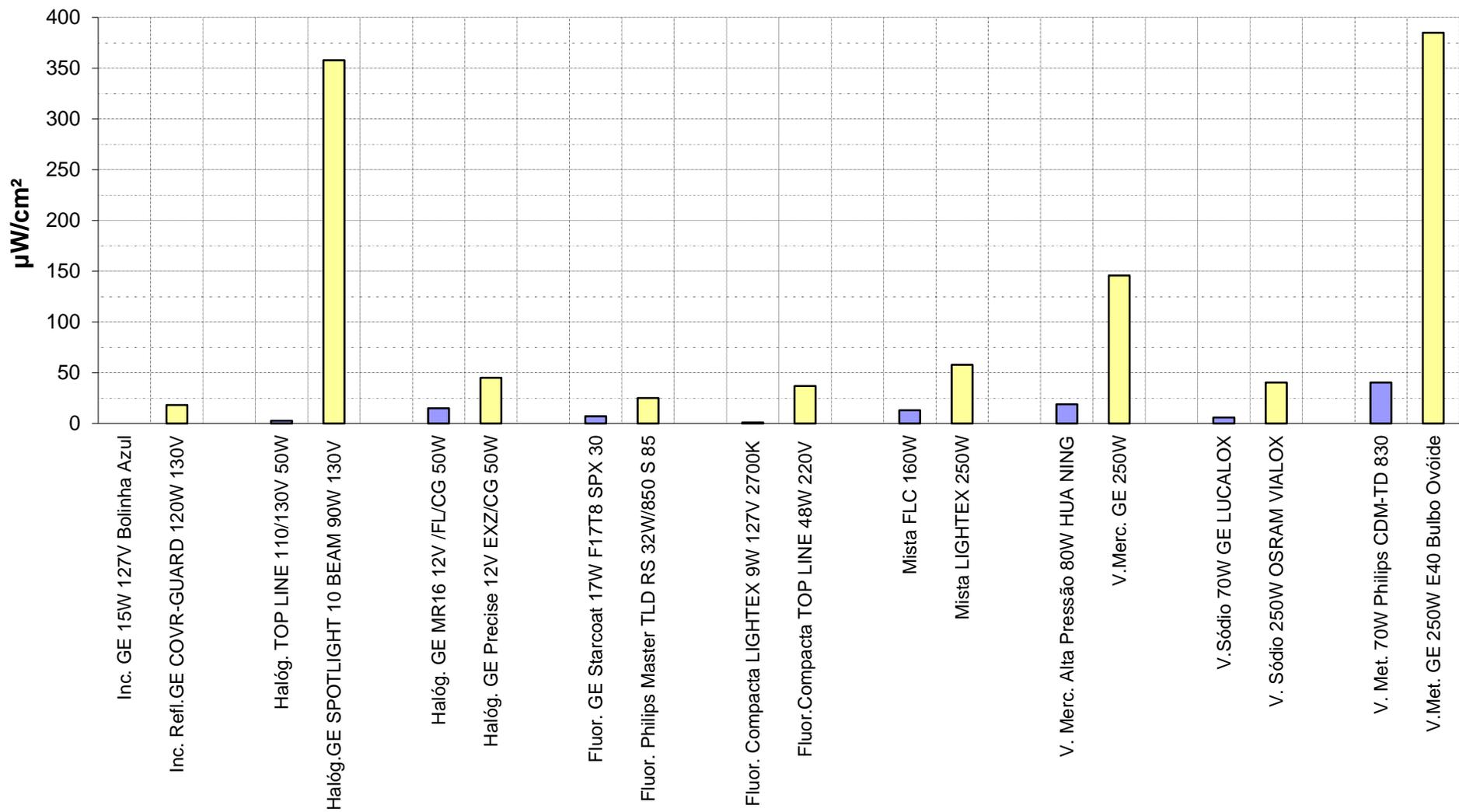


GRÁFICO 13

UM-400



## 5.2 Análise dos resultados

A discussão dos valores obtidos na medição só poderá ser realizada até determinados limites, visto que algumas afirmativas ou conclusões mais aprofundadas demandariam maior tempo de pesquisa e laboratório com equipamentos muito específicos apropriado para este fim.

Essas considerações também são pertinentes, pois, ao discutir-se o desempenho de emissão de radiação UV das lâmpadas, lida-se inevitavelmente com técnicas avançadas de produção, resguardadas por sigilo industrial.

Embora determinados resultados induzam a conclusões, a falta de maiores dados e a seriedade com que foi conduzida a pesquisa impedem algumas afirmativas, que poderiam soar como levianas.

Uma observação de ordem geral diz respeito aos valores obtidos pelo sensor UM400. Deve-se atentar para o fato de que os elevados valores por vezes medidos originam-se da faixa de atuação desse sensor, que abrange significativa parcela de radiação visível. Assim, fontes com elevada emissão nos comprimentos de onda visíveis detectados por esse sensor ou fontes com elevada eficiência apresentarão, por conseguinte, altos índices.

O desenvolvimento da discussão será realizado por tabela/gráfico:

### ❖ Gráfico 1 – Lâmpadas incandescentes

As fontes do tipo incandescente comportaram-se dentro do esperado, sendo sua emissão de radiação UV significativamente menor que a das outras lâmpadas. Merece comentário, neste item, os elevados valores apresentados pela lâmpada da marca GE, modelo Cov-r Guard. Esse modelo de lâmpada possui película de

revestimento que impede queda de partículas em caso de quebra do bulbo. A amostra fornecida chegou para teste danificada, com rachaduras no bulbo, mesmo assim foi realizada a aferição. Deste modo, parece bastante razoável supor que os resultados tenham sido adulterados pelo vazamento de radiação pelo bulbo danificado.

As lâmpadas incandescentes do tipo refletoras apresentaram índices um pouco acima da média diante da concentração de radiação no ponto central do suporte, onde foi localizado o sensor. Esse posicionamento do ponto focal foi estabelecido em função da utilização prática da fonte de luz. Entretanto, cabe essa observação, visto que ao trabalhar-se com iluminamentos médios, esses índices decrescerão.

#### ❖ Gráficos 2 e 3 - Lâmpadas halógenas

A maior variação aferida – GE *Spotlight 10 Beam* foi verificada em virtude do fecho extremamente concentrado dessa fonte de luz.

Os resultados apresentados pelas lâmpadas halógenas foram obtidos com o sensor exposto à lâmpada sem anteparo de vidro, ou seja, através do bulbo de quartzo que reveste esse tipo de fonte, exceto para as de modelo duplo envelope. É importante observar os altos valores na faixa de aferição do UM 250, indicando a real necessidade de utilização de vidro como anteparo para as radiações emitidas pela lâmpada.

#### ❖ Gráfico 4 – Lâmpadas fluorescentes

Nesse tipo de lâmpada nota-se uma ligeira tendência de fontes de mesma origem (país) apresentarem valores aproximados, como preconizam em seu texto Bergman; Parham; McGowan (1995), em função do tipo de material utilizado em seu tubo e

revestimento. Entretanto, mesmo com a significativa amostra de fontes colhida, tal afirmativa não pode ser devidamente comprovada, apesar de concordar com a ponderação dos autores. Ademais, fatores como a globalização comercial tornam o fluxo de matérias-primas extremamente ágil e rápido e impedem uma afirmativa categórica sem uma profunda pesquisa de campo ou testes laboratoriais extensos de que se trata da mesma matéria-prima utilizada por diferentes fabricantes. Verifica-se que várias fontes deste tipo possuem valores que as capacitam ao uso dentro dos espaços arquitetônicos em foco, devendo contudo serem observadas outras características técnicas como reprodução de cores e temperatura de cor para sua correta adequação.

❖ Gráfico 5 – Lâmpadas fluorescentes compactas

Essas ponderações servem também para as do tipo compactas. Foi o maior número de fontes sob teste, obtendo-se resultados positivos acima do suposto – emissão de radiação UV abaixo do previsto. Com os devidos cuidados, diferentemente da suposição original, essas lâmpadas podem ter utilização nos ambientes a que se destina esta pesquisa.

❖ Gráficos 6, 7 e 8 – Lâmpadas mistas, vapor de mercúrio e vapor de sódio

Conforme esperado, essas fontes apresentaram péssimos resultados, com elevadíssimas emissões de radiação UV, sendo bastante desaconselhável seu uso sem a utilização de filtros. Em particular as lâmpadas mistas e vapor de mercúrio mostraram altos índices de emissão de radiação na faixa de atuação do UM 360 e as lâmpadas de sódio na faixa do UM 250. Ademais, ao levar-se em conta o baixo

desempenho com relação a reprodução de cores, a utilização destas fontes fica bastante restrita

❖ Gráfico 9 – Lâmpadas de multivapores metálicos

As lâmpadas de multivapores metálicos também apresentaram altos valores de emissão de radiação UV, mesmo aquelas possuidoras de filtragem interna. Devido à sua grande utilização em virtude de sua elevada reprodução de cores, é importante a conscientização pelos projetistas da necessidade de utilização de filtros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira conclusão originada do desenvolvimento dos trabalhos diz respeito à baixa qualidade da informação constante nas embalagens e no próprio corpo da fonte artificial de luz. Percebeu-se claramente, durante o processo de catalogação das lâmpadas a serem testadas, que além de quantidade significativa apresentar grande precariedade nos dados fornecidos, a ausência de uma padronização de sua disposição dificulta sobremaneira o pleno conhecimento dos produtos e seu adequado manuseio, mesmo por especialistas.

Verificou-se também número acentuado de marcas com nome fantasia (não designando um fabricante), criadas por firmas meramente importadoras e sem indicação de fonte para consulta técnica pelos usuários. A situação desse segmento é bastante preocupante e inspira providências para não se abalar a credibilidade técnica da área.

A suposição inicial de que as lâmpadas produzidas por empresas de baixo padrão técnico apresentariam necessariamente valores de emissão de radiação ultravioleta muito superiores não se comprovou de modo definitivo pelo experimento, somente casos esparsos foram detectados. Também, como dito, não se evidenciaram de modo irrefutável as considerações de Bergman; Parham; McGowan (1995) acerca da relevância da procedência da fabricação da lâmpada em virtude do material empregado na confecção de seu vidro. A versatilidade atual na produção, onde fornecedores são rapidamente substituídos em função de preços mais competitivos, e a garantia de níveis de radiação de ultravioleta adequados somente podem ser conseguidas com a aferição da fonte de luz a ser utilizada. O que se evidenciou, portanto, foi a necessidade de checagem de cada fonte para verificação dos níveis de radiação emitidos.

Os altos índices de radiação UV apurados em muitas fontes de luz, conjugados com essas considerações, levam à recomendação do uso de filtros de ultravioleta sempre que houver a presença de acervo susceptível ao ataque desse tipo de radiação. Também cabe a recomendação de que pesquisas e testes devem ser realizados nos filtros disponíveis no mercado para verificação de suas reais qualidades de barrar ou reduzir a níveis aceitáveis a emissão da radiação UV. Esse

trabalho será sobremaneira facilitado visto que o aparato técnico necessário já se encontra disponível – resultado deste projeto de pesquisa.

A complexidade envolvida no entendimento dos conceitos referentes à emissão de radiação UV pelas lâmpadas, bem sua aplicação prática, recomenda que a utilização de fontes artificiais de luz em edificações possuidoras de acervo cultural incorporado, ou que se destine à sua guarda e exposição, seja precedida de projeto elaborado por profissional com formação técnica adequada.

A grande dificuldade encontrada na realização da pesquisa, com relação à ausência de informações mais consistentes e diversificadas referentes ao tema, aponta para o ineditismo da questão e revela a grande necessidade de maiores estudos nessa área de conhecimento. Em particular, cabe nesse ponto das investigações, que sejam estabelecidos para referência dos conservadores e projetistas de iluminação novos parâmetros sobre as emissões de radiações UV, em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . A definição de tais valores passa pela normatização com relação aos procedimentos de medição e a padronização das fontes de calibração a serem adotadas.

Essa pesquisa é um primeiro passo nessa direção.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 12549: Grandezas e unidades de luz e radiações eletromagnéticas*. Rio de Janeiro, 1992. 11 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 5461: Iluminação*. Rio de Janeiro, 1991. 68 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 5413: Iluminância de Interiores: especificação*. Rio de Janeiro, 1982. 19 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 10520: Informação e documentação - Citações em documentos – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2002. 7p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 6034: Informação e documentação - Índice – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2004. 4p
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 6024: Informação e documentação — Numeração progressiva das seções de um documento*. Rio de Janeiro, 2012. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 6023: Informação e documentação:Referência – Elaboração*. Rio de Janeiro, 2002. 24p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 6028: Informação e documentação - Resumo – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2003. 2p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 6027: Informação e documentação — Sumário — Apresentação*. Rio de Janeiro, 2012. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 14724: Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2011. 11p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 10494: Precauções contra radiações ultravioleta em lâmpadas de descarga: procedimento*. Rio de Janeiro, 1988. 5 p.
- ÁVILA, Affonso. *Iniciação ao barroco mineiro*. São Paulo: Nobel, 1984. 84 p.
- BERGMAN, R.S.; PARHAM, T.G.; MCGOWAN, T.K. UV emission from general lighting lamps. *Journal of the illuminating engineering society*, Winter, 1995. p. 13-24.
- BRANDI, Cesare. *Teoría de la restauracion*. Madrid: Alianza Editorial, 1989. 149 p.

BRASIL. Ministério da Cultura. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional-IPHAN. *Cartas Patrimoniais*. Brasília: IPHAN, 1995. 344 p. (Caderno de documentos, 3).

BRILL, Thomas B. *Light its interaction with art and antiquities*. New York: Plenum Press, 1980. 287 p.

CANADIAN CONSERVATION INSTITUTE. *Daylite fluro-spray floodlight*. CCI Notes 2/2. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 1988.

CANADIAN CONSERVATION INSTITUTE. *Slide rule to determine light damage*. Ottawa: Canadian Conservation Institute, [entre 1980 e 2000]. Special Publication.

CASSAR, May. *Museums environment energy*. London: HMSO, 1994. 130 p.

CASSAR, May. *Environmental management: guidelines for museums and galleries*. London: Routledge, 1997. 165 p.

CHENIAUX, Violeta. *A formação do museólogo no controle da luz e da umidade para conservação de acervos: um estudo a partir de museus da Fundação de Artes do Rio Janeiro*. 1991, 144f. Dissertação (Mestrado em Administração de Centros Culturais) - Centro de Ciências Humanas, Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1991.

COTRIM, Ademaro A.M.B. *Instalações Elétricas*. São Paulo: Makron Books, 1993. 887 p.

CREDER, Hélio. *Instalações Elétricas*. Rio de Janeiro: LTC, 1986. 338 p.

FELLER, Robert L. *Accelerated aging: photochemical and thermal aspects*. Michigan: Dinah Berland, 1994. 275p.

FLC. Apresenta catalogo de produtos e informações técnicas. Disponível em: <[www.flc.com.br](http://www.flc.com.br)>. Acesso em 14 jun. 2003.

FRANÇA, Júnia Lessa et al. *Manual de Normalização para publicações técnico-científicas*. 6. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001. 233 p.

FÜRSTENAU, Eugênio. In: *Novo Dicionário de Termos Técnicos: Inglês-Português*. 26. ed. rev. e aum. São Paulo: Globo, 2003. v.1 e v.2 1413 p.

GENERAL ELETRIC DO BRASIL. Apresenta catalogo de produtos e informações técnicas. Disponível em: <[www.ge.com.br](http://www.ge.com.br)>. Acesso em 05 mar. 2003.

HORTON-JAMES, D. *Light transmission characteristics of some windows film*. ICCM. Camberra, 1982. p. 73-80

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *CEI/IEC 1228: Method of measuring and specifying the uv-radiation of ultraviolet lamps used for sun-tanning*. Genève, 1993. 17 p.

INTRODUÇÃO à luminotécnica. Bases Teóricas. Iluminação Interna. Iluminação Externa. Osasco: OSRAM do Brasil, 1979. 56 p.

LAFONTAINE, R. H.; WOOD P. A. *Fluorescent lamps*. CCI Technical Bulletin n. 7. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 1982.

LAMBRECHTS, S.M.; ROTHWELL JR., H. L. A study on UV protection in lighting. *Journal of the illuminating engineering society*, p. 104-111, Summer 1996.

MOREIRA, Vinícius de A. *Iluminação e fotometria: teoria e aplicação*. 2. Ed. ver. e aum. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 196 p.

NICHOLSON, Catherine. What exhibits can do to your collection. *Restaurator*, nº 13, p.95-113, 1992.

OGDEN, Sherelyn (Ed.). Manual de conservação preventiva em bibliotecas e arquivos. 2. ed. Rio de Janeiro. (Meio Ambiente, 14 a 17). 2001. Disponível em: <[www.cpba.net](http://www.cpba.net)>. Acesso em: 03 mar. 2003.

OSRAM. Apresenta catalogo de produtos e informações técnicas. Disponível em: <[www.osram.com.br](http://www.osram.com.br)>. Acesso em 08 fev. 2003.

PHILIPS BRASIL. Apresenta catalogo de produtos e informações técnicas. Disponível em: <[www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)>. Acesso em 04 maio. 2003.

PRITCHARD, D. C. *Lighting*. Essex: Addison Wesley Longman Limited, 1995, 217p.

SAUNDERS, David. *Lighting for conservation*. Museum practice. p. 42-45

STEFAN, Michalski. Damage to museum objects by visible radiation (light) and ultraviolet radiation (uv). In: LIGHTING IN MUSEUMS, GALLERIES AND HISTORIC HOUSES SEMINAR, 1987, Bristol. *Lighting in museums, galleries and historic houses*. Papers of the conference. London: The Museums Association, 1987. p. 3-16. Disponível em: <[www.bcin.ca/Interface/openbcin.cgi](http://www.bcin.ca/Interface/openbcin.cgi)>. Acesso em: 12 jun. 2003.

TEIXEIRA, Manuel Luis. In: Dicionário Ilustrado de Belas Artes. Lisboa: Editorial Presença, 1985. 251 p.

THOMSON, Garry. Colour under some new fluorescent lamps. *National Gallery Technical Bulletin*, London, v. 9, p. 5-11, 1985.

THOMSON, Garry. *The museum environment*. 2. ed. Oxford: Hartnolls, 1997. 293 p.

WÖLFFLIN, Heinrich. *Conceitos fundamentais da história da arte*. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1984. 278 p.

ZERLAUT, G.A.; ELLINGER, M.L. Precision spectral ultraviolet measurements and. *Journal of the oil and colour chemists' association*, v. 64, n. 10, p. 387-397, 1981. Disponível em: <[www.bcin.ca/Interface/bcin.cgi](http://www.bcin.ca/Interface/bcin.cgi)>. Acesso em: 30 abr. 2003.