

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA INTERPOLAÇÃO DE VALORES DE INTENSIDADE LUMINOSA APLICADA AO CÁLCULO DA ILUMINÂNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PONTO-A-PONTO

**Devis Luis Marinoski(1); Rhafael de Souza Moretti (2); Fernando Simon Westphal (3);
Roberto Lamberts(4)**

(1) Acad. Engenharia Civil, Bolsista de Iniciação Científica – CNPq, E-mail: devis@labeee.ufsc.br

(2) Acad. Engenharia Civil, Bolsista de Iniciação Científica – CNPq, E-mail: rhafael@labeee.ufsc.br

(3) Engenheiro Civil, Mestrando, E-mail: fernando@labeee.ufsc.br

(4) Eng. Civil, Ph.D. E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

LabEEE- Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
UFSC – CTC – ECV – NPC – Cep 88040-900. Cx Postal 476

RESUMO

Este trabalho apresenta um método de interpolação de valores de intensidade luminosa de luminárias em direções diferentes dos dois planos principais listados nos catálogos dos fabricantes. Os dados de intensidade luminosa são necessários para a aplicação do Método Ponto-a-ponto no dimensionamento de sistemas de iluminação. Esse método de cálculo fornece resultados mais detalhados que o Método dos Lumens, permitindo o traçado das curvas isolux no plano de trabalho. Os catálogos dos fabricantes de luminárias apresentam apenas os dados de intensidade para 2 direções principais: 0°-180° (longitudinal) e 90°-270° (transversal). A variação da intensidade entre esses 2 planos não é linear e depende da característica de distribuição luminosa de cada luminária em particular. Os resultados obtidos com o método de interpolação são verificados através de simulações no *software Calculux*, desenvolvido pela Philips Electronics®.

ABSTRACT

This work presents an interpolation method to calculate the fixtures luminous intensity between non-basic directions (along and across light bulbs), showed at manufacturers catalogues. The luminous intensity is necessary to the Illuminance calculation at a point and consequently to provide the isolux in the room. This method of lighting design is more accurate than average Illuminance and presents more detailed results. Nevertheless, the manufacturers present fixture intensity data for 2 basic directions only: 0°-180° (parallel) e 90°-270° (perpendicular). The intensity variation between these planes is not linear and depends on luminous distribution of each fixture. The results obtained with the interpolation method are validated through computer simulation using the software *Calculux*, developed by Philips Electronics®.

1. INTRODUÇÃO

Existem dois processos comumente utilizados no dimensionamento de sistemas de iluminação: o Método dos Lumens, ou da Iluminância Média, e o Método Ponto-a-ponto. O primeiro deles é o mais difundido e de aplicação bastante simples. Seu uso é recomendado para locais em que se deseja obter um nível uniforme de iluminância no plano de trabalho. Emprega apenas uma equação e envolve dados de lâmpadas, luminárias e reatores fornecidos nos catálogos dos fabricantes.

O segundo método, mais complexo, é aplicado em situações nas quais se deseja definir melhor a distribuição de iluminância no plano de trabalho. Para o cálculo, são necessários os valores de intensidade luminosa das luminárias em diferentes direções, dados que nem sempre são

disponibilizados nos catálogos técnicos dos fabricantes. Geralmente, a aplicação deste método exige o uso de ferramentas computacionais para a realização dos cálculos.

A maioria dos programas computacionais existente no mercado nacional emprega o Método dos Lumens como princípio de cálculo, além de utilizarem apenas equipamentos de uma mesma marca, pois geralmente são elaborados pelos fabricantes de equipamentos.

O Método Ponto-a-ponto tem sido aplicado no dimensionado de sistemas de iluminação externa, enquanto que, em ambientes internos o Método dos Lumens é o mais utilizado. A equação básica do Método dos Lumens garante que a iluminância média no plano de trabalho atinja o nível desejado – dado de entrada para o cálculo. Porém, sabe-se que em determinados locais do ambiente, mais próximos às paredes e entre duas luminárias adjacentes, os níveis de iluminação poderão estar abaixo da média, dependendo do tipo de distribuição luminosa da luminária adotada. Para evitar esse problema, o projetista deve estar atento para a distribuição de luminárias, respeitando certos limites de distância máxima entre elas. Esse espaçamento depende principalmente da forma como o fluxo luminoso é distribuído pela luminária.

PHILIPS (1986) recomenda que a distância máxima entre duas luminárias adjacentes seja de $2/3$ da altura de montagem, na direção transversal às luminárias, e $1/3$ da altura de montagem, na direção longitudinal às luminárias. Em sua dissertação de mestrado, **GHSI (1997)** adotou $2/3$ da altura de montagem como espaçamento máximo entre luminárias nos dois sentidos: longitudinal e transversal.

Um sistema composto por luminárias que provoquem um direcionamento maior do fluxo para baixo, como certos modelos equipados com refletores de alumínio e aletas duplo-parabólicas, certamente deverá apresentar menor distanciamento entre as luminárias. Já as luminárias mais difusoras (com refletores brancos, por exemplo) poderão ser instaladas com maior afastamento entre si.

Muitas vezes, a necessidade de aproximação entre as luminárias para garantir a uniformidade dos níveis de iluminância no plano de trabalho acaba por superdimensionar o sistema de iluminação. Os fabricantes de equipamentos poderiam fornecer em seus catálogos os valores máximos de distância entre as luminárias que deveriam ser respeitados para manter uma iluminação homogênea no plano de trabalho. Na falta dessa informação, a aplicação do Método Ponto-a-ponto para traçar as curvas isolux no ambiente permite um estudo melhor do posicionamento das luminárias, evitando-se assim, o superdimensionamento do sistema ou regiões de baixos níveis de iluminação.

A aplicação do Método Ponto-a-ponto exige o conhecimento da intensidade luminosa da luminária em diferentes direções. A maioria dos catálogos técnicos apresenta valores de intensidades em dois planos principais – transversal e longitudinal – plotados em gráficos, denominados de curvas polares. Neste trabalho, desenvolveu-se uma metodologia para interpolação dos dados de intensidade entre as duas direções básicas que constam nos catálogos.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para determinação da intensidade luminosa de luminárias em diferentes direções. Esta metodologia será aplicada na elaboração de um algoritmo para cálculo de iluminação interna, baseada no Método Ponto-a-ponto, utilizando-se equipamentos de iluminação de marcas diferentes.

3. METODOLOGIA

3.1 O Método Ponto-a-ponto

Através do Método Ponto-a-ponto pode-se calcular a iluminância num ponto de interesse e média no plano de trabalho, provocada por fontes de luz artificiais. Geralmente, é empregado para situações onde são utilizados sistemas de iluminação localizada, para tarefas visuais específicas, ou para o dimensionamento de sistemas de iluminação externa.

A iluminância em um ponto situado num plano horizontal provocada por uma fonte de luz pontual é calculada através da Equação 1 (**REA, 1993**). Essa equação considera apenas a contribuição de luz da luminária em questão. Para compor a iluminância total no ponto deve-se considerar a contribuição de

todas as luminárias do ambiente, como também, das parcelas refletidas pelas superfícies (teto, paredes e piso). O esquema da Figura 1 ilustra todas as componentes de luz artificial que contribuem para a iluminância total no ponto P.

$$E_i = \frac{I_{p_{total}} \times \cos^3 \alpha}{H^2} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde: E_i = iluminância produzida pela luminária i (lux)

H = distância do centro da luminária até o ponto da malha (m)

$I_{p_{total}}$ = intensidade luminosa da luminária i em direção ao ponto de interesse (cd)

α = ângulo formado pelo centro da luminária, o ponto da malha desejado e o ponto logo abaixo da luminária, representado na Figura 2.

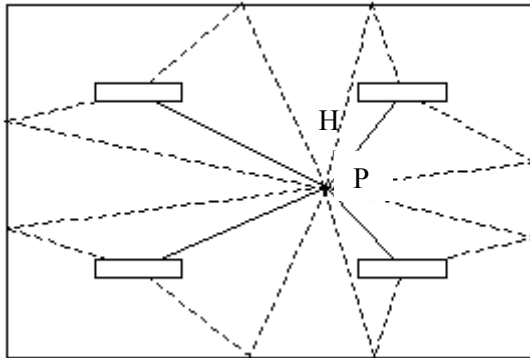


Figura 1. Fontes de luz artificial que atingem um ponto qualquer (P) no plano de trabalho.

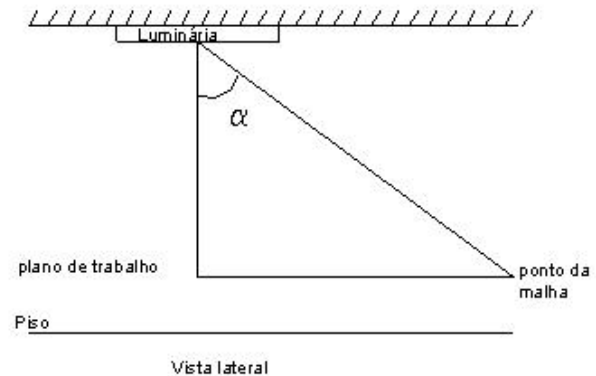


Figura 2. Corte transversal de uma luminária indicando o ângulo α .

A iluminância média no ambiente é obtida através da média aritmética da iluminância calculada para uma malha de pontos definida no plano de trabalho. Geralmente, essa malha é definida pela divisão do ambiente em quadrados de 0,5 m de lado.

1.2 Elaboração da Metodologia para Interpolação dos Valores de Intensidade

Em catálogos de luminárias, são apresentados apenas valores de intensidade luminosa (em candelas por 1.000 lumens) nas direções 0° - 180° e 90° - 270° (Figura 3). Apenas esses dois planos são insuficientes para estimar a intensidade luminosa da luminária em qualquer direção. Devido a esta carência de informações, apresenta-se um método para interpolação dos valores em diversas direções.

Primeiro, encontra-se o ângulo α (indicado na Figura 2) para o ponto de interesse. Em seguida, determina-se a intensidade luminosa para este mesmo ângulo a partir das curvas de distribuição nos planos 0° - 180° (longitudinal) e 90° - 270° (transversal), apresentadas nos catálogos dos fabricantes. As duas intensidades obtidas são denominadas $I_{\alpha 180}$ e $I_{\alpha 270}$, respectivamente. Sobre estes dois valores, aplicam-se fatores de peso que representam a contribuição da intensidade luminosa dos planos principais sobre o plano de interesse (Equação 2). Matematicamente, o fator de peso é representado pelo ângulo entre o eixo longitudinal e o ponto da malha desejado, indicado na Figura 3 como θ .

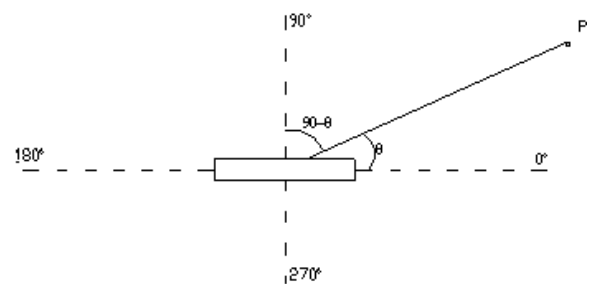


Figura 3. Vista superior da luminária indicando os planos principais de intensidades luminosas e o ângulo θ .

$$I_p = P_1 \times I_{\alpha 180} + P_2 \times I_{\alpha 270} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde: I_p = Intensidade luminosa em direção ao ponto de interesse (cd/1.000 lumens)

$$P_1 = (90 - \theta) / 90$$

$$P_2 = \theta / 90$$

Como os catálogos dos fabricantes apresentam os valores de intensidade normalizados para 1.000 lm de fluxo luminoso, multiplica-se I_p pelo fluxo luminoso da lâmpada utilizada e pelo número de lâmpadas na luminária (Equação 3).

$$I_{total} = F \times n \times I_p \quad [\text{Eq. 3}]$$

Onde: I_{total} = intensidade luminosa total da luminária em direção ao ponto de interesse, em candelas.

I_p = intensidade luminosa da luminária em direção ao ponto de interesse, em cd/1.000lm

F = fluxo luminoso de cada lâmpada (klm)

n = número de lâmpadas

Desconsiderando-se a reflexão de luz nas superfícies do ambiente, a iluminância total em um ponto da malha é definida pelo somatório dos valores de iluminância calculados para todas as luminárias (Equação 4).

$$E_t = \sum_{i=1}^n E_i \quad [\text{Eq.4}]$$

Onde: E_t = iluminância total no ponto (lux)

n = número de luminárias

E_i = iluminância provocada por cada luminária (lux)

A influência da parcela de luz refletida no teto, paredes e piso que atinge o ponto de interesse será tratada numa etapa futura da pesquisa. No presente trabalho, apresenta-se apenas a metodologia para interpolação dos valores de intensidade luminosa das luminárias, em direções que não constam nos catálogos dos fabricantes.

1.3 Validação do Método

A verificação dos dados gerados pelo método de interpolação pode ser feita através de medições das propriedades das luminárias utilizadas ou com base em dados disponíveis na literatura. Tais medições podem ser realizadas em um goniofotômetro, equipamento próprio para esta finalidade e de elevado custo, motivo pelo qual existem poucos exemplares no Brasil. Outra maneira de se obter a intensidade luminosa de uma luminária em diversas direções seria utilizar um luminancímetro, mirando-o contra a luminária a partir das direções desejadas. A utilização de um equipamento ou de outro, exige a aquisição de algumas luminárias para ensaio.

Pesquisando-se os catálogos de luminárias de diversos fabricantes nacionais, não foram encontrados dados de intensidade luminosa para direções diferentes dos 2 planos básicos: 0°-180° e 90°-270°. Porém, o *software Calculux*, desenvolvido pela Philips Electronics®, utiliza o Método Ponto-a-ponto para o dimensionamento de sistemas de iluminação interna e possui em sua base de dados, os valores de intensidade luminosa de cada luminária em até 7 planos.

Evitando-se o custo adicional na aquisição de modelos de luminárias para verificação dos valores de intensidade a partir de medições, optou-se por utilizar o *software Calculux* como padrão para avaliação dos resultados encontrados através do processo de interpolação desenvolvido.

O *Calculux* fornece a iluminância em cada ponto pertencente à malha distribuída no ambiente tendo como dados definidos pelo usuário: as dimensões da sala, o tipo de luminária, as distâncias dos pontos da malha, os coeficientes de reflexão das paredes e teto, a quantidade de luminárias e suas posições, o tipo de lâmpadas e seu fluxo luminoso.

1.4 Parâmetros de Cálculo

A metodologia apresentada no item 3.2 foi aplicada a uma sala hipotética, quadrada, com 5m de lado e altura de montagem da luminária de 2m (2,5m de pé-direito e plano de trabalho de 0,5m). A sala foi subdividida a cada 0,5m na direção do comprimento e da largura, formando-se a malha de pontos. Foram consideradas nulas todas as reflexões das superfícies da sala (teto, piso e paredes), sendo a quantidade de luz incidente em cada ponto devida apenas à contribuição direta da luminária.

Foram utilizados apenas equipamentos da marca Philips, uma vez que o programa *Calculux*, utilizado como padrão de comparação, possui em sua base de dados apenas produtos Philips. Cada luminária avaliada era supostamente colocada no meio da sala.

4. RESULTADOS

4.1 Modelos e Características dos Equipamentos Considerados

A Tabela 1 apresenta os modelos das lâmpadas e luminárias da marca Philips, que foram utilizados no desenvolvimento dos cálculos. Apresenta-se também o número de lâmpadas por luminária, a potência de cada lâmpada (W) e seu fluxo luminoso (lm). Foram selecionados apenas os modelos aplicáveis a sistemas de iluminação interna e que constavam na base de dados do *Calculux*. Todas as luminárias selecionadas são do tipo direta, que direcionam o fluxo luminoso diretamente sobre a superfície a ser iluminada. Mais detalhes sobre estes equipamentos podem ser obtidas em **PHILIPS (1996a)** e **PHILIPS (1996b)**.

Tabela 1 – Modelos de lâmpadas e luminárias considerados nos cálculos.

| Luminárias | Lâmpadas | Nº de Lâmpadas por Luminária | Potência de cada Lâmpada (W) | Fluxo Luminoso da Lâmpada (lm) |
|-------------|--------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| TBS-100 | TLDRS32/84 | 2 | 32 | 2700 |
| TCW-500 | TLDRS32/84 | 2 | 32 | 2700 |
| TCS-029 | TLDRS32/84 | 2 | 32 | 2700 |
| TBS-029 | TLDRS32/84 | 2 | 32 | 2700 |
| FBS-029 | PL-11W | 2 | 11 | 900 |
| TBH-925 | TL5 14/84 | 4 | 14 | 1350 |
| TBS-312 | TLDRS32/84 | 2 | 32 | 2700 |
| HDK-472 | SON400 | 1 | 400 | 47000 |
| TMS-500 | TLDRS32/84 | 2 | 32 | 2700 |
| TCK-431 | TLTRS 110/75 | 2 | 110 | 7600 |
| MBF-100L | MHN-TD150 | 1 | 150 | 12000 |
| DOWNL 92001 | MHN-TD150 | 1 | 150 | 12000 |
| FBN-804 | PL-23 | 1 | 23 | 1500 |
| FBN-250 | PLC18 | 2 | 18 | 1200 |

4.2 Validação do Método

Foi realizada uma comparação entre os valores de iluminância encontrados através da metodologia de interpolação criada e o *Calculux*. Os itens 4.2.1 e 4.2.2 apresentam detalhadamente o resultados obtidos para o melhor e o pior caso. O item 4.2.3 apresenta uma síntese dos resultados obtidos para todas as luminárias testadas.

Na apresentação dos resultados, o ângulo α utilizado nos cálculos foi limitado a 45°, pois para maiores aberturas observou-se que a quantidade de luz a atingir o plano de trabalho é pouco significativa. Em geral, as luminárias de distribuição de luz direta apresentam baixas intensidades para ângulos maiores que 45°.

4.1.1 Modelo com Melhor Resultado

O conjunto lâmpadas/luminária que apresentou resultados mais próximos entre os dois métodos (interpolação e *Calculux*) é formado por 2 lâmpadas modelo TLTRS 110/75 (fluorescente tubular de 110W e fluxo luminoso de 7.600lm) e a luminária modelo TCK-431, que possui refletores brancos e apresenta curvas de distribuição para os 2 planos principais muito semelhantes entre si. O rendimento dessa luminária, com as lâmpadas citadas acima, é de 81%, segundo o fabricante (**PHILIPS, 1996b**).

As Figuras 4 e 5 apresentam as curvas isolux obtidas através do *Calculux* e do método proposto para interpolação dos valores de intensidade, respectivamente. Nota-se uma grande semelhança entre os resultados dos dois métodos para esta luminária.

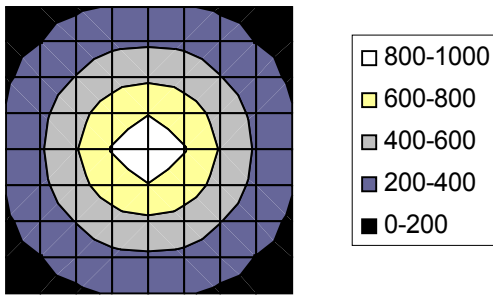


Figura 4 – Curvas isolux obtidas através do *Calculux* – para o melhor resultado.

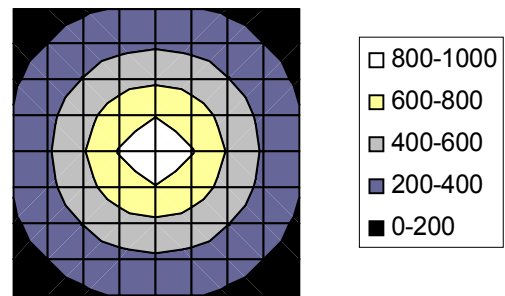


Figura 5 – Curvas isolux obtidas através de interpolação dos valores de intensidade – para o melhor resultado.

A Tabela 2 apresenta as diferenças percentuais entre os resultados do processo de interpolação criado e do *Calculux*. As células representam a malha de pontos teórica sobre o plano de trabalho.

Tabela 2 – Diferença percentual (%) entre os valores de iluminância calculados através do processo de interpolação e do *Calculux* – para o melhor resultado.

| Distância (m) | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 |
|---------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| 0,5 | -1,4 | -0,4 | 1,1 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 1,1 | -0,4 | -1,4 |
| 1,0 | -0,6 | 1,3 | -2,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -2,0 | 1,3 | -0,6 |
| 1,5 | 1,0 | -2,2 | 0,3 | -0,6 | 0,0 | -0,6 | 0,3 | -2,2 | 1,0 |
| 2,0 | 0,5 | -1,8 | -0,7 | -0,1 | 0,0 | -0,1 | -0,7 | -1,8 | 0,5 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| 3,0 | 0,5 | -1,8 | -0,7 | -0,1 | 0,0 | -0,1 | -0,7 | -1,8 | 0,5 |
| 3,5 | 1,0 | -2,2 | 0,3 | -0,6 | 0,0 | -0,6 | 0,3 | -2,2 | 1,0 |
| 4,0 | -0,6 | 1,3 | -2,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -2,0 | 1,3 | -0,6 |
| 4,5 | -1,4 | -0,4 | 1,1 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 1,1 | -0,4 | -1,4 |

A diferença entre os dois resultados é muito pequena, atingindo um erro máximo de 1,4% negativo e médio de -0,3% em relação ao valor estimado pelo *Calculux*. Analisando-se as curvas polares de intensidade luminosa (transversal e longitudinal) para a luminária modelo TCK-431 (Figura 6), nota-se que o formato das curvas nos 2 planos perpendiculares é muito semelhante, sugerindo que a interpolação entre os dois resultaria num círculo, representado nas Figuras 4 e 5. Quanto mais próxima de um círculo for a distribuição luminosa ao redor da luminária, mais preciso será o resultado da interpolação de valores de intensidade descritos neste trabalho.

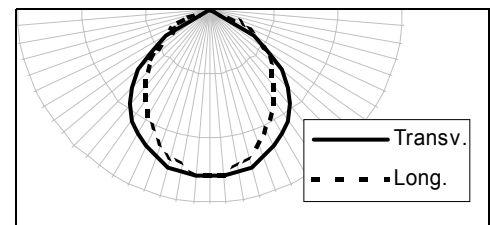


Figura 6. Curvas polares da luminária TCK-431.

4.2.2 Modelo com Pior Resultado

O conjunto lâmpadas/luminária que apresentou resultados mais afastados entre os dois métodos (interpolação e *Calculux*) é formado pela lâmpada modelo TLDRS 32/84 (fluorescente tubular de 32W e fluxo luminoso de 3.200lm) e a luminária modelo TBS-100, que possui refletores e aletas duplo-parabólicas de alumínio polido, apresentando curva de distribuição do tipo “asa de morcego”. O rendimento dessa luminária, com as lâmpadas citadas acima, é de 58%, segundo o fabricante (PHILIPS, 1996b).

As Figuras 7 e 8 apresentam as curvas isolux obtidas através do *Calculux* e do método proposto para interpolação dos valores de intensidade, respectivamente. Neste caso, a diferença entre os dois resultados é notável, pois as curvas polares transversal e longitudinal são muito diferentes entre si.

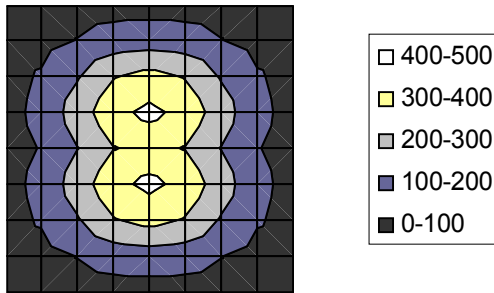


Figura 7 – Curvas isolux obtidas através do *Calculux* – para o pior resultado.

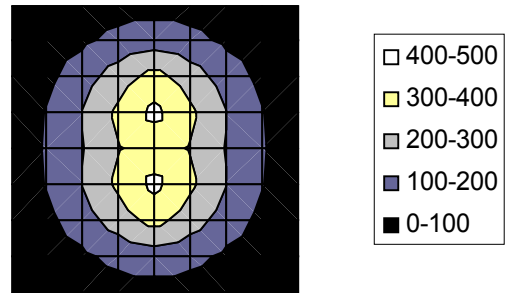


Figura 8 – Curvas isolux obtidas através de interpolação dos valores de intensidade – para o pior resultado.

A Tabela 3 apresenta as diferenças percentuais entre os resultados do processo de interpolação criado e do *Calculux*. As células representam a malha de pontos teórica sobre o plano de trabalho.

Tabela 3 – Diferença percentual (%) entre os valores de iluminância calculados através do processo de interpolação e do *Calculux* – para o pior resultado.

| Distância (m) | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 0,5 | -42,1 | -29,8 | -17,5 | -9,5 | 0,0 | -9,5 | -17,5 | -29,8 | -42,1 |
| 1,0 | -39,6 | -27,2 | -19,6 | -10,6 | 0,0 | -10,6 | -19,6 | -27,2 | -39,6 |
| 1,5 | -34,9 | -31,5 | -22,3 | -14,8 | 0,0 | -14,8 | -22,3 | -31,5 | -34,9 |
| 2,0 | -21,7 | -21,6 | -18,1 | -12,7 | 0,0 | -12,7 | -18,1 | -21,6 | -21,7 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 3,0 | -21,7 | -21,6 | -18,1 | -12,7 | 0,0 | -12,7 | -18,1 | -21,6 | -21,7 |
| 3,5 | -34,9 | -31,5 | -22,3 | -14,8 | 0,0 | -14,8 | -22,3 | -31,5 | -34,9 |
| 4,0 | -39,6 | -27,2 | -19,6 | -10,6 | 0,0 | -10,6 | -19,6 | -27,2 | -39,6 |
| 4,5 | -42,1 | -29,8 | -17,5 | -9,5 | 0,0 | -9,5 | -17,5 | -29,8 | -42,1 |

Analisando-se as figuras 7 e 8 nota-se uma diferença grande entre os resultados obtidos através dos dois métodos – *Calculux* e interpolação. Para esta luminária, o erro dos resultados obtidos através da interpolação dos valores de intensidade chega a -42,1% em relação ao valor estimado pelo *Calculux*. Em média, o erro obtido foi de -18,4%. Examinado as curvas polares de intensidade luminosa (transversal e longitudinal) para a luminária modelo TBS-100 (Figura 9), observa-se que o formato destas é bastante diferente entre si. Devido a essa característica, os valores interpolados tendem a se afastar dos valores reais, aumentando assim o percentual de erro.

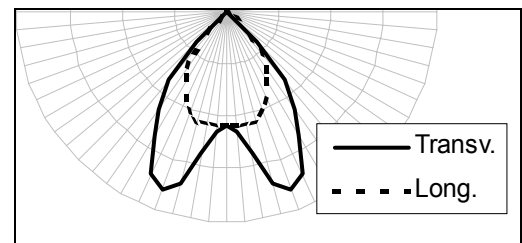


Figura 9. Curvas polares da luminária TBS-100.

4.1.2 Análise dos Demais Modelos

A Tabela 4 apresenta a iluminância média (média aritmética da malha de pontos) encontrada com auxílio do *Calculux* e através do processo de interpolação desenvolvido, e também a diferença percentual entre as mesmas.

Observa-se que a diferença entre os resultados apresentados pelo dois métodos (interpolação e *Calculux*) é maior para as luminárias que possuem refletores de alumínio e aletas (últimas 3 linhas da tabela 4), sejam elas brancas ou de alumínio. Esses tipos de luminárias apresentam controle da distribuição luminosa muito mais acentuada no sentido transversal (90° - 270°) do que no longitudinal, aumentando a diferença entre as duas curvas polares.

Tabela 4 – Síntese dos resultados obtidos para os demais modelos de luminárias.

| Luminária (Philips) | Conjunto óptico da luminária | Lâmpadas (Philips) | Tipo de Lâmpada | Iluminância média (lux) Calculux | Iluminância média (lux) Interpolação | Diferença (%) |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| TCK-431 | Refletores brancos | TLTRS110/75 | Fluorescente tubular (T8) | 345,0 | 344,2 | -0,2 |
| TCS-029 | Refletores e aletas brancas | TLDRS32/84 | Fluorescente tubular (T8) | 115,0 | 115,5 | 0,4 |
| MBF-100L | Refletor de alumínio | MHN-TD150 | Vapor metálico | 368,0 | 366,2 | -0,5 |
| HDK-472 | Refletor de alumínio | SON400 | Vapor de sódio | 1409,0 | 1401,4 | -0,5 |
| FBS-029 | Refletores e aletas brancas | PL-11W | Fluorescente compacta | 39,0 | 38,7 | -0,8 |
| TBS-029 | Refletores e aletas brancas | TLDRS32/84 | Fluorescente tubular (T8) | 116,0 | 114,5 | -1,3 |
| DOWNL92001 | Refletor de alumínio | MHN-TD150 | Vapor metálico | 337,0 | 342,4 | 1,6 |
| FBN-804 | Refletor de alumínio | PL-23 | Fluorescente compacta | 26,0 | 25,5 | -2,1 |
| TCW-500 | Difusor acrílico | TLDRS32/84 | Fluorescente tubular (T8) | 76,0 | 74,2 | -2,4 |
| TMS-500RA | Refletores de alumínio | TLDRS32/84 | Fluorescente tubular (T8) | 69,0 | 66,5 | -3,6 |
| FBN-250 | Refletor de alumínio | PLC18 | Fluorescente compacta | 63,0 | 58,7 | -6,8 |
| TBH-925 | Refletor e aletas parab. de alumínio | TL5 14/84 | Fluorescente tubular (T5) | 163,0 | 151,5 | -7,1 |
| TBS-312 | Refletor de alumínio e aletas brancas | TLDRS32/84 | Fluorescente tubular (T8) | 152,0 | 138,4 | -8,9 |
| TBS-100 | Refletor e aletas parab. de alumínio | TLDRS32/84 | Fluorescente tubular (T8) | 141,0 | 122,6 | -13,0 |

5. CONCLUSÕES

A precisão do método de interpolação apresentado é maior para luminárias que apresentam grande semelhança entre as curvas polares dos 2 planos principais. O formato das curvas polares tem influência também sobre a contribuição da luminária na iluminância do ponto de interesse, sendo que quanto mais focalizadas na região logo abaixo da luminária, menor é a sua contribuição para os pontos mais afastados. A diferença entre os padrões de distribuição luminosa de cada luminária indica que não se pode adotar apenas um limite de espaçamento máximo entre luminárias adjacentes para todos os modelos. Esse espaçamento seria mais bem definido aplicando-se o Método Ponto-a-ponto para determinar a iluminância obtida na malha de pontos sobre o plano de trabalho.

Cabe salientar que a aplicação do Método Ponto-a-ponto para determinação da iluminância no plano de trabalho deve considerar também a contribuição das parcelas refletidas nas superfícies da sala. Tais parcelas foram desconsideradas neste trabalho porque se desejava apenas identificar a intensidade luminosa advinda da luminária.

A próxima etapa do trabalho pretende envolver equipamentos de outros fabricantes, desenvolvendo-se um algoritmo para cálculo da iluminância para sistemas compostos por mais de uma luminária. Este algoritmo deverá considerar também a refletância das superfícies na composição do fluxo luminoso total que atinge o plano de trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GHISI, Enedir (1997). **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, agosto/97, 246 p.
- REA, M. S. (1993). **Lighting Handbook**. 8ª ed. N.Y.
- PEREIRA, Fernando O. R.; SOUZA de, Marcos B (1999). **Apostila De Iluminação**. UFSC
- PHILIPS (1996a). **Catálogo Geral Philips Iluminação**. São Paulo – SP.
- PHILIPS (1996b). **Luminárias**. São Paulo – SP.
- PHILIPS (1986) **Manual de Iluminação**. 3ª edição. Holanda : Philips Lighting Division.