

# UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS E CONTROLE DE ENERGIA

## GONIOFOTÔMETRO INTELIGENTE ASSOCIADO AO TRAÇAMENTO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS CLÁSSICAS DE LUMINOTÉCNICA

**Autor: Wanderley Mauro Dib**

**Orientador: Prof. Dr. José Pissolato Filho**

### **Banca Examinadora**

Prof. Dr . Manoel Eduardo Miranda Negrisoli ..... ANEEL  
Prof. Dr . Paulo Estevão Cruvinel ..... EMBRAPA  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Francisca Aparecida de Camargo Pires ..... UNICAMP  
Prof. Dr . Luiz Carlos Kretly ..... UNICAMP  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Dias Tavares ..... UNICAMP  
Prof. Dr . Peter Jürgen Tatsch ..... UNICAMP

**Tese de Doutorado** apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Energia Elétrica

Campinas, 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA – BAE - UNICAMP



## Resumo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa econômica e compacta para o levantamento fotométrico e traçamento de curvas características clássicas de luminotécnica. São apresentados os conceitos adotados e a concepção do projeto para que o goniôfotômetro possa atuar automaticamente, bastando que sejam fixados as luminárias ou projetores, simétricos ou assimétricos. Trata-se de uma solução de grande interesse para o setor e que atenderá às necessidades de fabricantes, escolas técnicas, universidades, centros e institutos de pesquisa, abrindo frentes de pesquisas até o momento pouco exploradas por falta de equipamento semelhante.

**Palavras-Chave:** Iluminação, Luminotécnica, Conservação de Energia.

## Abstract

The present work has the objective to present an economic and compact alternative for the photometric survey and tracing of classic photometric characteristic curves. The adopted concepts and the conception of the project are presented so that the goniophotometer can act automatically as long as the lights or projectors are fixed, symmetrical or anti-symmetrical. It is a solution of great interest for the sector and that will take care of the necessities of manufacturers, schools techniques, universities, centers and institutes of research, opening fronts of research, so far little explored for the similar equipment non-availability.

**Key-Words:** Lighting, Illuminating Engineering, Conservation of Energy.

## Agradecimentos

O presente trabalho é fruto de uma árdua e longa dedicação em pesquisa e contou com a colaboração de pesquisadores, engenheiros, técnicos e empresários do setor. A orientação científica do trabalho foi fundamental no seu desenvolvimento e, portanto, um agradecimento especial deve ser feito ao **Prof. Dr. José Pissolato Filho** (Orientador) e particularmente à **Prof<sup>a</sup>. Dra. Francisca Aparecida de Camargo Pires**, que mui gentilmente incentivou e contribuiu com opiniões esclarecedoras e extremamente oportunas.

Ao **Prof. Nicola Bloise**, pesquisador do **IBT - Instituto Barretos de Tecnologia**, os agradecimentos pelos avanços conseguidos durante discussões acaloradas sobre as alternativas e decisões tomadas.

Agradecimentos aos **dirigentes do IBT** por disponibilizarem o Laboratório, Biblioteca, Internet, computadores e os auxiliares **Silvana Pinheiro, João Batista Miranda e Roger Mauro Dib**, para o trabalho de digitação e de desenhos técnicos.

Agradecimentos ao **Eng. Carlos Quinholi** e aos Técnicos **Ângelo Machado, Norival Calli e Denis Soares de Oliveira** da empresa **Quin Quest Technology**, que colaboraram quanto ao desenvolvimento e montagem do sistema de automação, assim como na programação no Labview.

Agradecimentos ao **Prof. Francisco de Assis Scannavino Júnior** pela colaboração na operacionalização do MatLab.

Agradecimentos aos **Analistas de Sistemas Márcio Pereira da Silva e Adriano Aurélio Dib**, que contribuíram durante a programação do software **SILUG** para cálculo de iluminâncias.

Agradecimentos ao **Analista de Sistema César Wace** pela contribuição dada na elaboração da simulação digital animada do goniofotômetro.

Agradecimentos ao **Empresário Marcos Fuzaro**, Diretor da **Revoluz Iluminação**, que necessitando de um Goniofotômetro para sua empresa, se dispôs a custear a fabricação, montagem e aquisição dos softwares utilizados, segundo as orientações técnicas do autor do trabalho. Com essa parceria, além de se viabilizar o laboratório da Empresa, a **Revoluz** se dispôs fornecer um conjunto completo ao **IBT**, semelhante ao implantado em seu laboratório. Enquanto a **Revoluz** pretende utilizar o goniofotômetro para desenvolvimento de suas luminárias, o **IBT** pretende ser qualificado para emissão de Certificado de Conformidade e de Qualidade de luminárias do mercado conforme padrão internacional, além de abrir linhas de pesquisa e desenvolvimento na área de iluminação.

Finalmente, os agradecimentos aos Docentes e Funcionários da **Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP**, pelo apoio, excelente ambiente acadêmico e pelos ensinamentos que proporcionaram a base para o desenvolvimento e conclusão desse trabalho.

**Wanderley Mauro Dib**

## Prefácio

No Capítulo I, é apresentado o estado-da-arte e a justificativa da razão de ser do presente trabalho. No Capítulo II, mostram-se as grandezas, unidades, curvas características clássicas de luminotécnica, em especial as isocandelas, com demonstração de sua elaboração e interpretação em projeção senoidal, azimutal e cilíndrica, conforme recomendação de normas técnicas e dados obtidos de goniofotômetros (Intensidade luminosa em candelas). O Capítulo III mostra o modelo matemático que é utilizado para o cálculo das iluminâncias (lux), ponto-a-ponto, considerando-se a contribuição de um conjunto de luminárias, assim como as reflexões das superfícies do seu contorno, ou seja, teto, parede e piso. O Capítulo IV mostra como se obter, através do *Software* SILUG, desenvolvido no presente trabalho, as Iluminâncias em planos horizontais e verticais em iluminação esportiva, pública e de escritórios e galpões industriais, com áreas de qualquer configuração geométrica e com a instalação de luminárias e projetores diferentes em alturas variadas. O Capítulo V mostra um estudo de caso, comparando-se os resultados dos cálculos das iluminâncias horizontais, onde se utilizam duas opções de luminárias de mercado, cujos dados fotométricos foram levantados no Goniofotômetro. A comparação mostra a importância do presente trabalho, principalmente com relação à conservação de energia, sem se comprometer a qualidade da iluminação. Neste capítulo fica evidente a importância do Goniofotômetro, uma vez que sem o qual não é possível se obter a simulação antes do investimento, com segurança e confiabilidade. O Capítulo VI trata exclusivamente do levantamento fotométrico, ou seja, da concepção e da solução encontrada para viabilizar o acesso a tal equipamento, para uso de indústrias, engenheiros, universidades e centros de pesquisa, desmistificando essa questão com solução e tecnologia brasileiras. A solução apresentada é compacta, de fácil instalação e perfeitamente adaptável em instalações físicas disponíveis em laboratórios de pesquisa e desenvolvimento de protótipos e modelos de luminárias e projetores.

## Sumário

Resumo e Abstract .....	i
Agradecimentos .....	ii
Prefácio .....	iii
Sumário .....	iv
Capítulo I - Introdução e justificativa .....	1
I.1 - Introdução .....	1
I.2 - Justificativa .....	2
Capítulo II - Grandezas, unidades e curvas características .....	5
II.1 - Fluxo radiante .....	5
II.2 - Fluxo luminoso .....	5
II.3 - Intensidade luminosa .....	7
II.4 - Curvas fotométricas ou de distribuição luminosa .....	8
II.5 - Curvas isocandelas .....	12
II.5.1 - Curvas Isocandelas em Projeção Senoidal .....	13
II.5.2 - Curvas Isocandelas em Projeção Azimutal .....	15
II.5.3 - Curvas Isocandelas em Projeção Cilíndrica .....	17
II.6 - Iluminância .....	19
II.7 - Curvas Isolux .....	19
II.8 - Luminância .....	20
II.9 - Reflexão, Transmissão e Absorção da Luz .....	21
II.9.1 - Fator de Reflexão .....	22
II.9.2 - Fator de Transmissão .....	23
II.9.3 - Fator de Absorção .....	23
Capítulo III - Cálculo Luminotécnico .....	27
III.1 - Iluminância Produzida por uma Fonte Puntiforme .....	27
III.2 - Cálculo do Rendimento da Luminária .....	32
III.3 - Cálculo do Rendimento de uma Luminária Pública com Levantamento de Dados Feitos no Goniofotômetro .....	32
Capítulo IV - Cálculo para Traçamento de Curvas Isolux Integradas .....	37
IV.1 - Descrição do Software SILUG – Esportivo .....	38
IV.2 - Descrição do Software SILUG – Público .....	39
IV.3 - Descrição do Software SILUG – Interno .....	39

IV.4 - Cálculo de Iluminação de Campos, Quadras e Ginásios Esportivos com Projetores Simétricos e/ou Assimétricos .....	40
IV.4.1 - Cálculo do Ângulo Horizontal do Levantamento Fotométrico .....	42
IV.4.2 - Cálculo do Ângulo Vertical do Levantamento Fotométrico .....	45
IV.4.3 - Cálculo do Ângulo de Posição do Ponto de Cálculo .....	45
IV.4.4 - Cálculo das Iluminâncias Horizontais e Verticais no Ponto de Cálculo..	46
IV.4.5 - Cálculo das Iluminâncias com os Projetores Paralelos ao Plano a ser Iluminado, porém com uma posição " $\varphi_m$ " em relação ao eixo "x" .....	51
IV.4.6 - Disposição dos Projetores e/ou Luminárias para Iluminação de Campos e Quadras Esportivos .....	54
IV.4.7 - Disposição dos projetores e/ou luminárias para Iluminação de ginásios esportivos .....	57
IV.4.8 - Fluxo de cálculo para a disposição de projetores e/ou luminárias nos campos, quadras e ginásios esportivos .....	58
IV.4.9 - Fluxo de Cálculo de Iluminação de Campos, Quadras e Ginásios Esportivos, com Projetores e/ou Luminárias com ou sem Inclinação .....	61
IV.5 - Iluminação Pública .....	64
IV.5.1 - Disposição de Luminárias em Vias Públicas .....	65
IV.5.2 - Cálculo de Iluminâncias de Vias Públicas com Luminárias a $90^0$ em Relação ao Eixo da Pista .....	68
IV.5.3 - Cálculo das Iluminâncias com luminárias dispostas de um ângulo " $\varphi_m$ ", no sentido anti-horário, em relação ao eixo "x" positivo, paralelo ao eixo da Pista .....	70
IV.5.4 - Fluxo de Cálculo para Disposição de Luminárias em Vias Públicas .....	74
IV.6 - Iluminação de Praças e Pátios .....	76
V.7 - Iluminação de Escritórios e Galpões Industriais .....	79
IV.7.1 - Determinação dos Ângulos Horizontais e Verticais para Luminárias Posicionadas na Direção de " $\varphi_m$ " .....	79
IV.7.2 - Determinação da Área do Local e posicionamento das Paredes .....	80
IV.7.3 - Contribuição das Reflexões do Teto, Paredes e Piso na Determinação da Iluminância Total da Área do Local .....	80
Capítulo V - Estudo de Caso .....	83
V.1 - Dados do Local .....	83
V.2 - Luminárias Escolhidas .....	84
V.3 - Resultado dos Cálculos .....	86
V.4 - Conclusão .....	90

Capítulo VI - Goniôfotômetro Inteligente .....	93
VI.1 - Operação de Ajuste da Posição da Fonte Luminosa .....	99
VI.2 - Detalhes das Peças .....	100
VI.3 - Alinhamento do Sistema Óptico .....	103
VI.4 - Lógica de Funcionamento e Ferramentas Utilizadas .....	103
VI.4.1 - Simulação Virtual de Luminárias e Projetores .....	103
VI.4.2 - Ferramentas Utilizadas para Validação da Simulação Virtual .....	105
VI.4.3 - Software de Traçamento de Curvas Características .....	108
VI.4.4 - Validação das Curvas Virtuais Através das Curvas Reais Levantadas pelo Goniôfotômetro Inteligente .....	109
VI.4.5 - Sistema de Acionamento .....	110
VI.4.6 - Lógica de Controle e Execução de Ensaio em Luminárias .....	111
Capítulo VII - Conclusão e Propostas para Trabalhos Futuros .....	119
VII.1 - Conclusão .....	119
VII.2 - Propostas para Trabalhos Futuros .....	122
Capítulo VIII - Referências Bibliográficas .....	123
VIII.1 - Livros, Revistas e Artigos Técnicos .....	123
VIII.2 - Sites Pesquisados .....	127
Apêndice A - Manual do Software SILUG Esportivo .....	133
Apêndice B - Manual do Software SILUG Público .....	157
Apêndice C - Manual do Software SILUG Interno .....	185
Apêndice D - Manual do Software Supervisório .....	211

---

# Capítulo I

## Introdução e Justificativa

### I.1 - Introdução

A área de Iluminação, a exemplo das demais áreas do conhecimento, tem passado por grandes avanços científicos e tecnológicos, exigindo, a cada dia profissionais mais preparados para aplicar tais inovações. Novas opções de materiais de superfícies refletoras, *design* e acessórios elétricos como reatores e ignitores, têm oferecido tecnologia aos profissionais da área, que devem utilizá-la adequadamente.

Um forte argumento para justificar uma maior atenção nesse setor se prende à conservação de energia. Evidentemente, com equipamentos elétricos, torna-se importante analisar a conservação de energia sob o ponto de vista elétrico, entretanto esse procedimento é clássico e amplamente abordado em cursos de engenharia e de pós-graduação. O que falta atualmente é uma visão mais profunda da Conservação de Energia sob o ponto de vista luminotécnico. A substituição de reatores e ignitores por outros de melhor fator de potência e/ou rendimento, pode diminuir o consumo de energia, porém não é um procedimento suficiente para garantir uma avaliação mais otimizada.

Antes de se proceder à troca de luminárias, lâmpadas e acessórios ou a redução de lâmpadas para se ter menor consumo de energia, deve-se analisar outros fatores como o nível de iluminância, uniformidade e reprodução de cores, exigidos para o ambiente de modo a não comprometer a acuidade e o conforto visual, a ponto de se garantir uma boa qualidade de luz, de grande importância para que a produtividade e a segurança não sejam comprometidas. A maneira de se avaliar o desempenho luminotécnico, é através de uso de informações dos fabricantes, que apresentam em seus informes técnicos as curvas características e outros dados complementares, associados ao

### *Introdução e justificativa*

material da superfície refletora, que devem dar subsídios que permitam aos profissionais da área decidir, de forma confiável, a melhor opção e autorizar os investimentos necessários.

Com a abertura do mercado brasileiro no modelo da economia globalizada, o Brasil se vê na situação de ter que concorrer internacionalmente com os produtos e equipamentos do setor, devidamente acompanhados de certificados de qualidade (nesta área do conhecimento), com características confiáveis e com menores custos.

No Brasil os laboratórios de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, assim como de certificação de qualidade, deixam muito a desejar, sendo que a maioria deles pertence às empresas multinacionais e os poucos disponíveis em instituições de ensino e pesquisa estão ultrapassados e são operados manualmente. Assim, as empresas brasileiras estão sem opção para desenvolver produtos e equipamentos a ponto de competir com os importados, além de não conseguir oferecer, para o mercado, luminárias com bom rendimento luminotécnico que possam contribuir com a conservação de energia, uma vez que mais lâmpadas seriam necessárias para produzir o mesmo nível de iluminância. Portanto a proposta desse trabalho é de importância estratégica e de interesse nacional, uma vez que permite qualificar as pessoas envolvidas e equipar os laboratórios de empresas em geral e das universidades, abrindo uma nova opção de especialização e pesquisa, com solução brasileira, dispensando-se importações de equipamentos caríssimos, uma vez que os detentores de tais tecnologias e conhecimentos sobre o assunto, em outros países, não os disponibilizam aos profissionais brasileiros, que ficam totalmente dependentes.

## **I.2 – Justificativa**

A condução de políticas de conservação de energia deve contemplar ou se fundamentar em procedimentos técnicos. A diminuição da quantidade de lâmpadas e seus respectivos acessórios (reatores, ignitores, etc.) parece ser um caminho natural. Entretanto, tecnicamente, existe também o compromisso de se garantir a qualidade da iluminação, isto é, não comprometer o conforto visual, mantendo-se o baixo

### *Introdução e justificativa*

ofuscamento, a maior uniformidade possível e o melhor índice de reprodução de cores. Com isto, torna-se necessário analisar uma série de combinações entre lâmpadas, luminárias, reatores, etc. Sob o ponto de vista elétrico, devem ser priorizados reatores com alto rendimento e alto fator de potência.

Essa análise geralmente é feita propondo-se racionalizar o consumo de energia elétrica. Entretanto, um dos fatores decisivos, por ser significativo ou predominante, é a qualidade da superfície refletora das luminárias, aliada à forma de distribuição espacial da luz. No entanto, estes aspectos geralmente não são devidamente analisados. A literatura geralmente adotada, associada à superficialidade no ensino de luminotécnica nos cursos de engenharia no Brasil, deixa a maioria dos profissionais sem condições de avaliar os catálogos dos fabricantes. Sem a exigência por melhores informações técnicas, pela falta de conhecimento em avaliá-las, ocorre a acomodação dos fabricantes, que não se sentem desafiados ou estimulados a investir na melhoria da qualidade de seus produtos – com raras exceções.

Prevalece ainda, no meio acadêmico, o conceito que a realização de projetos e estudos luminotécnicos não exige grandes preocupações. A dedicação a outras áreas mais tradicionais, que na sua implantação requerem grandes investimentos, tem exercido maior atração no ensino e pesquisa, exatamente por gerarem maiores oportunidades de empregos e riscos nos valores envolvidos. Mas, com o advento dos conceitos de qualidade total, implantação de normas internacionais (ISO 9000) e a globalização da economia por meio de intercâmbios e agrupamentos comerciais, o comportamento da sociedade, como um todo, está mudando.

Entre essas mudanças, observa-se uma tendência de não admitir mais a depreciação da qualidade simplesmente com a intenção de uma economia imediatista. Passou a prevalecer o estudo baseado no custo / benefício, a médio e longo prazo. Por essa razão, os estudos e projetos luminotécnicos passaram a ser tão importantes quanto os realizados em outras áreas clássicas, uma vez que exigem a cada dia maior agregação do conhecimento científico e tecnológico.

## Capítulo II

### Grandezas, Unidades e Curvas Características

Neste capítulo serão apresentadas as principais grandezas, curvas características e unidades utilizadas em iluminação, adotadas conforme definições, símbolos e vocabulário de termos técnicos da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

#### II.1 – Fluxo Radiante

É o conjunto de toda radiação do espectro eletromagnético emitido por uma fonte de luz. Sua unidade é o watt (W).

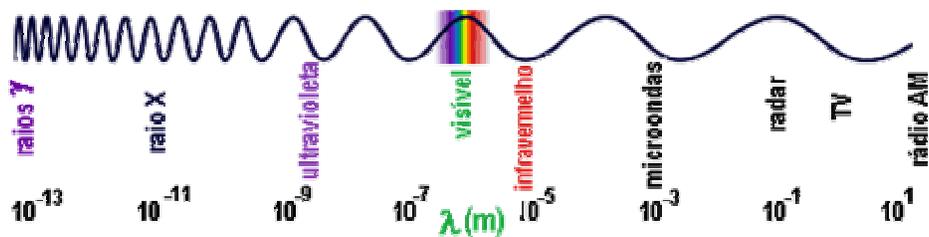


Figura II.1: Espectro eletromagnético

#### II.2 – Fluxo Luminoso

O Fluxo luminoso ( $\Phi$ ) é a grandeza característica de um fluxo energético, parte visível do espectro eletromagnético (Figura II.1), que exprime 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 C.I.E <sup>[66s]</sup> -Commission Internacionale d'Eclairage

Na Figura II.2 observa-se o espectro eletromagnético visível ampliado e na Tabela II.1 seus comprimentos de onda as freqüências correspondentes.

*Grandezas, unidades e curvas características*



**Figura II.2: Espectro eletromagnético visível**

**Tabela II.1: Comprimento de Onda e Freqüência do Espectro Eletromagnético visível**

Cor	Comprimento de onda (Å)	Freqüência ( $10^{12}$ Hz)
violeta	3800 - 4550	659 - 769
azul	4550 - 4920	610 - 659
verde	4920 - 5770	520 - 610
amarelo	5770 - 5970	503 - 520
laranja	5970 - 6220	482 - 503
vermelho	6220 - 7800	384 - 482

A unidade de fluxo luminoso é o lúmen (lm), definido como “fluxo luminoso emitido no interior de um ângulo sólido igual a um esferorradiano, por uma fonte luminosa puntiforme de intensidade invariável e igual a uma candela de mesmo valor em todas as direções” [53].

Na prática, não se tem fonte puntiforme, porém quando a maior dimensão da fonte luminosa for menor que 20% (relação 5:1) da distância que a separa do ponto no qual se encontra o luxímetro, ou o ponto em que se quer iluminar, ela atua como puntiforme<sup>[66s]</sup>. Para trabalhos de maior precisão, como em laboratórios de fotometria (Goniofotômetro), a relação utilizada, conforme recomendação da CIE – Publicação 121<sup>[66s]</sup>, é de 10:1.

Sabe-se, da geometria, que uma esfera tem  $4\pi$ <sup>[48]</sup>, ou seja, 12,56 ângulos sólidos unitários; portanto uma fonte luminosa de intensidade de uma candela terá como fluxo luminoso 12,56 lumens.

*Grandezas, unidades e curvas características*

### II.3 – Intensidade Luminosa

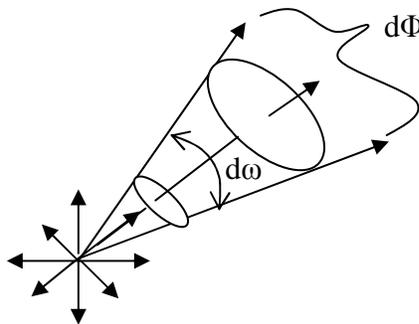
A intensidade luminosa ( $I$ ) é a parcela do fluxo luminoso de uma fonte luminosa, contida num ângulo sólido, numa dada direção. Sua unidade é a candela (cd). “A candela é a intensidade luminosa, em uma dada direção, de uma fonte que emite radiação monocromática de freqüência de  $540 \times 10^{12}$  Hz e que tem uma intensidade radiante nesta direção de  $(1/683)$  watt por esferorradiano.”<sup>[53]</sup>

Portanto, duas fontes luminosas podem ter igual potência e, no entanto, uma delas, numa dada direção, emitir muito mais luz que a outra. Para caracterizar esse fenômeno, é necessário distinguir-se, além da potência, a intensidade luminosa da fonte ( $I$ ) para cada direção do espaço.

Intensidade luminosa é o “limite da relação entre o fluxo luminoso (veja figura II.3) em um ângulo sólido em torno de uma direção dada e o valor desse ângulo sólido, quando o mesmo tende a zero” <sup>[53]</sup>

(1)

$$I = d\Phi / d\omega$$



**Figura II.3 – Noção de Intensidade luminosa**

As fontes industriais de luz não possuem, em geral, distribuição uniforme de suas intensidades luminosas, isto é, a intensidade luminosa não é a mesma em todas as direções. Tem-se então, muitas vezes, a necessidade de se determinar a intensidade luminosa média.

### *Grandezas, unidades e curvas características*

**Intensidade luminosa média vertical** é a média dos valores das intensidades luminosas medidas em todas as direções de um plano vertical passando pelo centro da fonte luminosa. (figura II.5.c) <sup>[53]</sup>

**Intensidade luminosa média horizontal** é a média dos valores das intensidades luminosas medidas em todas as direções de um plano horizontal passando pelo centro da fonte luminosa. (figura II.5.a) <sup>[53]</sup>

**Intensidade luminosa média esférica** é a média dos valores das intensidades luminosas medidas em todas as direções do espaço. <sup>[53]</sup>

**Fator de redução esférica** é o quociente da intensidade média esférica para a intensidade média horizontal. <sup>[53]</sup>

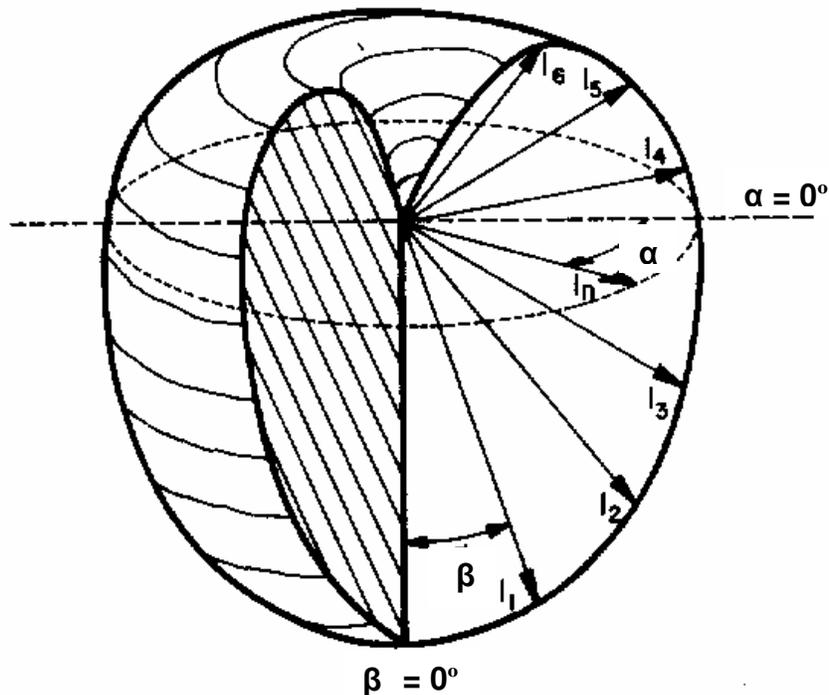
## **II.4- Curvas Fotométricas ou de Distribuição Luminosa**

As curvas são obtidas através de *softwares* gráficos, disponíveis no mercado, como por exemplo, Photolux e MatLab, tomando-se como base os dados levantados pelo goniofotômetro. Servem para orientar os projetistas quanto à forma de distribuição da luz no espaço. As curvas características mais importantes são: Curva fotométrica Polar ou Cartesiana transformada por Rousseau; Curvas Isocandelas e Curvas Isolux.

A **Curva Fotométrica** é obtida a partir das medidas da intensidade luminosa pelo fotômetro (luxímetro digital), em todas as direções segundo azimutes e declinações definidas, sendo automaticamente efetuadas conforme passos predeterminados.

A distribuição de luz realizada por uma fonte pode ser representada por uma superfície definida pela distribuição espacial dos valores da intensidade luminosa em cada direção. É a chamada superfície fotométrica (figura II.4)

*Grandezas, unidades e curvas características*

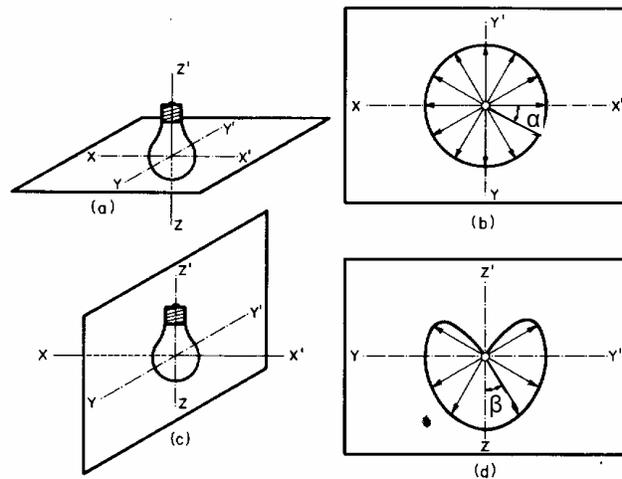


**Figura II.4 – Superfície Fotométrica**<sup>[59]</sup>

Quando a fonte realiza uma distribuição espacialmente uniforme, a superfície fotométrica é uma esfera. A superfície fotométrica, sendo espacial, não pode ser representada diretamente sobre um plano. A interseção de uma superfície fotométrica por um plano vertical que passa pelo centro da fonte luminosa é uma curva fotométrica (figura II.5). Pode-se assim, traçar as curvas fotométricas horizontais (figura II.5.b) e verticais (figura II.5.d) de uma fonte luminosa.<sup>[8]</sup>

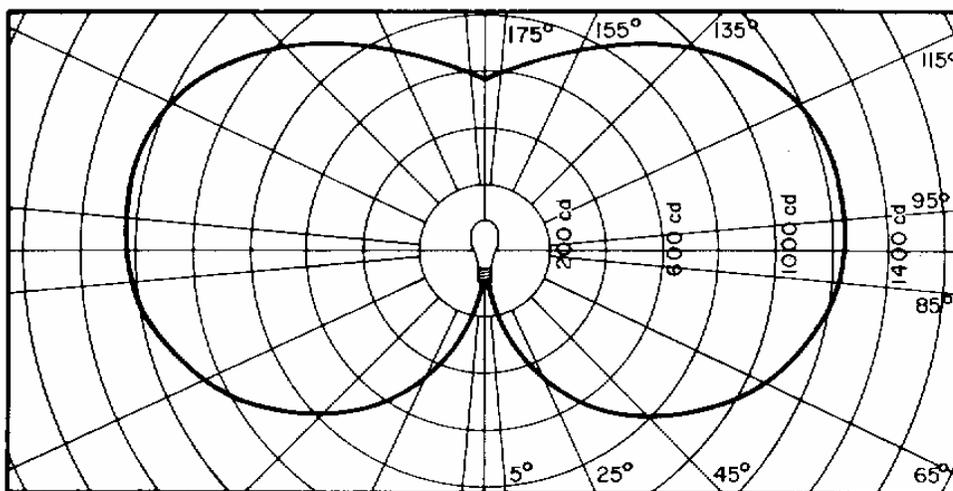
A ABNT define curva fotométrica ou curva de distribuição de intensidade luminosa, do seguinte modo: “curva, geralmente polar, que representa a variação da intensidade luminosa de uma fonte segundo um plano (horizontal ou vertical) passando pelo centro, em função da direção”

*Grandezas, unidades e curvas características*



**Figura II.5 – Curvas fotométricas horizontais e verticais**

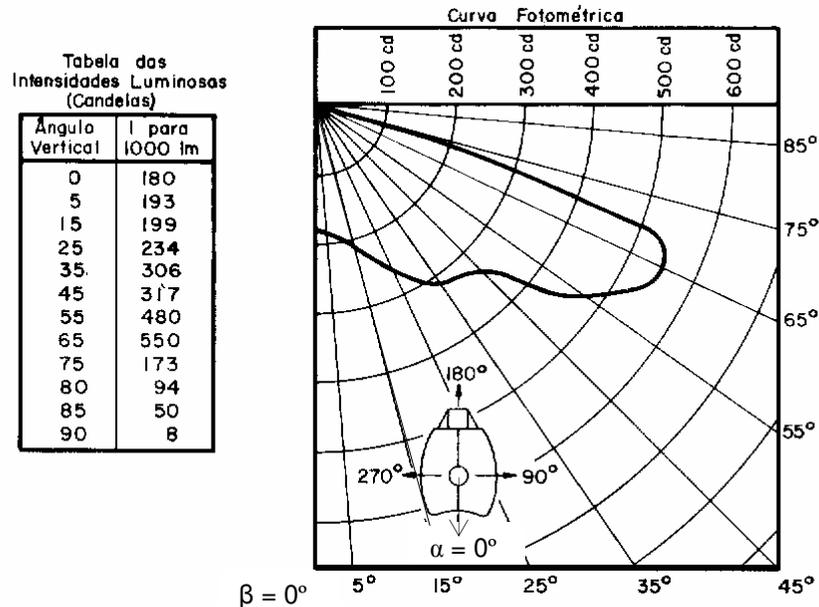
Medindo-se as intensidades luminosas emitidas segundo um plano horizontal (figura II.5.a), de uma lâmpada incandescente e, numa escala conveniente, traça-se a partir do centro “o” os vetores respectivos, tem-se, unindo as extremidades dos mesmos, o diagrama polar luminoso horizontal (figura II.5.b). Geralmente, para as lâmpadas comuns de filamento, o diagrama polar horizontal é praticamente uma circunferência. De modo semelhante, pode-se obter o diagrama fotométrico vertical (figura II.5.d), da mesma lâmpada incandescente.



**Figura II.6 – Curva fotométrica, em plano vertical, de uma lâmpada de vapor de mercúrio de cor corrigida, de 250 W<sup>[59]</sup>**

### Grandezas, unidades e curvas características

As figuras II.6 e II.7 representam, respectivamente, as curvas fotométricas de uma lâmpada de vapor de mercúrio e de uma luminária para iluminação pública.

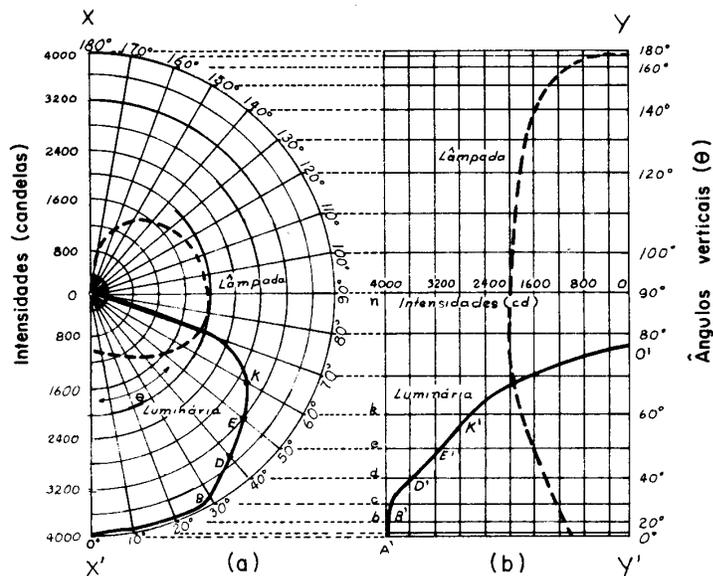


**Figura II.7 – Curva fotométrica, em plano vertical, de uma luminária para iluminação pública, com lâmpada incandescente de 60 a 300 W. Valores para 1000 Lumens da lâmpada.** <sup>[59]</sup>

No caso de curvas fotométricas de luminárias para iluminação pública, entre os planos verticais a considerar, há um de grande importância, isto é, aquele no qual a intensidade luminosa atinge o seu maior valor. A direção desse plano é fixada em relação à posição da luminária, devidamente instalada como mostra a figura II.7.

A intensidade luminosa distribuída no espaço, emitida por uma lâmpada isolada, ou pela mesma montada numa luminária, pode ser avaliada, através da Curva Fotométrica, que se apresenta geralmente em coordenadas Polares. O diagrama de Rousseau da figura II.8, permite que se avalie a mesma curva, porém através da transformação, de Coordenadas Polares para Coordenadas Cartesianas.

## Grandezas, unidades e curvas características



**Figura II.8: Transformação das curvas fotométricas ou de distribuição luminosa, de coordenadas polares para cartesianas através do Diagrama de Rousseau.** [59]

### 2.5 - Curvas de Isocandelas

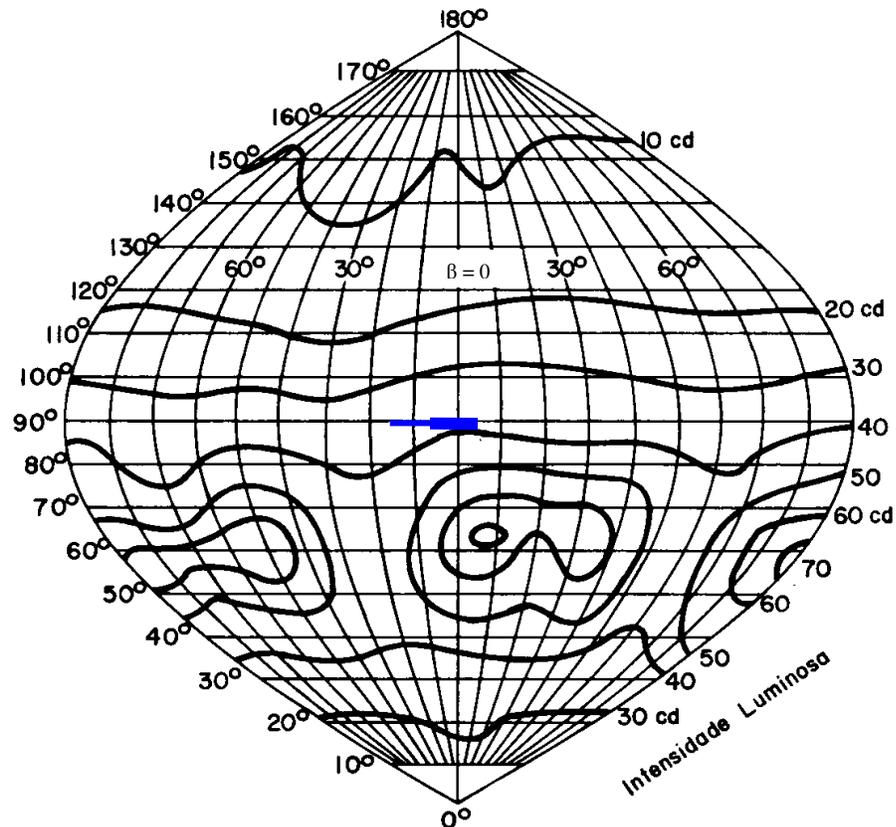
Conforme definição da ABNT, linha isocandela é a “linha traçada num plano, referida a um sistema de coordenadas, que permita representar direções no espaço em torno de um ponto luminoso ligando os pontos do espaço em que as intensidades luminosas são iguais” [53]. As linhas isocandelas ligam pontos de uma esfera nas quais venham aflorar raios vetores segundo os quais as intensidades luminosas são iguais. Tais curvas são traçadas na superfície da esfera e para que se possa desenhá-las num plano (obtendo-se as curvas Isocandelas), tem-se que aplicar métodos de projeção utilizados em cartografia, partindo-se dos valores disponibilizados em uma tabela obtida do levantamento fotométrico feito através do goniofotômetro.

Um processo consiste em circunscrever a esfera por um cilindro, um cone ou colocá-la tangencialmente a um plano e projetar os meridianos e paralelos desde o centro da esfera (ou outro ponto de vista conveniente escolhido), sobre o cilindro, o cone ou o plano tangente. Cortando o cilindro ou o cone segundo sua geratriz e desenvolvendo-se os cálculos sobre o plano, tem-se completada a projeção. Vários sistemas de projeção podem ser utilizados no estudo fotométrico das fontes de luz. Dá-se preferência especialmente às projeções senoidais, azimutais e cilíndricas. [5]

*Grandezas, unidades e curvas características*

### II.5.1 – Curvas Isocandelas em Projeção Senoidal

Cada ponto localizado em uma superfície esférica pode ser projetado sobre um plano paralelo ao eixo vertical da esfera, tendo-se a necessidade da coordenada vertical ser representada conforme sua real medida sobre a superfície.

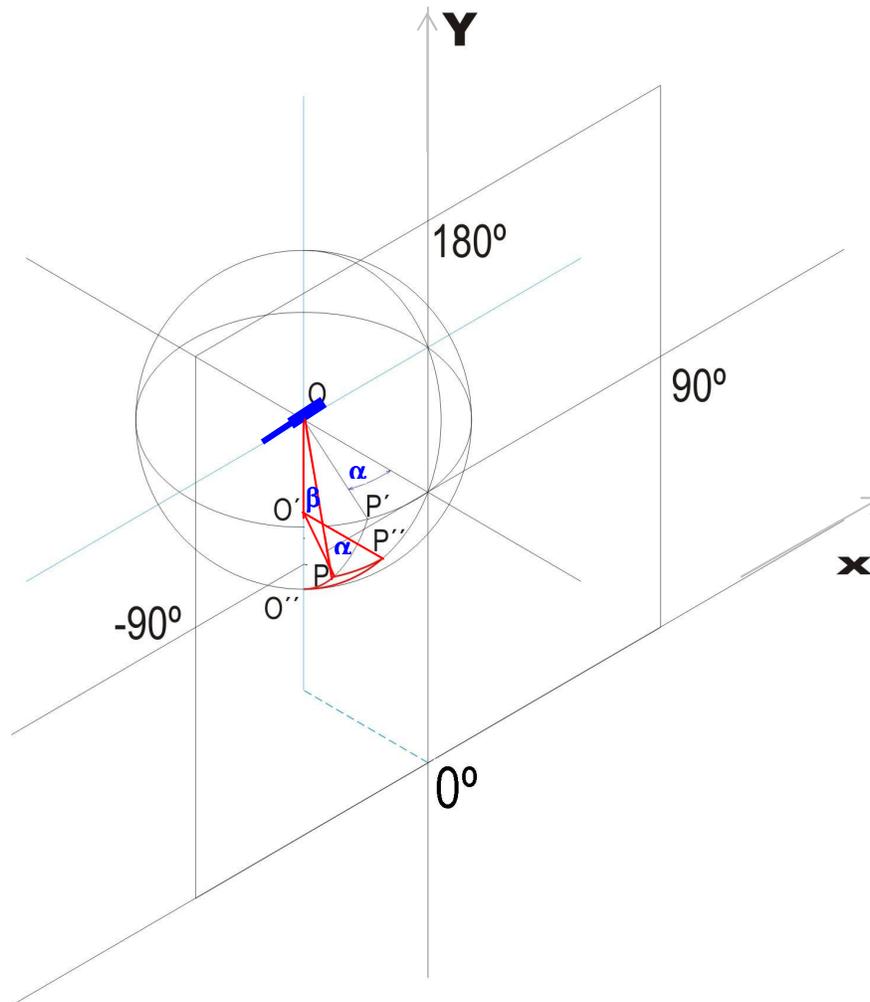


**Figura II.9: Curvas Isocandelas em projeção senoidal**<sup>[59]</sup>

Na projeção senoidal, as dimensões são verdadeiras sobre todos os paralelos e sobre o meridiano central, ficando distorcidas nos demais meridianos à medida que se afastam do central.

Na projeção Senoidal o tamanho do arco PP' representa o tamanho de "x", no eixo horizontal, para o ângulo "α". O arco O'P representa o tamanho de "y" no eixo vertical. Assim, as coordenadas de "P" no plano, segundo a projeção senoidal, podem ser obtidas com as seguintes equações:<sup>[5]</sup>

*Grandezas, unidades e curvas características*



**Figura: II.10 – Projeção Senoidal de um ponto da superfície de uma esfera**

(2)

$$x = \widehat{PP''}$$

Como

(3)

$$\overline{O'P} = \overline{OP} \cdot \text{sen } \beta \quad \text{ou}$$

(4)

$$\overline{O'P} = R \cdot \text{sen } \beta \quad \text{e como}$$

*Grandezas, unidades e curvas características*

(5)

$$\overline{PP''} = \overline{O'P} \cdot \alpha \cdot \pi / 180$$

conclui-se que:

(6)

$$x = R \pi (\alpha / 180) \cdot \text{sen } \beta$$

O tamanho do arco  $O''P$  representa o valor de “y” do ponto  $P(\alpha, \beta)$

(7)

$$y = \widehat{O''P}$$

ou

(8)

$$y = \widehat{O''P''}$$

tendo-se “ $\beta$ ” (ângulo vertical), em graus, que transformado em radianos fica:  $\beta \cdot \pi / 180$ , conclui-se que:

(9)

$$y = R \pi (\beta / 180)$$

**II.5.2 - Curvas Isocandelas em Projeção Azimutal**

Na projeção azimutal, todos os círculos máximos (os meridianos) são representados por retas e seus azimutes são “verdadeiros”. Já os paralelos são representados por circunferências concêntricas. A Luminária fica posicionada no centro da esfera, sendo considerado unicamente o hemisfério inferior. Cada ponto localizado em uma superfície esférica é projetado sobre um plano horizontal segundo o prolongamento da reta que passa pelo centro da esfera e pelo ponto “P” de sua superfície, obtendo-se o ponto P’ no plano horizontal.

Na Figura II.11, P’ é definido pelas coordenadas  $P'(\alpha, r)$ , onde  $\overline{O'P'} = r$  e  $|\overline{OO'}| = R$

Como  $\overline{O'P'} = |\overline{OO'}| \cdot \text{tg } \beta$  conclui-se que: “ $\alpha$ ” é a sua verdadeira grandeza, ou seja:

(10)

$$\alpha = \alpha$$

(11)

$$r = R \cdot \text{tg } \beta$$

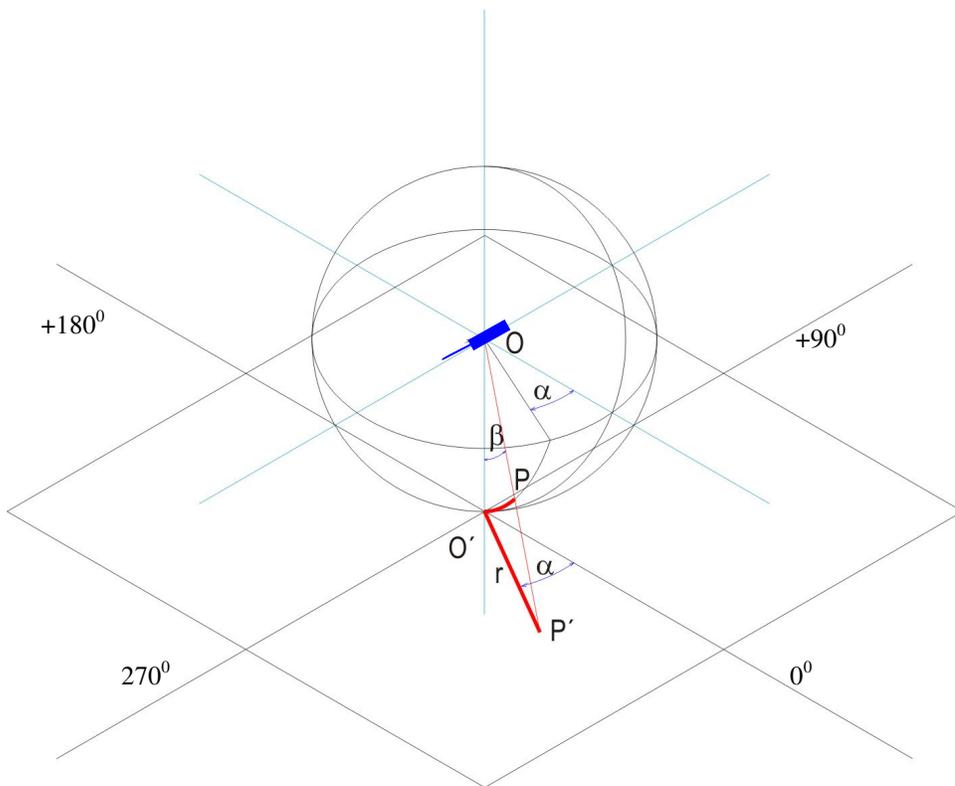


Figura: II.11 – Projeção Azimutal de um ponto da superfície de uma esfera

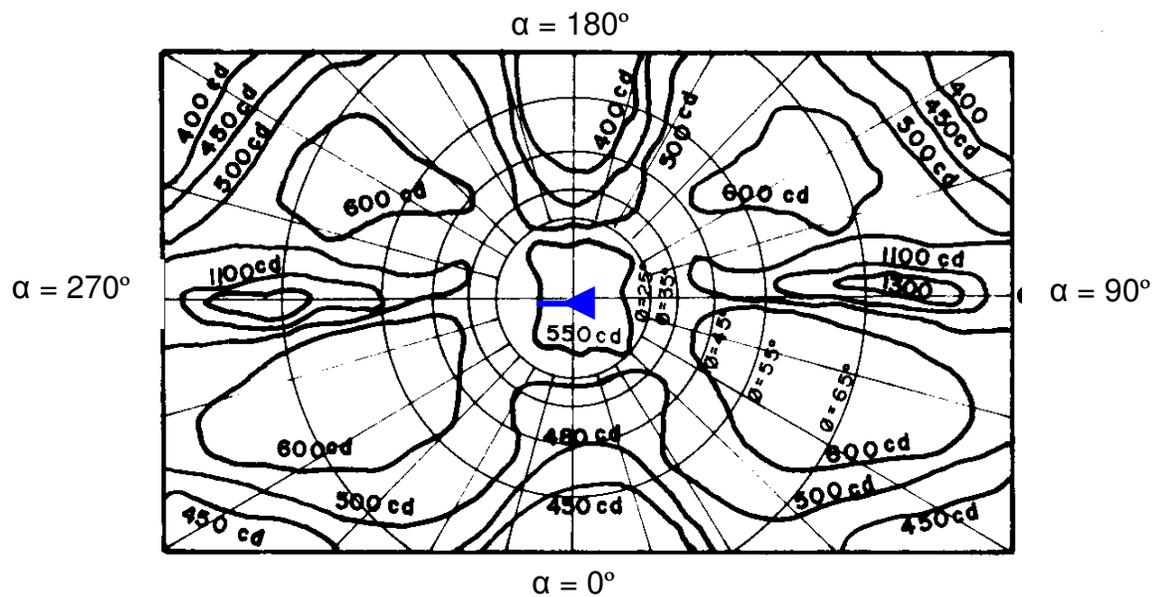
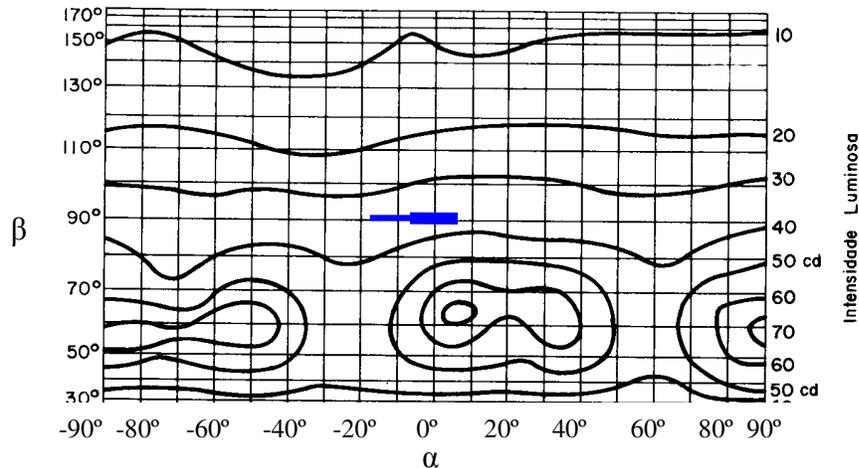


Figura II.12: Curvas Isocandelas em projeção azimutal<sup>[59]</sup>

*Grandezas, unidades e curvas características*

### II.5.3 – Curvas Isocandelas em Projeção Cilíndrica

Cada ponto localizado em uma superfície esférica pode ser projetado sobre a superfície de um cilindro, cujo eixo coincide com o eixo vertical da esfera, conforme figura II.13, onde a coordenada horizontal seja representada conforme sua real medida sobre a superfície.



**Figura II.13: Curvas Isocandelas em projeção cilíndrica**<sup>[59]</sup>

Na Projeção cilíndrica da Figura II.14, o comprimento do arco  $PP'$  representa a coordenada do ponto “P” da superfície da esfera, no eixo “x”

como

(12)

$$\overline{OP} = R$$

e

(13)

$$\overline{O'P} = R \cdot \text{sen } \beta$$

sendo que  $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$

o arco  $PP'$  fica

(14)

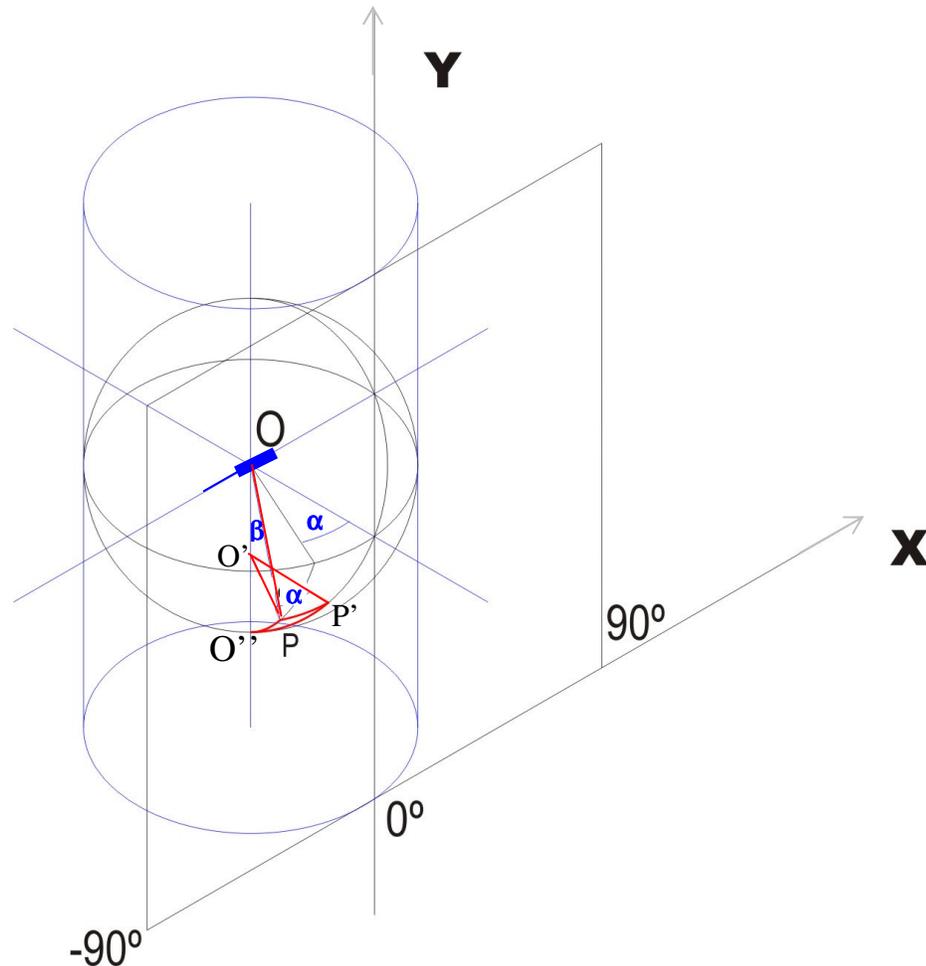
$$PP' = \overline{O'P} \cdot \pi (\alpha / 180)$$

sostituindo-se (14) em (13) obtem-se

(15)

$$x = R\pi \cdot (\alpha / 180) \cdot \text{sen } \beta$$

para  $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$



**Figura: II.14 – Projeção Cilíndrica de um ponto da superfície de uma esfera**

A projeção do arco  $O''P$  no eixo “y” representa a ordenada do ponto “P” da superfície da esfera. Como a projeção de  $\overline{OP} = R$ , no eixo y, é  $\overline{OP} \cdot \cos \beta$ , pode-se expressar que “y” de um ponto “P” qualquer da superfície vale:

$$(16) \quad y = R - R \cdot \cos \beta$$

ou seja

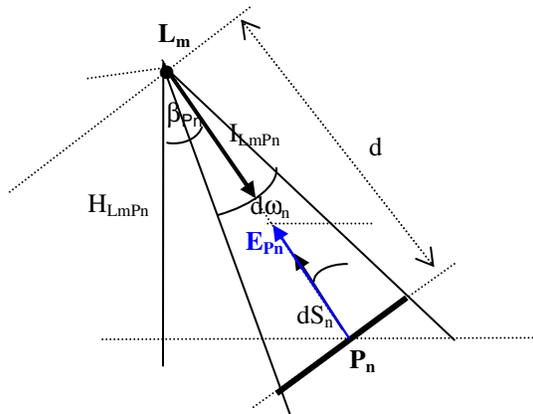
$$(17) \quad \boxed{y = R \cdot (1 - \cos \beta)} \quad \text{para } 0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$$

As três curvas isocandelas (senoidal, azimutal e cilíndrica), são importantes, pois facilitam a visão espacial da luz, entretanto a mais comumente utilizada é a projeção senoidal, pois dá uma visão de perspectiva da distribuição da luz no espaço.

*Grandezas, unidades e curvas características*

## 2.6- Iluminância

A iluminância “E”, em lux, é a densidade superficial de um fluxo luminoso em uma determinada superfície.



Onde

$$I = d\phi / d\omega_n \quad (\text{definição de intensidade luminosa})$$

$$d\omega_n = dS_n / d^2 \quad (\text{definição de ângulo sólido})$$

$$E = I / d^2 \quad (\text{iluminância – Lei de Lambert})$$

$$E = (d\phi / d\omega_n) / d^2 = d\phi / dS_n$$

**Figura II.15 - Iluminância (E) da Luminária  $L_m$ , no ponto  $P_n$**

## 2.7- Curvas Isolux

As curvas Isolux representam os lugares geométricos da superfície horizontal distante a uma altura “h” de montagem da luminária, projetor, ou de um Plano vertical, com uma distância “d” da fonte luminosa, que possuem os mesmos valores de iluminância.

Essas curvas se originam da curva espacial de distribuição luminosa. Portanto, somente podem ser traçadas depois de efetuados os cálculos da iluminância pelo método “ponto-a-ponto”, considerando-se a contribuição de um conjunto de luminárias e suas respectivas contribuições em cada ponto. A figura II.16 ilustra as curvas isolux de uma única luminária. Essas curvas levam em consideração a altura de montagem, seu ângulo de inclinação e posição em relação a um plano horizontal que passa pelo centro da superfície da luminária. Devido ao número de luminárias, e diferentes posições de instalação geralmente utilizada, os cálculos para o traçamento das curvas torna-se extremamente trabalhoso para se efetuar manualmente. Por essa razão foi desenvolvido neste trabalho, o software SILUG – Sistema de Iluminação Geral, que será apresentado no Capítulo IV.

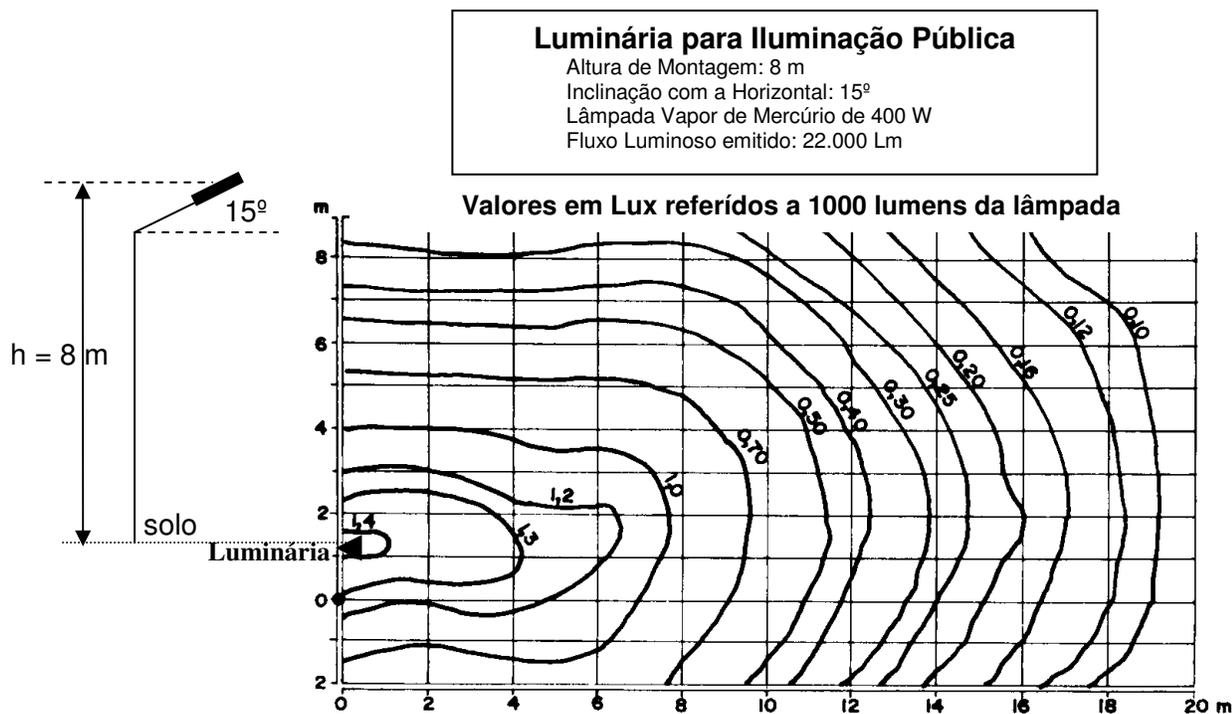


Figura II.16: Curvas Isolux de uma Luminária para Iluminação Pública<sup>[59]</sup>

### 2.8- Luminância

Luminância (L) é o “limite da relação entre a intensidade luminosa com a qual irradia, em uma direção determinada, uma superfície elementar contendo um ponto (P) dado e a área aparente dessa superfície para uma direção considerada, quando essa área tende a zero”<sup>[53]</sup>

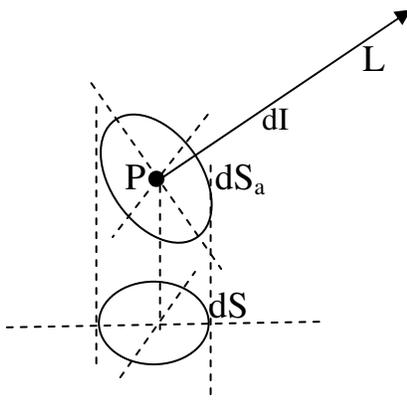


Figura II.17: Luminância de uma Superfície Elementar

(18)

$$L = dI / dS_a$$

[L] = cd / m<sup>2</sup>.

### *Grandezas, unidades e curvas características*

A área aparente de uma superfície, para uma dada direção, é a área da projeção ortogonal dessa superfície sobre um plano perpendicular a essa direção. A unidade é a candela por metro quadrado ( $\text{cd} / \text{m}^2$ ), também conhecida por “nit”: “luminância, em uma direção determinada, de uma fonte com área emissiva igual a um metro quadrado, e cuja intensidade luminosa, na mesma direção, é igual a uma candela”.<sup>[53]</sup>

Já se utilizou como unidade de luminância o “Stilb” (Sb), que é a luminância de uma fonte cuja área aparente é de um centímetro quadrado e cuja intensidade, na mesma direção, é igual a uma candela”. Uma superfície difusora é aquela cuja luminância é igual em todas as direções.<sup>[53]</sup>

Assim, como se tem curvas isocandelas, pode-se também traçar curvas de isoluminâncias para determinada fonte de luz, luminária ou superfície iluminada. Elas são especialmente úteis em projetos de iluminação pública, quando se conhecem as curvas de isoluminâncias para um determinado tipo de pavimento (asfalto) de rua iluminada por luminárias montadas em posições definidas.

## **II.9 – Reflexão, Transmissão e Absorção da Luz**

Quando se ilumina uma superfície de vidro, por exemplo, uma parte do fluxo luminoso que incide sobre a mesma se reflete, outra atressa a superfície transmitindo-se ao outro lado, e uma terceira parte do fluxo luminoso é absorvida pela própria superfície, transformando-se em calor. Portanto, o fluxo luminoso incidente, nesse caso, divide-se em três partes, em uma dada proporção que depende das características da substância sobre a qual incide. Tem-se, pois, três fatores a definir: reflexão, transmissão e de absorção.

A luz solar e a maioria das fontes artificiais de luz contêm radiações de quase todos os comprimentos de onda, sendo, portanto, brancas ou quase brancas. Se uma superfície iluminada por uma luz branca reflete igualmente todas as radiações que incidem sobre ela, o fluxo refletido terá a mesma composição espectral do fluxo incidente: a luz refletida será branca. Se a superfície refletir melhor, determinados comprimentos de

*Grandezas, unidades e curvas características*

onda (espectro energético visível, acima do ultravioleta, ou seja, de 380 nm e abaixo do infravermelho, ou seja, de 780 nm), no fluxo refletido haverá predominância desses comprimentos de onda: a luz refletida será colorida.

As letras pretas de um livro diferem do papel branco sobre o qual estão impressas unicamente por sua refletância. Ambos refletem a luz branca, mas em porcentagens bem diversas: a cor negra absorve quase todo o fluxo luminoso incidente.

**II.9.1 – Fator de Reflexão**

O fator de reflexão ( $\rho$ ) é a relação entre o fluxo luminoso refletido por uma superfície ( $\Phi_r$ ) e o fluxo luminoso ( $\Phi$ ) incidente sobre ela:

(19)

$$\rho = \Phi_r / \Phi$$

O fator de reflexão é normalmente dado em porcentagem. Essa reflexão corresponde a um valor médio dentro de todo o espectro visível, onde “ $\lambda$ ” é o comprimento de onda da energia para cada cor da luz.

Para determinado intervalo “ $\Delta\lambda$ ” do espectro visível, define-se a reflexão espectral “ $\rho_{(\Delta\lambda)}$ ”, por: <sup>[53]</sup>

(20)

$$\rho_{(\Delta\lambda)} = \Phi_{r(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

que define o valor médio do fator de reflexão por

(21)

$$\rho_{\text{médio}} = \Phi_{r(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

*Grandezas, unidades e curvas características*

## II.9.2 – Fator de Transmissão

O fator de transmissão ( $\tau$ ) é a relação entre o fluxo luminoso transmitido por uma superfície ( $\Phi_t$ ) e o fluxo luminoso que incide sobre a mesma ( $\Phi$ ),

Para determinado intervalo  $\Delta\lambda$  do espectro visível, define-se a fator de transmissão espectral  $\tau_{(\Delta\lambda)}$ , por: <sup>[ABNT]</sup>

(22)

$$\tau_{(\Delta\lambda)} = \Phi_{t(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

(23)

$$\tau_{\text{médio}} = \Phi_{t(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

## II.9.3 – Fator de Absorção

Fator de absorção ( $\mu$ ) é a relação entre o fluxo luminoso absorvido por uma superfície ( $\Phi_a$ ) e o fluxo luminoso que incide sobre a mesma ( $\Phi$ ).

Para determinado intervalo  $\Delta\lambda$  do espectro visível, define-se a fator de absorção espectral “ $\mu_{(\Delta\lambda)}$ ”, por: <sup>[53]</sup>

(24)

$$\mu_{(\Delta\lambda)} = \Phi_{a(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

(25)

$$\mu_{\text{média}} = \Phi_{a(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

portanto

(26)

$$\rho_{\text{médio}} = \Phi_{r(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

(27)

$$\tau_{\text{médio}} = \Phi_{t(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

(28)

$$\mu_{\text{média}} = \Phi_{a(\Delta\lambda)} / \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

*Grandezas, unidades e curvas características*

ou

$$(29) \quad \Phi_{r(\Delta\lambda)} = \rho_{\text{m\u00e9dio}} \cdot \Phi_{(\Delta\lambda)} \quad (30) \quad \Phi_{t(\Delta\lambda)} = \tau_{\text{m\u00e9dio}} \cdot \Phi_{(\Delta\lambda)} \quad (31) \quad \Phi_{a(\Delta\lambda)} = \mu_{\text{m\u00e9dia}} \cdot \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

somando membro a membro

$$(32) \quad \Phi_{r(\Delta\lambda)} + \Phi_{t(\Delta\lambda)} + \Phi_{a(\Delta\lambda)} = \Phi_{(\Delta\lambda)} \cdot (\rho_{\text{m\u00e9dio}} + \tau_{\text{m\u00e9dio}} + \mu_{\text{m\u00e9dio}})$$

como

$$(33) \quad \Phi_{r(\Delta\lambda)} + \Phi_{t(\Delta\lambda)} + \Phi_{a(\Delta\lambda)} = \Phi_{(\Delta\lambda)}$$

substituindo-se (33) em (32), Conclui-se que:

$$(34) \quad \rho_{\text{m\u00e9dio}} + \tau_{\text{m\u00e9dio}} + \mu_{\text{m\u00e9dio}} = 1$$

Sendo  $\rho_{(\lambda)}$ ,  $\tau_{(\lambda)}$ , e  $\mu_{(\lambda)}$  respectivamente o fator de reflex\u00e3o, fator de transmiss\u00e3o e o fator de absor\u00e7\u00e3o espectral de um material e  $\Phi_{(\lambda)}$  o fluxo radiante incidente sobre uma amostra do mesmo, tem-se:

$$(35) \quad \text{Fluxo radiante refletido,} \quad \Phi_{r(\lambda)} = \rho_{(\lambda)} \cdot \Phi_{(\lambda)}$$

$$(36) \quad \text{Fluxo radiante transmitido,} \quad \Phi_{t(\lambda)} = \tau_{(\lambda)} \cdot \Phi_{(\lambda)}$$

$$(37) \quad \text{Fluxo radiante absorvido,} \quad \Phi_{a(\lambda)} = \mu_{(\lambda)} \cdot \Phi_{(\lambda)}$$

Os valores de  $\rho_{(\lambda)}$  e  $\tau_{(\lambda)}$  podem ser obtidos com a utiliza\u00e7\u00e3o de um espectrofot\u00f4metro.

O Fluxo radiante refletido tem import\u00e2ncia significativa para se dimensionar a contribui\u00e7\u00e3o das reflex\u00f5es de Teto, Parede e Piso, nos c\u00e1lculos das ilumin\u00e2ncias em uma determinada \u00e1rea a ser iluminada. Assim, conta-se com a contribui\u00e7\u00e3o do Fluxo

*Grandezas, unidades e curvas características*

luminoso emitido diretamente da luminária, assim como com o Fluxo luminoso indireto refletido pelas superfícies que contornam o local em estudo.

O Fluxo radiante transmitido tem importância significativa quando o local a ser iluminado é cercado de vidro, ou outro material parcialmente transparente. É através dele que se pode levar em consideração as contribuições diretas e indiretas, que são transmitidas do local adjacente para o local em estudo.

## Capítulo III

### Cálculo Luminotécnico

Os métodos de cálculo geralmente utilizados são fundamentados em tabelas que fornecem os fatores de utilização de uma luminária ou projetor, para um determinado local. Com base nestes fatores, utilizam-se equações bastante simplificadas. Ocorre que essas equações são válidas desde que **os fatores de utilização**, para cada caso, estejam calculados corretamente. <sup>[5][9]</sup>

Assim, o uso de tabelas desses fatores produz distorções nos resultados, por não corresponderem literalmente ao local. Desta forma, torna-se necessário realizar o cálculo do fator de utilização com bastante precisão, razão pela qual justifica-se efetuar o cálculo dos níveis de iluminância diretamente, ao invés de se recorrer ao uso puro e simples do fator de utilização.

#### III.1 – Iluminância Produzida por uma Fonte Puntiforme (Lei de Lambert)

Considerando-se a fonte luminosa  $L_m$ , puntiforme, mostrada na Figura III.1, à distância “ $d$ ” do ponto  $P_n$ , sendo  $\beta_{P_n}$  o ângulo que a normal faz com  $L_m P_n$ , sendo  $dS_{P_n}$  a área elementar perpendicular à direção de  $I_{L_m P_n}$ , o ângulo sólido será <sup>[14][22]</sup>:

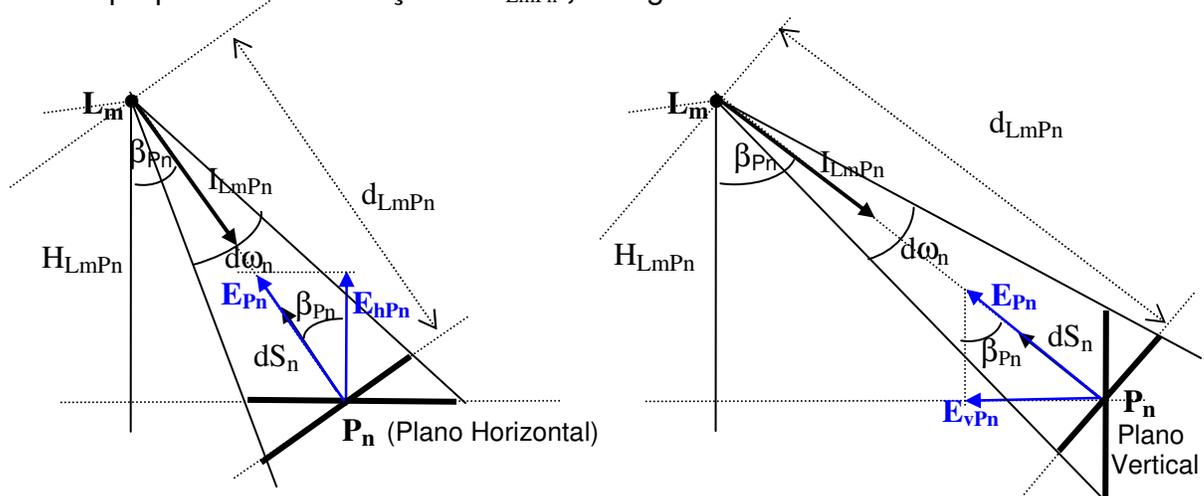


Figura III.1 - Ilustração que define o cálculo da Iluminância (E) da Luminária  $L_m$ , no Ponto  $P_n$ , conforme a Lei de Lambert ( $E = I/d^2$ )

*Cálculo luminotécnico*

Da Figura III.1 pode-se escrever

$$(38) \quad \boxed{d\omega_n = dS_{P_n} / (d_{LmP_n})^2} \quad \text{e} \quad (39) \quad \boxed{E_{P_n} = I_{LmP_n} / (d_{LmP_n})^2}$$

Para o plano horizontal

e

Para o plano vertical

$$(40) \quad \boxed{E_{hP_n} = E_{P_n} \cdot \cos \beta_{P_n}} \quad \text{e} \quad (41) \quad \boxed{E_{vP_n} = E_{P_n} \cdot \sen \beta_{P_n}}$$

Porém, pela Lei de Lambert

$$(42) \quad \boxed{E_{P_n} = I_{LmP_n} / d_{LmP_n}^2} \quad \text{e da Figura III.1}$$

$$(43) \quad \boxed{d_{LmP_n} = H_{LmP_n} / \cos \beta_{P_n}}$$

substituindo-se (42) e (43) em (41) e em (42) tem-se

$$(44) \quad \boxed{E_{hP_n} = (I_{LmP_n} \cdot \cos^3 \beta_{P_n}) / H_{LmP_n}^2} \quad \text{Para a Iluminância Horizontal em } P_n$$

$$(45) \quad \boxed{E_{vP_n} = (I_{LmP_n} \cdot \sen \beta_{P_n} \cdot \cos^2 \beta_{P_n}) / H_{LmP_n}^2} \quad \text{Para a Iluminância Vertical em } P_n$$

Com a contribuição de “m” luminárias no Ponto  $P_n$ , tem-se:

$$(46) \quad \boxed{E_{hP_n} = \sum_I^m [(I_{LmP_n} \cdot \cos^3 \beta_{P_n}) / H_{LmP_n}^2]} \quad \text{Para a Iluminância Horizontal em } P_n$$

$$(47) \quad \boxed{E_{vP_n} = \sum_I^m [(I_{LmP_n} \cdot \sen \beta_{P_n} \cdot \cos^2 \beta_{P_n}) / H_{LmP_n}^2]} \quad \text{Para a Iluminância Vertical em } P_n$$

A iluminância média horizontal para  $1 \geq m \geq p$  e  $1 \geq n \geq q$  fica:

$$(48) \quad \boxed{E_{hmédio} = \left\{ \sum_{n=1}^{n=q} \sum_{m=1}^{m=p} [(I_{LmP_n} \cdot \cos^3 \beta_{P_n}) / H_{LmP_n}^2] \right\} / q}$$

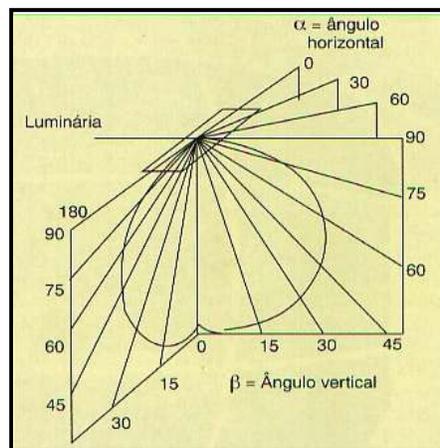
### *Cálculo luminotécnico*

A iluminância média vertical para  $1 \geq m \geq r$  e  $1 \geq n \geq s$  fica:

$$(49) \quad E_{vmédio} = \left\{ \sum_{n=1}^{n=s} \sum_{m=1}^{m=r} [(I_{LmPn} \cdot \text{sen } \beta_{Pn} \cdot \text{cos}^2 \beta_{Pn}) / H_{LmPn}^2] \right\} / s$$

Onde o  $I_{LmPn}$  é função de  $\beta_{Pn}$  (ângulo vertical) para **luminárias simétricas** e, função de  $\alpha_{Pn}$  (ângulo horizontal) e  $\beta_{Pn}$  (ângulo Vertical) para **luminárias assimétricas**.

Para se obter o  $I_{LmPn}$  que é função de  $\beta_{Pn}$ , em luminárias simétricas é preciso recorrer à tabela dos levantamentos fotométricos realizados em laboratórios, que gera a Tabela III.1.



**Figura III.2 - Planos de levantamento fotométrico de luminárias assimétricas**

No caso de luminárias simétricas,  $\beta_{Pn}$  é o ângulo (vertical) entre a reta vertical perpendicular à superfície da luminária (luminária instalada com a sua superfície paralela ao plano horizontal de trabalho) e a reta que passa pelo centro da superfície da luminária e o ponto  $P_n$  de cálculo. Quando a luminária for simétrica, as curvas de distribuição luminosa são iguais em todos os planos verticais, ou seja, para todos os ângulos  $\alpha_{Pn}$ .

Quando as luminárias são assimétricas existirá uma curva de distribuição luminosa diferente uma da outra, para cada plano vertical, ou seja, para cada ângulo  $\alpha_{Pn}$

*Cálculo luminotécnico*

Para se obter o  $I_{LmPn}(\alpha_n, \beta_n)$ , é preciso recorrer às tabelas 3.1 e 3.2 dos levantamentos fotométricos realizados em laboratórios, que ilustra a Figura 3.1

**Tabela III.1 - Intensidade luminosa para luminárias simétricas -  $I_{LmPn}(\beta_n)$**

$\beta$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	.....	155	160	165	170	175	180
I																

**Tabela III.2 - Intensidade luminosa para luminárias assimétricas -  $I_{LmPn}(\alpha_n, \beta_n)$**

$\alpha \backslash \beta$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	.....	155	160	165	170	175	180
0																
5																
10																
.																
.																
175																
180																

Neste aspecto, geralmente ocorrem problemas em função da ausência de exigências no sentido de padronização ou qualidade dos laboratórios, por parte dos usuários, assim como de fiscalização com relação à fidelidade dos levantamentos realizados.

Poucos são os fabricantes com laboratórios em suas instalações, os quais raramente se encontram devidamente equipados e credenciados por órgãos de aferição. O ideal é que existam laboratórios imparciais credenciados, que adotem critérios padronizados, ou normatizados, para a realização de levantamentos fotométricos confiáveis. Alguns fabricantes possuem laboratórios e divulgam os seus levantamentos, mas geralmente sem controle de aferição e com critérios próprios, que muitas vezes dão informações desfavoráveis ao seu próprio produto.

### *Cálculo luminotécnico*

Outra lacuna comum no mercado é a falta de divulgação da metodologia ou dos procedimentos dos cálculos utilizados pelos diversos fabricantes, inclusive de empresas multinacionais. Com isso, os engenheiros, que geralmente possuem uma formação não muito profunda na área de iluminação, ficam vulneráveis e dependentes das soluções desses fabricantes. Estes raramente fornecem cópias dos *softwares* e quando fornecem não mostram a metodologia de cálculo que o *software* utiliza. A tendência é de oferecerem somente as suas soluções, com seus produtos, com entrega demorada da sua solução, que às vezes levam meses, sem que o engenheiro cliente, ou usuário, tenham acesso à metodologia utilizada.

Neste trabalho, foi desenvolvido um *software* para a realização de cálculos luminotécnicos de áreas internas (galpões, escritórios e ginásios esportivos) e de áreas externas (pátios, praças, ruas, avenidas, campos e quadras), para qualquer configuração geométrica e para qualquer altura e ângulo de posição de montagem.

A grande vantagem é a possibilidade de usar luminárias e projetores de qualquer fabricante, desde que sejam fornecidas as tabelas de intensidade luminosa em candelas, levantadas em laboratórios devidamente credenciados ou confiáveis (Goniofotômetro).

O *software* desenvolvido para os cálculos luminotécnicos, denominado SILUG – Sistema de Iluminação Geral, é totalmente brasileiro e pode ser executado em microcomputadores disponíveis no mercado, exigindo arquivos de tabelas fornecidas por laboratórios (goniofotômetro). A versão atual foi elaborada para Windows, com a possibilidade de uso em rede por multiusuários.

O modelo matemático desenvolvido para os cálculos luminotécnicos permitiu a sistematização otimizada devido à forma geométrica adotada, facilitando o processamento dos dados obtidos no goniofotômetro inteligente.

### III.2 - Eficiência da Luminária

Para se calcular a eficiência luminosa da Luminária torna-se necessário comparar o Fluxo Luminoso que sai da Luminária, com o Fluxo Luminoso que é emitido pela lâmpada instalada em seu interior. Pode-se também adotar o valor do fluxo informado pelo fabricante da lâmpada, desde que a mesma não esteja depreciada e a informação seja confiável. O procedimento apresentado a seguir pode ser utilizado para a lâmpada sem a luminária e posteriormente para o Conjunto Luminária – Lâmpada e em seguida compará-los, para se obter a eficiência do conjunto (luminária).<sup>[27][31]</sup>

Considerando-se uma esfera imaginária de raio “R” (Figura III.3), em cujo centro encontra-se o equipamento (conjunto luminária, lâmpadas, reatores e/ou ignitores), sob teste, emitindo uma intensidade luminosa “I” em uma direção considerada, tem-se:

(50)

$$E = d\Phi/dS$$

ou

(51)

$$d\Phi = E \cdot dS$$

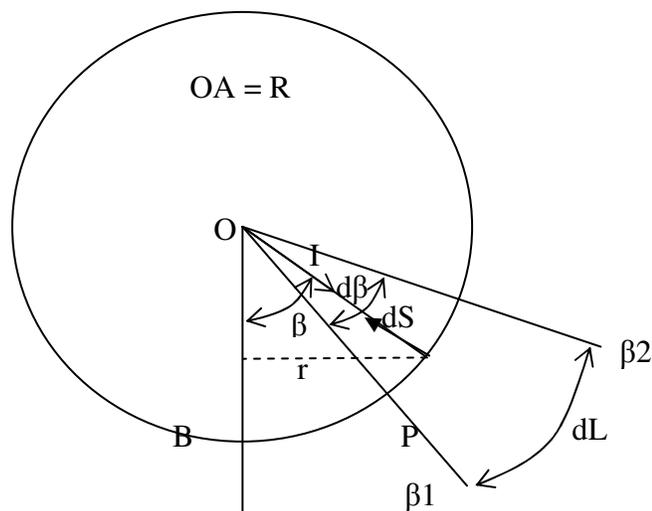


Figura III.3 – Ilustração da Intensidade luminosa no ponto “P”, distante da luminária posicionada no centro “O”, do círculo vertical contido na esfera, na zona ( $\beta_1$ -  $\beta_2$ ).<sup>[59]</sup>

*Cálculo luminotécnico*

Como "I" incide perpendicularmente sobre "dL", tem-se que a iluminância (lux) sobre esse elemento será, pela Lei de Lambert

(52)

$$E = I / R^2$$

Substituindo-se (52) em (51), tem-se:

(53)

$$d\Phi = (I / R^2) \cdot dS$$

Da Figura III.3 tira-se que a área "dS" em toda a superfície da esfera, no trecho "dβ" fica:

(54)

$$dS = 2 \pi r \cdot dl$$

como

$$dl = R \, d\beta$$

e

$$r = R \, \text{sen } \beta$$

tem-se

(55)

$$dS = 2 \pi R^2 \, \text{sen } \beta \, d\beta$$

substituindo-se (55) em (53) , tem-se:

(56)

$$d\Phi = 2 \pi I \, \text{sen } \beta \, d\beta$$

Assim, o Fluxo Luminoso no intervalo  $\beta_1, \beta_2$  será

(57)

$$\Phi_{(\beta_1 - \beta_2)} = 2 \pi \int_{\beta_1}^{\beta_2} I \cdot \text{sen } \beta \, d\beta$$

Para a solução dessa equação, substitui-se o I pelo seu valor médio,  $I_{\text{med}}$ , no intervalo considerado. <sup>[53] [59]</sup>

*Cálculo luminotécnico*

Assim

$$(58) \quad \Phi_{(\beta_1 - \beta_2)} = 2 \pi \cdot I_{\text{med}} \int_{\beta_1}^{\beta_2} \text{sen } \beta \, d\beta$$

Portanto

$$(59) \quad \Phi_{(\beta_1 - \beta_2)} = 2 \pi I_{\text{med}} |\cos \beta_2 - \cos \beta_1|$$

Define-se <sup>[53]</sup> “K” como “constante zonal”:

$$(60) \quad K = 2 \pi |\cos \beta_2 - \cos \beta_1|$$

substituindo-se (60) em (59) tem-se

$$(61) \quad \Phi_{(\beta_1 - \beta_2)} = K I_{\text{med}}$$

**III.3 – Cálculo da Eficiência Luminosa de uma Luminária Pública com Levantamento de Dados Feitos no Goniofotômetro**

A luminária sob ensaio é colocada no goniofotômetro, determinando-se as intensidades luminosas emitidas pela mesma, conforme Tabela III.3. De (60) e de (61), o fluxo luminoso emitido em cada zona ( $\beta_1 - \beta_2$ ) será:

$$(60) \quad K = 2 \pi |\cos \beta_2 - \cos \beta_1|$$

$$(61) \quad \Phi_{(\beta_1 - \beta_2)} = K I_{\text{med}}$$

Sendo o  $\Phi_{(\beta_1 - \beta_2)}$  o fluxo luminoso no intervalo ( $\beta_1 - \beta_2$ ) considerado e  $I_{\text{med}}$  a intensidade luminosa média na zona ( $\beta_1 - \beta_2$ ). <sup>[53]</sup> <sup>[59]</sup>

## Cálculo luminotécnico

**Tabela III.3 – Intensidade luminosa, em candelas, de uma luminária para iluminação pública com lâmpada de vapor de mercúrio de 250W, obtidas no Goniofotômetro**

$\alpha \backslash \beta$	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	$I_{med}$
5	1504	1504	1476	1448	1448	1476	1476	1476	1485	1504	1523	1541	1560	1494
15	1448	1429	1420	1391	1369	1353	1353	1372	1410	1476	1523	1541	1550	1433
25	1391	1344	1298	1288	1298	1306	1316	1306	1298	1279	1325	1335	1344	1317
35	1184	1147	1138	1240	1325	1335	1325	1298	1240	1128	1128	1156	1166	1216
45	894	903	968	1165	1231	1288	1335	1250	1202	1109	1043	1015	996	1108
55	564	620	771	936	1034	1175	1193	1052	968	864	771	668	592	862
65	395	436	536	780	884	987	986	874	742	639	188	395	376	655
75	122	131	282	461	630	771	750	564	415	320	178	169	169	382
85	73	75	113	226	282	301	263	216	169	122	75	75	75	159
95	37	37	47	51	52	47	47	47	37	37	47	47	37	44
105	9	9	9	9	6	6	5	5	6	6	8	9	9	7

**Tabela III.4 – Constantes zonais (intervalos de 10°)**

$\beta_2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_1$	$K = 2 \pi  \cos \beta_1 - \cos \beta_2 $
10	0	180	170	0,0954
20	10	170	160	0,2835
30	20	160	150	0,4629
40	30	150	140	0,6282
50	40	140	130	0,7744
60	50	130	120	0,8472
70	60	120	110	0,9926
80	70	110	100	1,0579
90	80	100	90	1,0911

**Tabela III.5 – Cálculo da Eficiência Luminosa de uma luminária de iluminação pública levantada no Goniofotômetro conforme Tabela III.3**

Ângulo Vertical $\beta$	$I_{med}$ em Candelas	Constante Zonal K	Fluxo Luminoso ( $\beta_2 - \beta_1$ ) (Lumens)	Fluxo Luminoso no Hemisfério (Lumens)	Fluxo Luminoso emitido pela Luminária $\Phi_{Lm}$ (Lumens)	Fluxo Luminoso emitido pela lâmpada $\Phi_{lâmpada}$ (Lumens)	Eficiência Luminosa ( $E_{\%Lm}$ ) da Luminária $\frac{\Phi_{Lm} \cdot 100}{\Phi_{Lâmpada}}$
5	1494	0,095	141,93	Inferior 4.738,05	Total 4.793,46	Total 13.000 <sup>*1</sup>	37%
15	1433	0,284	406,97				
25	1317	0,463	609,77				
35	1216	0,628	763,65				
45	1108	0,774	857,59				
55	862	0,847	730,11				
65	655	0,993	650,41				
75	382	1,058	404,15				
85	159	1,091	173,47				
95	44	1,091	048,00	Superior 55,41			
105	7	1,058	007,41				

\*1 – Valor obtido do catálogo do fabricante da lâmpada

*Cálculo luminotécnico*

Com o levantamento do fluxo luminoso efetivamente emitido pela luminária, comparado com o emitido pela lâmpada, verifica-se que a eficiência luminosa da luminária é muito baixa, ou seja, **somente 37%** do fluxo luminoso emitido pela lâmpada sai efetivamente para o ambiente a ser iluminado.

Esse desempenho pode ser melhorado, com o mesmo consumo de energia, dependendo da sua superfície refletora. Todas as pesquisas científicas e tecnológicas desenvolvidas pelos fabricantes de lâmpadas, visando o aumento do seu fluxo luminoso, como menor consumo de energia, ficam comprometidas se a luminária não tiver uma boa superfície refletora.

O estudo de novos materiais refletores e o melhor tratamento superficial da superfície refletora levam à melhoria do rendimento da luminária. Associando-se a utilização de reatores de alto rendimento (energia ativa) e alto fator de potência (energia reativa), com a melhor eficiência luminosa possível da luminária, poder-se-á racionalizar energia elétrica, sem se comprometer o conforto visual.

Isso somente será possível, como foi visto, se for utilizado um Goniôfotômetro confiável e automatizado para se garantir a repetibilidade, a precisão e a rapidez nos levantamentos fotométricos.

## Capítulo IV

### Cálculo para Traçamento de Curvas Isolux Integradas <sup>[18]</sup>

Esse Sistema foi elaborado durante o desenvolvimento do presente trabalho, para se demonstrar como efetuar o traçamento das curvas isolux, através dos cálculos luminotécnicos utilizando-se os dados levantados pelo Goniôfotômetro Inteligente.

Sem os cálculos para cada altura e posição de diversas luminárias instaladas de forma distribuída em um determinado local, não se consegue traçar as curvas isolux integradas, uma vez que em cada ponto de cálculo tem-se a contribuição das demais luminárias. Portanto não tem sentido o traçamento da curva isolux para uma única luminária, caso contrário ter-se-ia que somar manualmente as contribuições das demais, no mesmo ponto, perdendo-se a função dos recursos disponíveis digitais ou de computação.

Os métodos de cálculos geralmente utilizados pelas empresas fabricantes de luminárias se baseiam, normalmente em fatores de utilização, previamente tabelados, ou pelo cálculo ponto-a-ponto, onde cada luminária ou projetor tem a sua contribuição nos diversos pontos de cálculo.

Esses métodos geralmente não estão disponíveis ao público técnico brasileiro e quando estão, são muito limitados. Os softwares mais completos são rigidamente preservados pelas empresas multinacionais, sendo as empresas brasileiras desconhecem os procedimentos e modelos para tais cálculos.

O **SILUG** propõe mostrar os modelos geométricos e matemáticos para diversas aplicações, com altura e posições variadas, em áreas regulares ou irregulares. Didaticamente dividiu-se o problema em três áreas de aplicação. A primeira foi para a área esportiva, que resolve os casos de campos de futebol, quadras e ginásios

### *Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

esportivos. A segunda resolve os casos de iluminação pública como, avenidas, ruas, praças e pátios. A terceira resolve os casos de iluminação interna como, galpões Industriais, escritórios comerciais, etc. Permite recálculos, cópias digitais e imprime os relatórios, dispensando-se desenhos e serviços de digitação. Os cálculos podem ser feitos nos planos horizontal e vertical. Permite que se cadastre projetores com seus respectivos acessórios, de qualquer fabricante, desde que se tenha o levantamento fotométrico realizado em laboratório confiável. Emite lista de projetores e luminárias cadastradas, de projetos, de projetistas e de usuários finais.

## **IV.1 - Descrição do Software - SILUG – Esportivo**



**Figura IV.1: Campo de Futebol Iluminado**

O *software* permite realizar os cálculos de iluminação de Campos e Quadras externas, assim como de Ginásios Esportivos. Permite o posicionamento de projetores diferentes em torres, realizando os cálculos automaticamente para as opções com 4, 6 ou 8 torres, cada uma com até 25 projetores. Permite também realizar os cálculos com os projetores distribuídos ao longo de marquises e/ou estruturas especiais, desde que se digite as suas coordenadas.

## **IV.2 - Descrição do Software - SILUG - Público**

O *software* permite realizar os cálculos para qualquer configuração de áreas públicas como Pátios e Praças onde os projetores e/ou luminárias podem assumir qualquer posição. Permite também, a realização de cálculo de iluminação de Ruas e Avenidas. Em todos os casos pode-se calcular as iluminâncias nos planos horizontal e vertical. As luminárias e projetores são posicionados através da digitação de suas coordenadas e ângulos de posição.



**Figura IV.2: Avenida Iluminada**

## **IV.3 - Descrição do Software - SILUG – Interno**

O *software* permite realizar os cálculos para qualquer configuração de área de escritórios e galpões onde as luminárias podem assumir qualquer posição em relação ao plano horizontal (teto). O software prevê a inclusão de paredes divisórias de qualquer comprimento, altura e posição. As luminárias são posicionadas pela indicação de suas coordenadas e posição de giro.



**Figura IV.3: Escritório Iluminado**

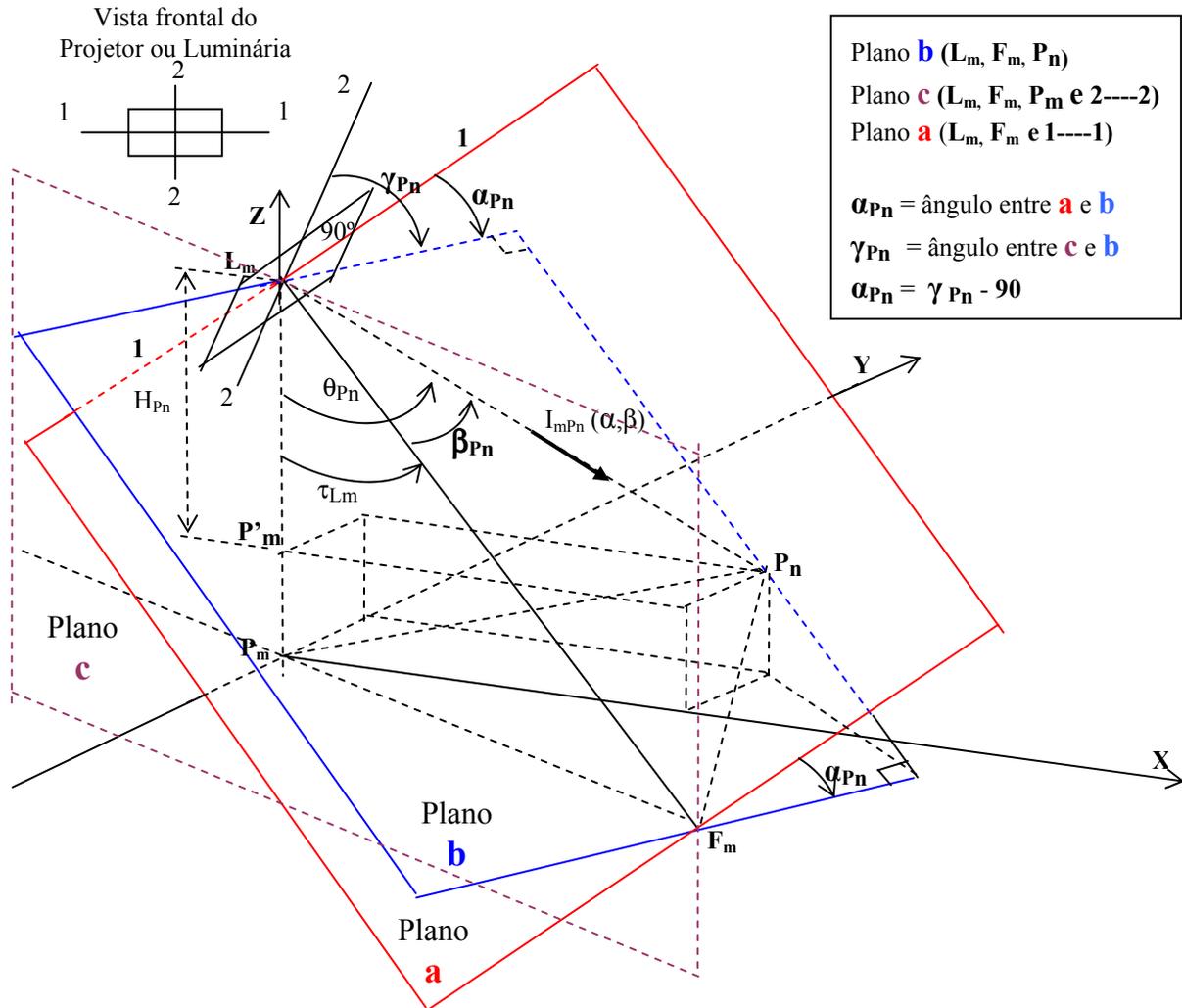
#### **IV.4 - Cálculo de Iluminação de Campos, Quadras e Ginásios Esportivos com Projetores Simétricos e/ou Assimétricos** <sup>[21][48]</sup>

A iluminação esportiva tem particularidades que exigem cuidados, uma vez que os projetores e/ou luminárias podem estar inclinados. Para que se possa utilizar os levantamentos fotométricos realizados no goniofotômetro foi utilizado o modelo geométrico apresentado na Figura IV.4. O referido modelo foi elaborado no presente trabalho e se constitui em um recurso que facilita a sistematização dos cálculos respeitando-se as posições e movimentos simulados no goniofotômetro.

Quando os projetores ou luminárias não estão inclinados os pontos  $P_m$  e  $F_m$  (foco do projetor), coincidem e, portanto o ângulo  $\theta_{P_n}$  será igual ao  $\beta_{P_n}$ , o que simplifica significativamente os cálculos.

Quando os projetores ou luminárias estão inclinados, os ângulos  $\alpha_{P_n}$  e  $\beta_{P_n}$  devem ser calculados conforme demonstração a seguir:

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*



$L_m(x_{L_m}, y_{L_m}, z_{L_m})$ ,  $P_m(x_{L_m}, y_{L_m}, 0)$ ,  $P_n(x_{P_n}, y_{P_n}, z_{P_n})$  e  $F_m(x_{F_m}, y_{F_m}, 0) = \text{Foco}$

$L_m$  – Ponto de Posição do Projetor ou Luminária “m”

$P_m$  – Ponto de projeção vertical de  $L_m$ , no plano horizontal (x,y)

$F_m$  – Foco do Projetor  $L_m$  no plano horizontal (x,y)

$P_n$  – Ponto de cálculo da Iluminância em qualquer lugar do espaço, abaixo de  $L_m$ .

$\tau_{L_m}$  - Ângulo de inclinação da luminária, formado entre  $\overline{L_m P_m}$  e  $\overline{L_m F_m}$

$\theta_{P_n}$  - Ângulo formado entre a reta vertical que passa por  $\overline{L_m P_m}$  e  $\overline{L_m P_n}$

$\alpha_{P_n}$  – Ângulo formado entre os planos “a” e “b”, perpendiculares ao plano da superfície do Projetor e/ou Luminária, e que contem os pontos  $L_m$  e  $F_m$

$\gamma_{P_n}$  – Ângulo formado entre os planos “c” e “b”

$\beta_{P_n}$  - Ângulo formado entre as retas  $\overline{L_m F_m}$  e  $\overline{L_m P_n}$

$I_{mP_n}(\alpha_{P_n}, \beta_{P_n})$  – Intensidade Luminosa na direção do  $\overline{L_m P_n}$ .

$H_{P_n} = (Z_{L_m} - Z_{P_n}) = \text{Diferença de Altura entre a montagem da Luminária e o } P_n \text{ de cálculo.}$

**Figura IV.4 – Modelo Geométrico adotado para a simulação**

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

**Cálculo dos lados do triângulo ( $P_m, F_m, P_n$ ) no plano horizontal**

$$(62) \quad (\overline{L_m P_n})^2 = A = (X_{Lm} - X_{Pn})^2 + (Y_{Lm} - Y_{Pn})^2 + (Z_{Lm} - Z_{Pn})^2$$

$$(63) \quad (\overline{L_m F_m})^2 = B = (X_{Fm} - X_{Lm})^2 + (Y_{Fm} - Y_{Lm})^2 + (Z_{Fm} - Z_{Lm})^2$$

$$(64) \quad (\overline{F_m P_n})^2 = C = (X_{Pn} - X_{Fm})^2 + (Y_{Pn} - Y_{Fm})^2 + (Z_{Pn} - Z_{Fm})^2$$

$$(65) \quad (\overline{P_m P_n})^2 = D = (X_{Pm} - X_{Pn})^2 + (Y_{Pm} - Y_{Pn})^2 + (Z_{Pm} - Z_{Pn})^2$$

**IV.4.1 - Cálculo do Ângulo Horizontal do Levantamento Fotométrico -  $\alpha_{Pn}$**

Da Figura IV.4 tem-se:

Plano **a**  $\perp$  **c**

Plano **b** ( $L_m, F_m, P_n$ )

Plano **c** ( $L_m, F_m, P_m$  e 2----2)

Plano **a** ( $L_m, F_m$  e 1----1)

$\alpha_{Pn}$  = ângulo entre **a** e **b**

$\gamma_{Pn}$  = ângulo entre **c** e **b**

$\alpha_{Pn} = \gamma_{Pn} - 90$

**IV.4.1.1 - Cálculo da Equação do Plano **b**<sup>[48]</sup>**

O Plano **b** contém os Pontos ( $L_m, F_m, P_n$ ) onde  $L_m(X_{Lm}, Y_{Lm}, Z_{Lm})$ ,  $P_n(X_{Pn}, Y_{Pn}, Z_{Pn})$  e  $F_m(X_{Fm}, Y_{Fm}, 0)$ . Portanto a sua equação é dada por:

$$(66) \quad \begin{vmatrix} (x - x_{Lm}) & (y - y_{Lm}) & (z - z_{Lm}) \\ (x_{Fm} - x_{Lm}) & (y_{Fm} - y_{Lm}) & (z_{Fm} - z_{Lm}) \\ (x_{Pn} - x_{Lm}) & (y_{Pn} - y_{Lm}) & (z_{Pn} - z_{Lm}) \end{vmatrix} = 0$$

$$(x - x_{Lm}) \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm}) + (y - y_{Lm}) \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) + (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) \cdot (z - z_{Lm}) - (z - z_{Lm}) \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) - (y - y_{Lm}) \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm}) - (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) \cdot (x - x_{Lm}) = 0$$

### Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas

$$x \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm}) - x_{Lm} \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm}) - x \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) + x_{Lm} \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) + y \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) - y \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm}) + y_{Lm} \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) + y_{Lm} \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm}) + z \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) - z_{Lm} \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) - z \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) + z_{Lm} \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) = 0$$

$$x \cdot [(y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm}) - (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm})] + y \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) - (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm})] + z \cdot [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) - (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm})] + x_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) + (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm})] + y_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) + (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm})] + z_{Lm} \cdot [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) + (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm})] = 0$$

Chamando:

$$(67) \quad A_b = [(y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm}) - (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm})]$$

$$(68) \quad B_b = [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) - (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm})]$$

$$(69) \quad C_b = [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) - (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm})]$$

$$(70) \quad D_b = x_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) + (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm})] + y_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm}) + (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pn} - z_{Lm})] + z_{Lm} \cdot [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pn} - y_{Lm}) + (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pn} - x_{Lm})]$$

A equação do plano b fica:

$$(71) \quad A_b x + B_b y + C_b z + D_b = 0$$

#### IV.4.1.2 - Cálculo da Equação do Plano c<sup>[48]</sup>

O Plano b contém os Pontos (L<sub>m</sub>, F<sub>m</sub>, P<sub>m</sub>) onde L<sub>m</sub>(x<sub>Lm</sub>, y<sub>Lm</sub>, z<sub>Lm</sub>), P<sub>m</sub>(x<sub>Pm</sub>, y<sub>Pm</sub>, z<sub>Pm</sub>) e F<sub>m</sub>(x<sub>Fm</sub>, y<sub>Fm</sub>, 0). Portanto a sua equação é dada por:

$$(72) \quad \begin{vmatrix} (x - x_{Lm}) & (y - y_{Lm}) & (z - z_{Lm}) \\ (x_{Fm} - x_{Lm}) & (y_{Fm} - y_{Lm}) & (z_{Fm} - z_{Lm}) \\ (x_{Pm} - x_{Lm}) & (y_{Pm} - y_{Lm}) & (z_{Pm} - z_{Lm}) \end{vmatrix} = 0$$

$$(x - x_{Lm}) \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) + (y - y_{Lm}) \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) + (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) \cdot (z - z_{Lm}) - (z - z_{Lm}) \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) - (y - y_{Lm}) \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) - (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) \cdot (x - x_{Lm}) = 0$$

$$x \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) - x_{Lm} \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) - x \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) + x_{Lm} \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) + y \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) - y \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) + y_{Lm} \cdot (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) + y_{Lm} \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) + z \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) - z_{Lm} \cdot (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) - z \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) + z_{Lm} \cdot (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) = 0$$

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

$$x \cdot [(y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) - (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm})] + y \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) - (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm})] + z \cdot [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) - (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm})] + x_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) + (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm})] + y_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) + x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm})] + z_{Lm} \cdot [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) + (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm})] = 0$$

Chamando:

$$(73) \quad A_c = [(y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) - (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm})]$$

$$(74) \quad B_c = [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) - (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm})]$$

$$(75) \quad C_c = [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) - (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm})]$$

$$(76) \quad D_c = x_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) + (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm})] + y_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) + (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm})] + z_{Lm} \cdot [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) + (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm})]$$

A equação do **plano c** fica:

$$(77) \quad A_c x + B_c y + C_c z + D_c = 0$$

Tendo-se as equações dos planos “a” e “c”, pode-se calcular o ângulo  $\gamma_n$  entre esses planos através da equação: <sup>[48]</sup>

$$(78) \quad \gamma_{Pn} = \arccos \{ (A_b \cdot A_c + B_b \cdot B_c + C_b \cdot C_c) / [(A_b^2 + B_b^2 + C_b^2) \cdot (A_c^2 + B_c^2 + C_c^2)]^{1/2} \}$$

Como o ângulo entre os planos “a” e “c” é 90° (Figura IV.4), tem-se o  $\alpha_{Pn}$

$$(79) \quad \alpha_{Pn} = \gamma_{Pn} - 90^\circ$$

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

#### IV.4.2 - Cálculo de ângulo vertical do levantamento fotométrico - $\beta_n$

No triângulo  $(P_m, F_m, P_n)$  calcula-se  $\cos \beta_{P_n}$

$$(80) \quad (\overline{F_m P_n})^2 = (\overline{L_m P_n})^2 + (\overline{L_m F_m})^2 - 2 \cdot (\overline{L_m P_n}) \cdot (\overline{L_m F_m}) \cdot \cos \beta_{P_n}$$

ou seja, substituindo-se (62), (63) e (64) em (80), tem-se:

$$(81) \quad \cos \beta_{P_n} = \{(A + B - C) / [2 \cdot (A \cdot B)^{1/2}]\}$$

Portanto tem-se

$$(82) \quad \beta_{P_n} = \arccos \{(A + B - C) / [2 \cdot (A \cdot B)^{1/2}]\}$$

#### IV.4.3 - Cálculo do Ângulo de Posição do Ponto de Cálculo - $\theta_{P_n}$

No triângulo  $(L_m, P'_m, P_n)$  da Figura IV.4 tem-se:

$$\cos \theta_{P_n} = H_{P_n} / \overline{L_m P_n}$$

$$\text{como } H_{P_n} = (Z_{L_m} - Z_{P_n})$$

$$\text{como de (74) } \overline{L_m P_n}^2 = A$$

$$(83) \quad \cos \theta_{P_n} = (Z_{L_m} - Z_{P_n}) / A^{1/2}$$

Portanto

$$(84) \quad \theta_{P_n} = \arccos [(Z_{L_m} - Z_{P_n}) / A^{1/2}]$$

$$(85) \quad \cos^2 \theta_{P_n} = [(Z_{L_m} - Z_{P_n})^2 / A] = Z$$

$$(86) \quad \cos^3 \theta_{P_n} = [(Z_{L_m} - Z_{P_n})^3 / A^{3/2}] = M$$

### Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas

e como do triângulo retângulo ( $L_m, P'_m, P_n$ ) da Figura IV.4 tem-se

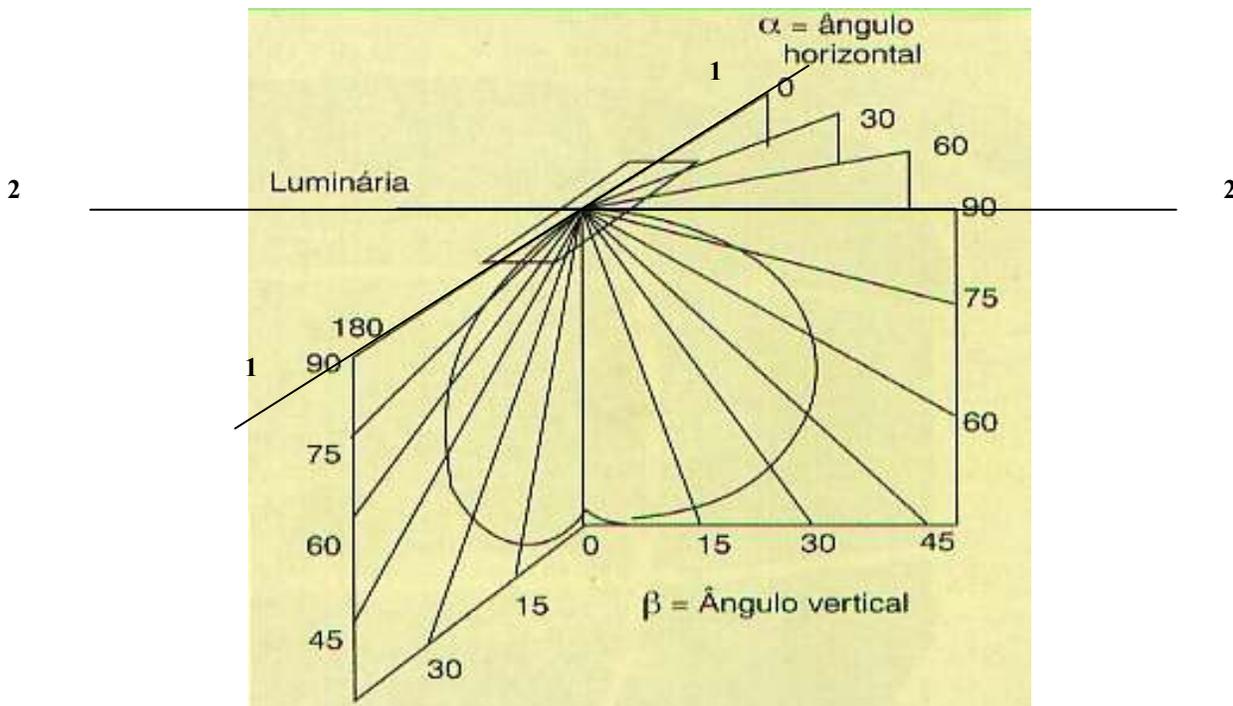
$$(87) \quad \text{sen } \theta_{P_n} = \overline{P'_m P_n} / \overline{L_m P_n}$$

substituindo-se (62) e (65) em (87) tem-se:

$$(88) \quad \boxed{\text{sen } \theta_{P_n} = [D / A]^{1/2} = N}$$

#### IV.4.4 - Cálculo das Iluminâncias Horizontais e Verticais no Ponto $P_n$

A Figura IV.5 mostra o posicionamento da luminária e/ou projetor no goniofotômetro, que permite a leitura das intensidades luminosas nas direções  $\alpha_{P_n}$  (giro horizontal) e  $\beta_{P_n}$  (giro vertical). A partir dessas leituras monta-se a Tabela IV.1



**Figura IV.5 – Posicionamento dos Ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  durante o levantamento fotométrico no goniofotômetro**

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

A partir da leituras mostradas na Figura IV.5, monta-se a Tabela IV.1

**Tabela IV.1 - Intensidade luminosa para Projetores Simétricos ou Assimétricos Obtidas no Goniofotômetro**

							2						
$\alpha \backslash \beta$	- 90	- 75	- 60	- 45	- 30	- 15	0	+15	+30	+45	+60	+75	+90
+90													
+75													
+60													
+45													
+30													
+15													
1 0													1
- 15													
- 30													
- 45													
- 60													
- 75													
- 90													
							2						

**IV.4.4.1 - Iluminância Horizontal no ponto P<sub>n</sub> com luminária inclinada τ°**

Como a contribuição de uma luminária em P<sub>n</sub> é dada por

(89)

$$E_{hP_n} = [ I_{LmP_n}(\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) \cdot \cos^3 \theta_{P_n} ] / H_{P_n}^2$$

pode-se calcular a contribuição de “p” luminárias em P<sub>n</sub> substituindo-se (86) em (89)

(90)

$$E_{hP_n} = \sum_{m=1}^{m=p} \{ [ I_{LmP_n}(\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) \cdot M ] / H_{P_n}^2 \}$$

onde

$$H_{P_n} = (Z_{L_m} - Z_{P_n})$$

m = 1 ..... p (Projetores ou luminárias)

n = 1 ..... q (pontos de cálculo)

I<sub>LmP<sub>n</sub></sub>(α<sub>n</sub>, β<sub>n</sub>) = Intensidade luminosa da luminária “L<sub>m</sub>” na direção do Ponto P<sub>n</sub>

(85)

$$M = \cos^3 \theta_{P_n} = [(Z_{L_m} - Z_{P_n})^3 / A^{3/2}] \text{ onde de (62) } A = (\overline{L_m P_n})^2$$

(62)

$$A = (\overline{L_m P_n})^2 = (X_{L_m} - X_{P_n})^2 + (Y_{L_m} - Y_{P_n})^2 + (Z_{L_m} - Z_{P_n})^2$$

### *Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

Assim, a iluminância horizontal média de “p” luminárias em “q” pontos de cálculo é dada por:

$$(91) \quad E_{hmédia} = \left\{ \sum_{m=1}^{m=p} \sum_{n=1}^{n=q} [ I_{LmPn}(\alpha_{Pn}, \beta_{Pn}) \cdot M ] / H_{Pn}^2 \right\} / q$$

#### **IV.4.4.2 - Iluminância Vertical no ponto $P_n$ com luminária inclinada $\tau^\circ$**

A contribuição de uma luminária em “ $P_n$ ” é dada por:

$$(92) \quad E_{vPn} = [ I_{LmPn}(\alpha_{Pn}, \beta_{Pn}) \cdot \text{sen } \theta_{Pn} \cdot \text{cos}^2 \theta_{Pn} ] / H_{Pn}^2$$

substituindo-se (85) e (88) em (92) tem-se a contribuição de “r” luminárias em  $P_n$

$$(93) \quad E_{vPn} = \sum_{m=1}^{m=r} \left\{ [ I_{LmPn}(\alpha_{Pn}, \beta_{Pn}) \cdot N \cdot Z ] / H_{Pn}^2 \right\}$$

onde

$$\begin{aligned} H_{Pn} &= (Z_{Lm} - Z_{Pn}) \\ m &= 1 \dots \dots \dots r \text{ (Projetores ou luminárias)} \\ n &= 1 \dots \dots \dots s \text{ (pontos de cálculo)} \\ I_{LmPn}(\alpha_{Pn}, \beta_{Pn}) &= \text{Intensidade luminosa da luminária “L}_m\text{” na direção do Ponto } P_n \\ (88) \quad N &= \text{sen } \theta_{Pn} = [D/A]^{1/2} \quad \text{onde de (65) } D = (\overline{P'_m P_n})^2 \text{ e de (62) } A = (\overline{L_m P_n})^2 \\ (85) \quad Z &= \text{cos}^2 \theta_{Pn} = [(Z_{Lm} - Z_{Pn})^2 / A] \end{aligned}$$

Assim, a iluminância vertical média de “r” luminárias em “s” pontos de cálculo é dada por:

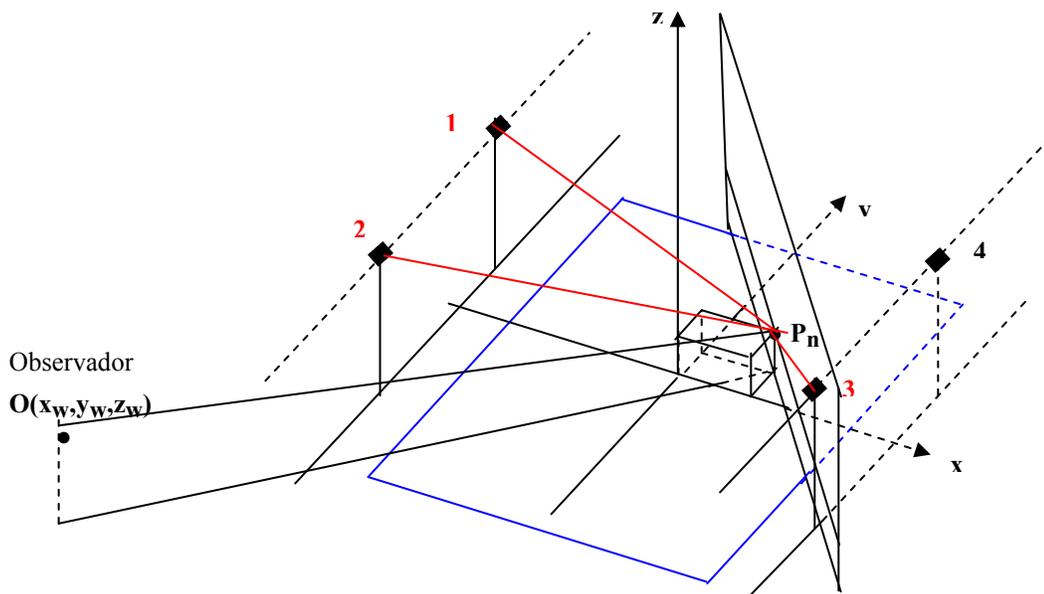
$$(94) \quad E_{vmédia} = \left\{ \sum_{m=1}^{m=r} \sum_{n=1}^{n=s} [ I_{LmPn}(\alpha_{Pn}, \beta_{Pn}) \cdot N \cdot Z ] / H_{Pn}^2 \right\} / s$$

Convém observar que existe uma diferença entre as quantidades de luminárias (p e r) e de pontos de cálculos (q e s) para o cálculo das iluminâncias horizontais e verticais, respectivamente. A quantidade de pontos “q” se refere ao número de pontos de cálculo no plano horizontal da área a ser iluminada pelo total de “p” luminárias e/ou projetores instalados no local. Em cada ponto  $P_n$  onde  $1 \leq n \leq q$ , calcula-se a contribuição de cada luminária e/ou projetor m, onde  $1 \leq m \leq p$ , após o que faz-se o cálculo da iluminância

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

horizontal média. O número “q” de pontos de cálculo é definido pela malha de cálculo sobreposta ao plano horizontal. Ela dependerá da resolução que se deseja, ou seja, de 1 em 1 metro, de 2 em 2 metros, etc. O centro de cada malha será o  $P_n$ . Para o cálculo da iluminância horizontal média, soma-se os valores calculados em cada ponto  $P_n$  ( $1 \leq n \leq q$ ), para cada luminária e/ou projetor  $m$  onde  $1 \leq m \leq p$  e divide-se a soma por “q”.

No cálculo da iluminância vertical média torna-se necessário definir as coordenadas de um observador  $O(x_w, y_w, z_w)$  e um plano vertical que passe por uma reta que contenha o ponto  $P_n$  e que seja perpendicular à reta  $\overline{OP_n}$ , conforme mostra a Figura IV.5. Este plano tem que ter definido o seu comprimento, no plano horizontal (x,y) e a sua altura na direção de “z”, sendo “z”, no máximo a altura da luminária ou projetor mais elevado.



**Figura IV.5 – Ilustração das Luminárias e/ou Projetores que contribuem no valor da Iluminância Vertical, onde a luminária 4 não contribui por estar do outro lado do plano vertical que passa por  $P_n$  em relação ao observador  $W(x_w, y_w, z_w)$**

Esse plano vertical dividirá o espaço acima da área horizontal de cálculo, em duas partes. Deve-se definir também o número de malhas de cálculo no referido plano. O centro dessas malhas serão os pontos de cálculo  $P_n$  ( $1 \leq n \leq s$ ) do plano vertical. O valor de “s” dependerá da resolução que se deseja, ou seja, de 1 em 1 metro, de 2 em 2

### *Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

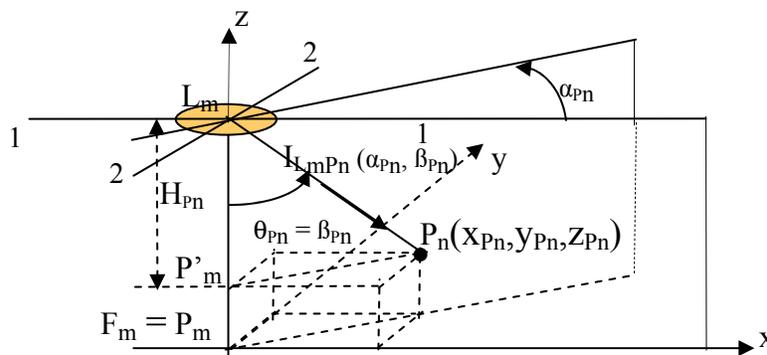
metros, etc. Outro fator importante é definir de qual lado dos dois espaços se posiciona o observador. Portanto, “r” será igual ao número de projetores e/ou luminárias, que iluminarão o lado do plano vertical em que se encontra o observador.

Para o cálculo da iluminância vertical média, soma-se os valores calculados em cada ponto  $P_n$  onde  $1 \leq n \leq s$ , para cada luminária e/ou projetor  $m$  onde  $1 \leq m \leq r$  e divide-se a soma por “s”.

Os cálculos desenvolvidos se aplicam a campos e quadras onde os projetores são dispostos nas laterais do local, e ficam em posição inclinada e/ou em posição onde o Foco  $F_m$  coincide com Ponto  $P_m$  conforme mostra a Figura IV.6.

Para o caso de ginásios esportivos, geralmente ocorre o posicionamento dos projetores e/ou luminárias, suspensos na cobertura do local, conforme Figura IV.6. Evidentemente poderá haver casos em que se utilizem as duas disposições simultaneamente. Nesses casos, em cada ponto deve-se somar as contribuições dos projetores e/ou luminárias.

O cálculo da Iluminância vertical é importante para se garantir a iluminação de objetos e pessoas lateralmente, o que garante uma boa reprodução de cores e uniformidade nos níveis exigidos para transmissão de imagens de TV e mesmo para a realização de fotos com qualidade, principalmente em competições internacionais, como a Copa do Mundo, Olimpíadas, etc.



Onde  $H_{Pn} = (Z_{L_m} - Z_{Pn})$  e as coordenadas de  $P_m$  e  $P_n$  são  $(X_{Pm}, Y_{Pm}, Z_{Pm})$  e  $P_n(X_{Pn}, Y_{Pn}, Z_{Pn})$

**Figura IV.6 - Projetor ou Luminária com o Foco  $F_m$  em  $P_m$**



*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

Se  $X_{P_n} = X_{L_m}$  e  $Y_{P_n} = Y_{L_m}$  então (84)  $\alpha_{P_n} = 0$  e (97)  $\beta_{P_n} = 0$

Se  $X_{P_n} \neq X_{L_m}$  e  $Y_{P_n} = Y_{L_m}$  então (98)  $\alpha_{P_n} = \varphi$  e

Da Figura IV.6

$$\beta_n = \arctg [(\overline{P'_m P_n})/H_{P_n}]$$

e

$$H_{P_n} = (Z_{L_m} - Z_{P_n})$$

como

$$\overline{P'_m P_n} = [(X_{P_n} - X_{L_m})^2 + (Y_{P_n} - Y_{L_m})^2]^{1/2} \quad \text{fica:}$$

(111)

$$\beta_{P_n} = \theta_{P_n} = \{ \arctg [(X_{P_n} - X_{L_m})^2 + (Y_{P_n} - Y_{L_m})^2]^{1/2} \} / H_{P_n}$$

Se  $X_{P_n} = X_{L_m}$  e  $Y_{P_n} \neq Y_{L_m}$  então (110)  $\alpha_{P_n} = 90^\circ$  e

Da Figura IV.6

$$\beta_{P_n} = \arctg (\overline{P'_m P_n}/H_{P_n})$$

e

$$H_{P_n} = (Z_{L_m} - Z_{P_n}) \quad \text{com} \quad Z_{P_n} \leq Z_{L_m}$$

como

$$\overline{P'_m P_n} = |Y_{L_m} - Y_{P_n}| \quad \text{e} \quad \text{fica:}$$

(99)

$$\beta_{P_n} = \theta_{P_n} = \arctg |Y_{P_n} - Y_{L_m}| / H_{P_n}$$

e se  $X_{P_n} \neq X_{L_m}$  e  $Y_{P_n} \neq Y_{L_m}$

(100)

$$\alpha_{P_n} = \delta - \varphi$$

(101)

$$\beta_{P_n} = \theta_{P_n} = \arctg \{ [(X_{P_n} - X_{L_m})^2 + (Y_{P_n} - Y_{L_m})^2]^{1/2} \} / H_{P_n}$$

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

E, finalmente, as iluminâncias Horizontais ( $E_{hP_n}$ ) e Verticais ( $E_{vP_n}$ ) em “ $P_n$ ”, com qualquer posição de giro dos projetores assimétricos, com  $P_m = F_m$  ficam:

Iluminâncias Horizontais em  $P_n$

A contribuição de uma luminária, em  $P_n$  é dada por:

(102)

$$E_{hP_n} = [ I_{LmP_n} (\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) . \cos^3 \theta_{P_n} ] / H_{P_n}^2$$

Substituindo-se (97)  $\cos^3 \theta_{P_n} = M$  em (114) tem-se a Contribuição de “ $p$ ” luminárias:

(115)

$$E_{hP_n} = \sum_{m=1}^{m=p} \{ [ I_{LmP_n} (\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) . M ] / H_{P_n}^2 \}$$

Iluminâncias Verticais em  $P_n$

A contribuição de uma luminária em  $P_n$  é dada por:

(104)

$$E_{vP_n} = [ I_{LmP_n} (\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) . \sen \theta_{P_n} . \cos^2 \theta_{P_n} ] / H_{P_n}^2$$

Substituindo-se (85)  $\cos^2 \theta_{P_n} = Z$  e (88)  $\sen \theta_{P_n} = N$  em (104) tem-se a contribuição de “ $r$ ” luminárias

(105)

$$E_{vP_n} = \sum_{m=1}^{m=r} \{ [ I_{LmP_n} (\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) . N . Z ] / H_{P_n}^2 \}$$

Assim, Iluminância Média Horizontal em “ $q$ ” pontos da área horizontal iluminada é dada por:

(106)

$$E_{hmédia} = \left\{ \sum_{m=1}^{m=p} \sum_{n=1}^{n=q} [ I_{LmP_n} (\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) . Z ] / H_{P_n}^2 \right\} / q$$

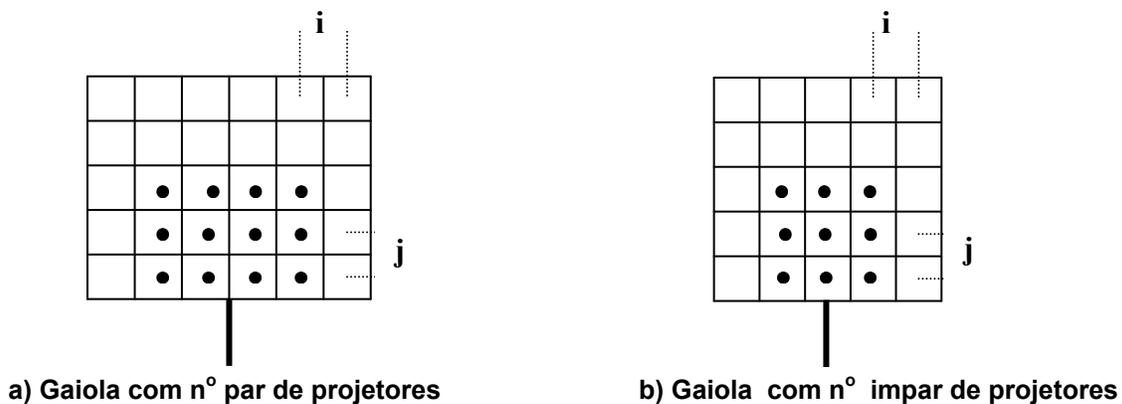
e, a Iluminância Média Vertical em “ $s$ ” pontos da área vertical iluminada é dada por:

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

$$(107) \quad E_{vmédia} = \left\{ \sum_{m=1}^{m=r} \sum_{n=1}^{n=s} [ I_{LmPn}(\alpha_{Pn}, \beta_{Pn}) \cdot N \cdot Z ] / H_{Pn}^2 \right\} / s$$

#### IV.4.6 - Disposição dos Projetores e/ou Luminárias para Iluminação de Campos e Quadras Esportivas

As disposições dos projetores para Campos e Quadras Esportivas Externas geralmente são feitas em 4 alternativas, sendo 3 em gaiolas (Figura IV.7), conforme Figura IV.8 e uma distribuída ao longo do comprimento do campo ou quadra. Para Ginásios Esportivos deve-se considerar também a possibilidade de disposição de luminárias, simétricas ou assimétricas, em plano paralelo ao piso da quadra.



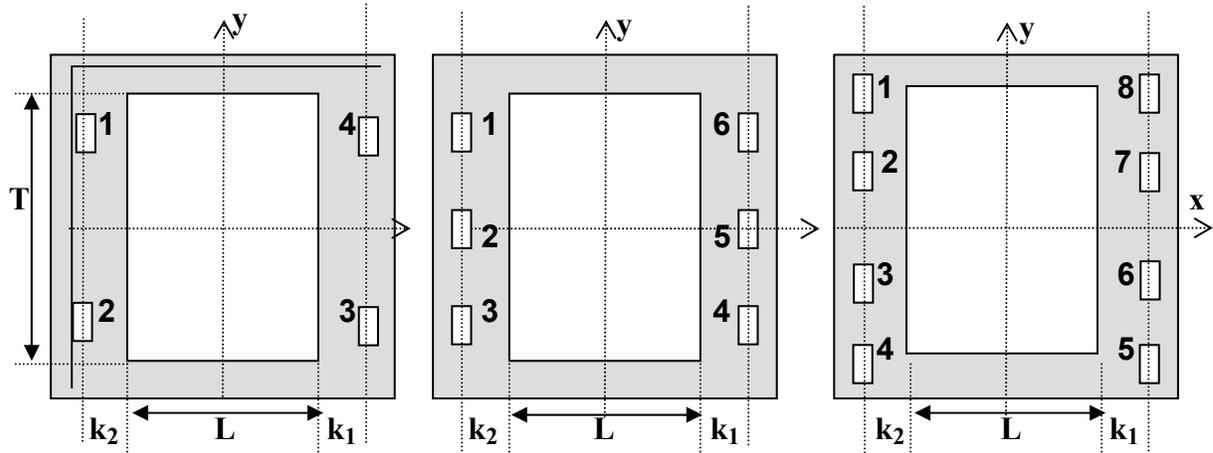
Onde:

- i = distância horizontal entre projetores
- j = distância vertical entre projetores
- u = largura de projetor assimétrico
- v = comprimento de projetor assimétrico
- t = diâmetro de projetor simétrico

**Figura IV.8 – Configuração das Gaiolas de Projetores para iluminação de Campos e Quadras**

A figura IV.9 ilustra as disposições das gaiolas da figura IV.8, em campos e quadras esportivas em áreas abertas.

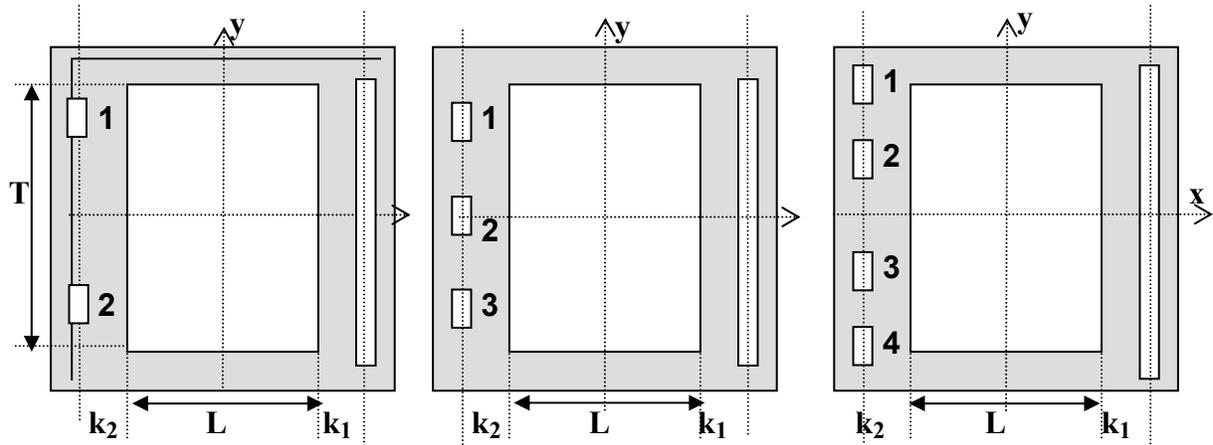
*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*



**a) Campo com 4 gaiolas**

**b) Campo com 6 gaiolas**

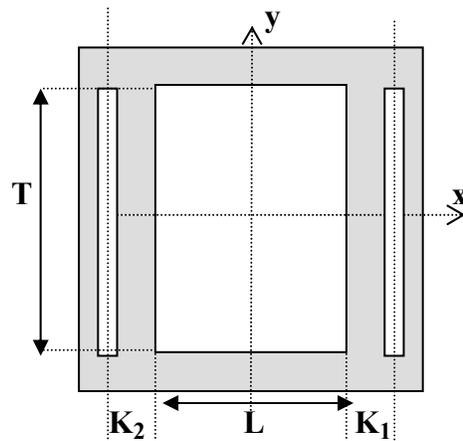
**c) Campo com 8 gaiolas**



**d) Campo com 2 gaiolas e montagem distribuída**

**e) Campo com 3 gaiolas e montagem distribuída**

**f) Campo com 4 gaiolas e montagem distribuída**



**g) Campo com montagem distribuída dos dois lados do campo**

**Figura IV.9 – Disposição dos Projetores para Campos e Quadras**

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

**Coordenadas das torres 1,2,3 e 4 da Figura IV.9.a**  
**(Distância entre Torres no eixo y = T/2)**

$$\begin{array}{l|l} X_1 = -(L/2 + K_2) & X_3 = (L/2 + K_1) \\ Y_1 = T/4 & Y_3 = -T/4 \\ \\ X_2 = -(L/2 + K_2) & X_4 = (L/2 + K_1) \\ Y_2 = -T/4 & Y_4 = T/4 \end{array}$$

**Coordenadas das torres 1 a 6 da Figura IV.9.b**  
**(Distância entre Torres no eixo y = T/3)**

$$\begin{array}{l|l} X_1 = -(L/2 + K_2) & X_4 = (L/2 + K_1) \\ Y_1 = T/3 & Y_4 = -T/3 \\ \\ X_2 = -(L/2 + K_2) & X_5 = (L/2 + K_1) \\ Y_2 = 0 & Y_5 = 0 \\ \\ X_3 = -(L/2 + K_2) & X_6 = (L/2 + K_1) \\ Y_3 = -T/3 & Y_6 = T/3 \end{array}$$

**Coordenadas das torres 1 a 8 da Figura IV.9.c**  
**(Distância entre Torres no eixo y = T/4)**

$$\begin{array}{l|l} X_{T1} = -(L/2 + K_2) & X_{T5} = (L/2 + K_1) \\ Y_{T1} = T/2 & Y_{T5} = -T/2 \\ \\ X_{T2} = -(L/2 + K_2) & X_{T6} = (L/2 + K_1) \\ Y_{T2} = T/8 & Y_{T6} = -T/8 \\ \\ X_{T3} = -(L/2 + K_2) & X_{T7} = (L/2 + K_1) \\ Y_{T3} = -T/8 & Y_{T7} = T/8 \\ \\ X_{T4} = -(L/2 + K_2) & X_{T8} = (L/2 + K_1) \\ Y_{T4} = -T/2 & Y_{T8} = T/2 \end{array}$$

### *Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

As coordenadas das torres 1 e 2 da Figura IV.9.d, são iguais às coordenadas das torres 2 e 3 da Figura IV.9.a, respectivamente.

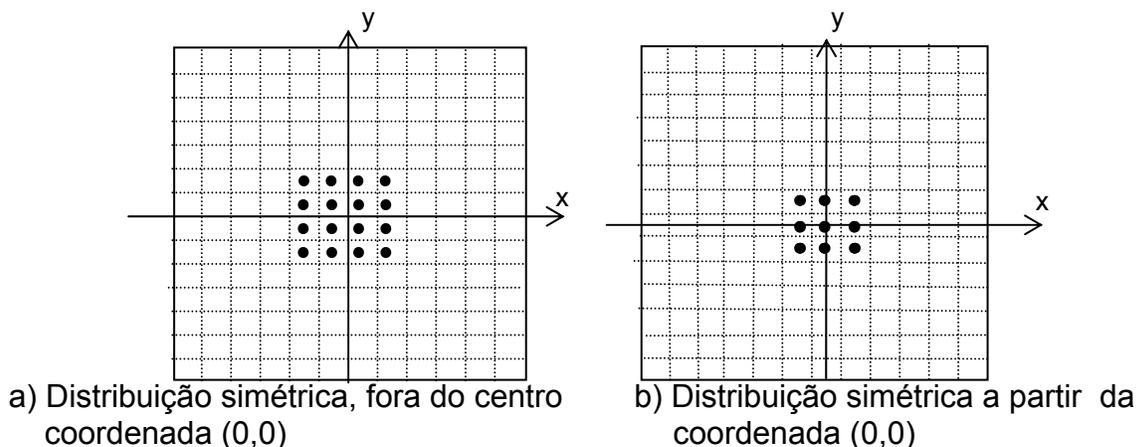
As coordenadas das torres 1, 2 e 3 da Figura IV.9.e, são iguais às coordenadas das torres 2, 3 e 4 da Figura IV.9.b, respectivamente.

As coordenadas das torres 1, 2, 3 e 4 da Figura IV.9.f, são iguais às coordenadas das torres 2, 3, 4 e 5 da Figura IV.9.c, respectivamente.

As coordenadas das luminárias que se encontram distribuídas nas figuras IV.9.d, IV.9.e, IV.9.f e IV.9.g, devem ser digitadas pelo calculista, conforme sua intenção de posicionamento, não sendo possível fixá-las automaticamente.

### **IV.4.7- Disposição dos Projetores e/ou Luminárias para Iluminação de Ginásios Esportivos**

Nestes casos ocorrem duas alternativas, ou se utiliza somente luminárias dispostas no plano horizontal, paralelo ao piso da quadra, conforme figura IV.10, ou se utiliza, juntamente com essa disposição, projetores distribuídos lateralmente à quadra. Essa situação as vezes é utilizada por se desejar maior iluminação vertical, muito importante para transmissão de televisão, em torneios oficiais principalmente os internacionais, uma vez que proporciona uma melhor uniformidade e reprodução de cores nos planos verticais.

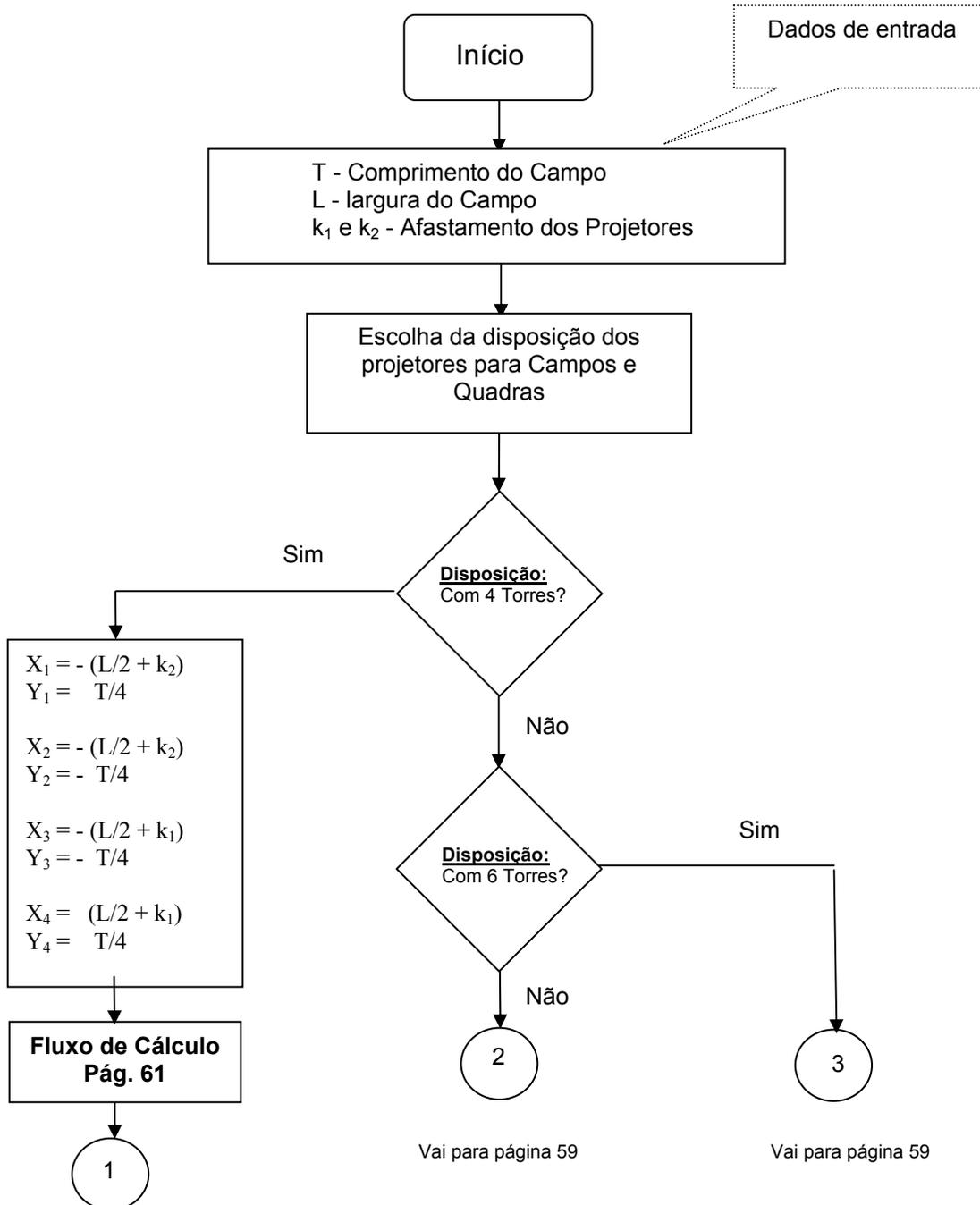


**Figura IV.10 – Distribuição de projetores no plano horizontal paralelo ao piso da quadra**

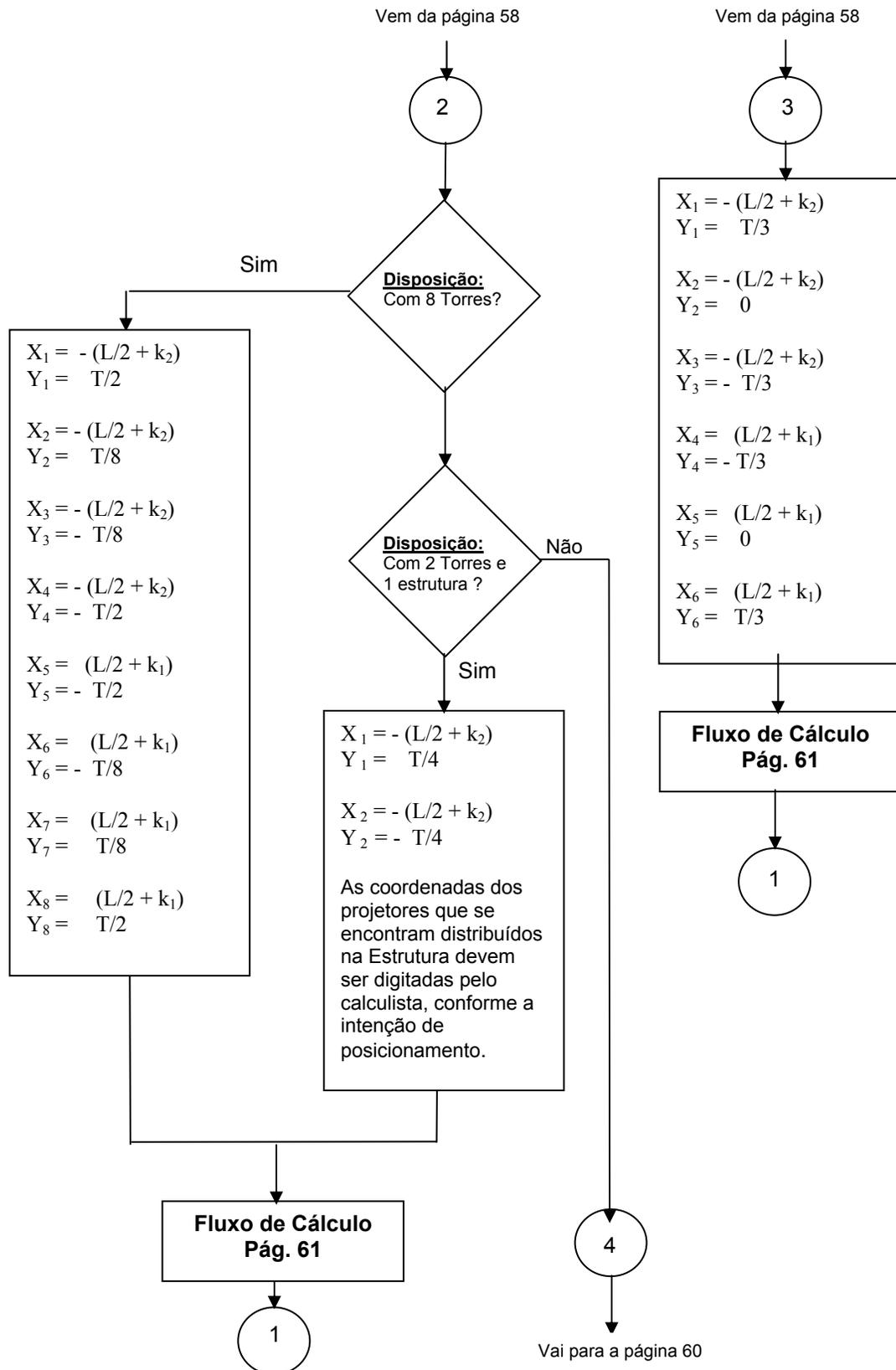
*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

### IV.4.8 - Fluxo de Cálculo para Disposição dos Projetores ou Luminárias nos Campos, Quadras e Ginásios Esportivos

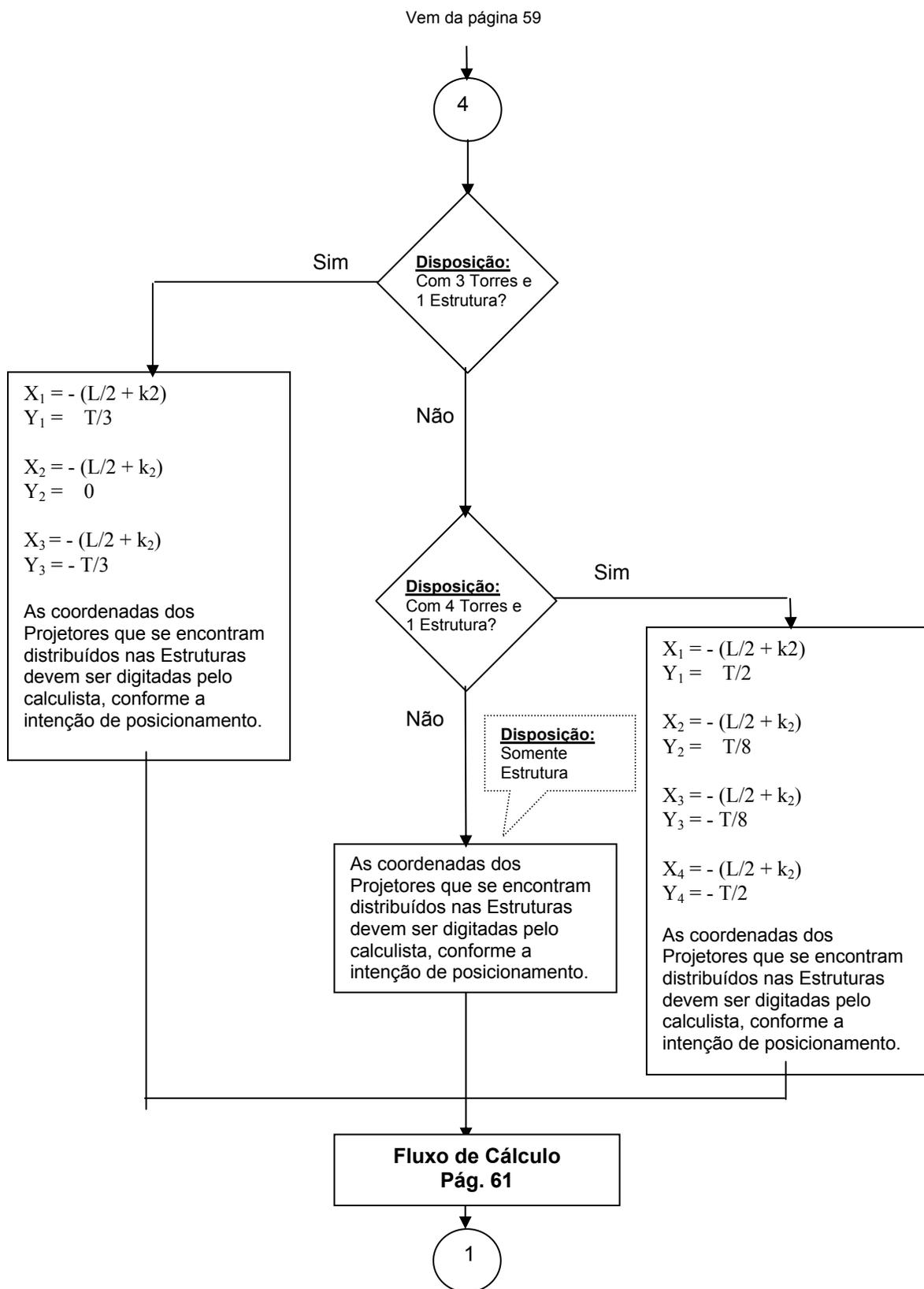
O fluxo a seguir mostra os cálculos para o posicionamento das gaiolas que contém os projetores para iluminação de campos e quadras com disposições simétricas, em torres e/ou em estruturas com posições distribuídas.



*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*



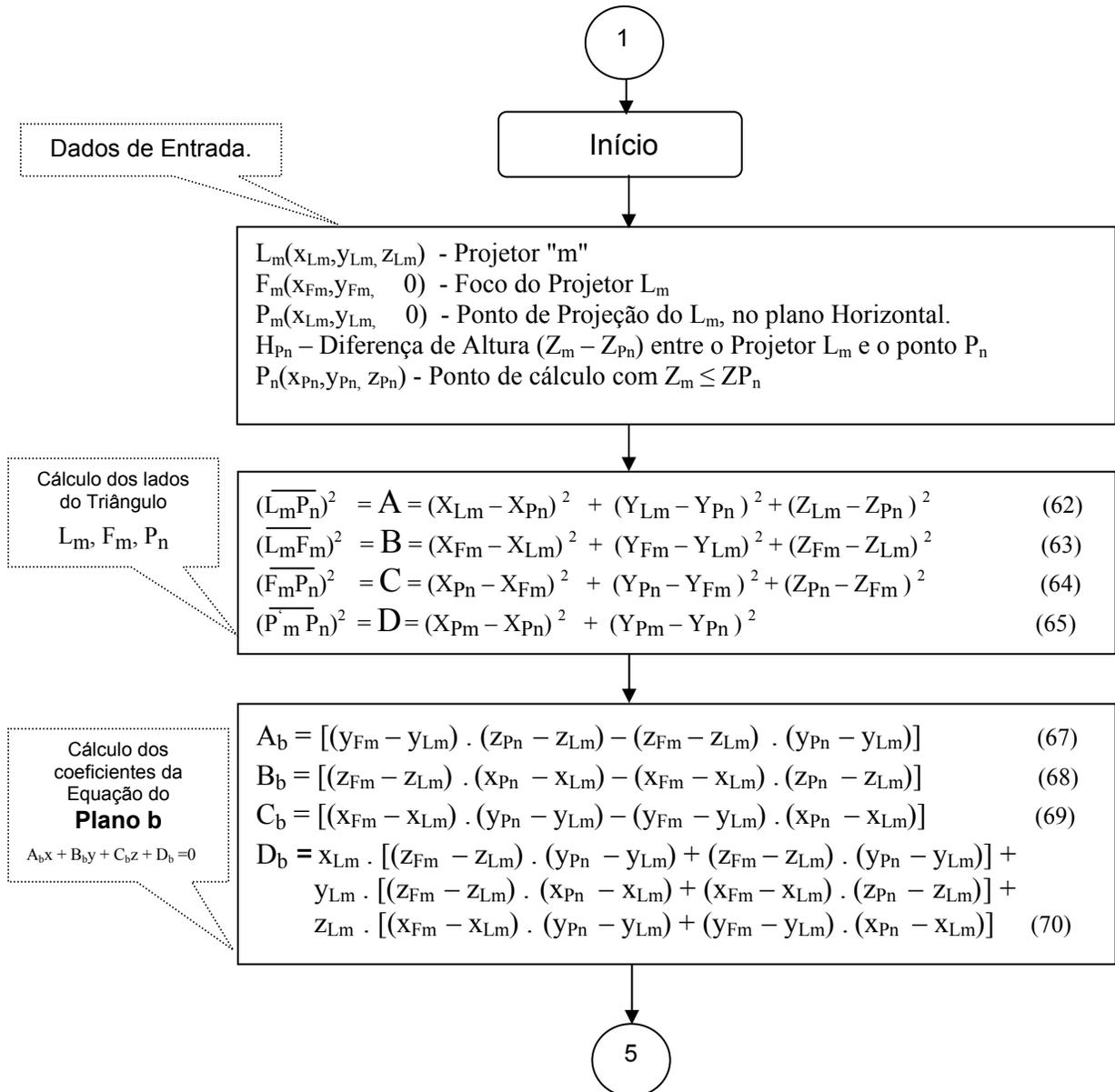
*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*



*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

### IV.4.9 – Fluxo de Cálculo de Iluminação de Campos, Quadras e Ginásios Esportivos com Projetores e/ou Luminárias, com ou sem inclinação.

Os Cálculos desenvolvidos se aplicam a campos e quadras onde os projetores são dispostos nas laterais do local e ficam em posição inclinada.



Vai para a página 62

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

Vem da a página 61

5

Cálculo dos coeficientes da Equação do **Plano c**

$$A_c x + B_c y + C_c z + D = 0$$

$$A_c = [(y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm}) - (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm})] \quad (73)$$

$$B_c = [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) - (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm})] \quad (74)$$

$$C_c = [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) - (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm})] \quad (75)$$

$$D_c = x_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) + (z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm})] + y_{Lm} \cdot [(z_{Fm} - z_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm}) + (x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (z_{Pm} - z_{Lm})] + z_{Lm} \cdot [(x_{Fm} - x_{Lm}) \cdot (y_{Pm} - y_{Lm}) + (y_{Fm} - y_{Lm}) \cdot (x_{Pm} - x_{Lm})] \quad (76)$$

Cálculo do ângulo  $\gamma_n$  entre os **Planos b e c**

$$\gamma_{Pn} = \arccos\{(A_b \cdot A_c + B_b \cdot B_c + C_b \cdot C_c) / [(A_b^2 + B_b^2 + C_b^2) \cdot (A_c^2 + B_c^2 + C_c^2)]^{1/2}\} \quad (78)$$

Cálculo do  $\alpha_{Pn}$  (ângulo horizontal do levantamento fotométrico)

$$\alpha_{Pn} = (\gamma_n - 90^\circ) \quad (79)$$

$$\beta_{Pn} = \arccos\{(A + B - C) / [2 \cdot (A \cdot B)^{1/2}]\} \quad (82)$$

Cálculo do  $\beta_{Pn}$  (ângulo vertical do levantamento fotométrico)

$$\theta_{Pn} = \arccos [(z_{Lm} - z_{Pn}) / A^{1/2}] \quad (84)$$

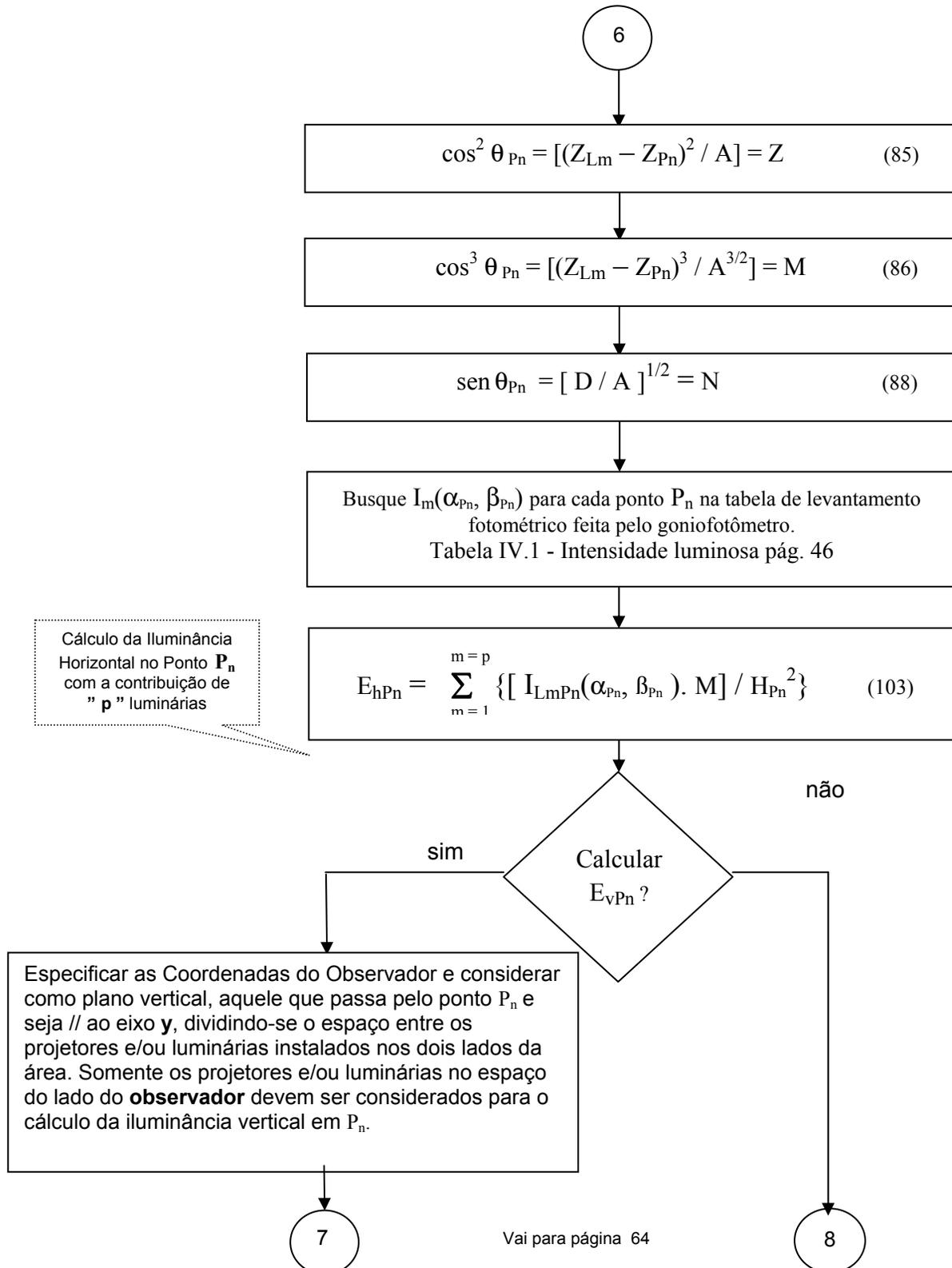
Cálculo do ângulo  $\theta_{Pn}$  No triângulo  $(P_m, L_m, P_n)$  da Figura 4.4

6

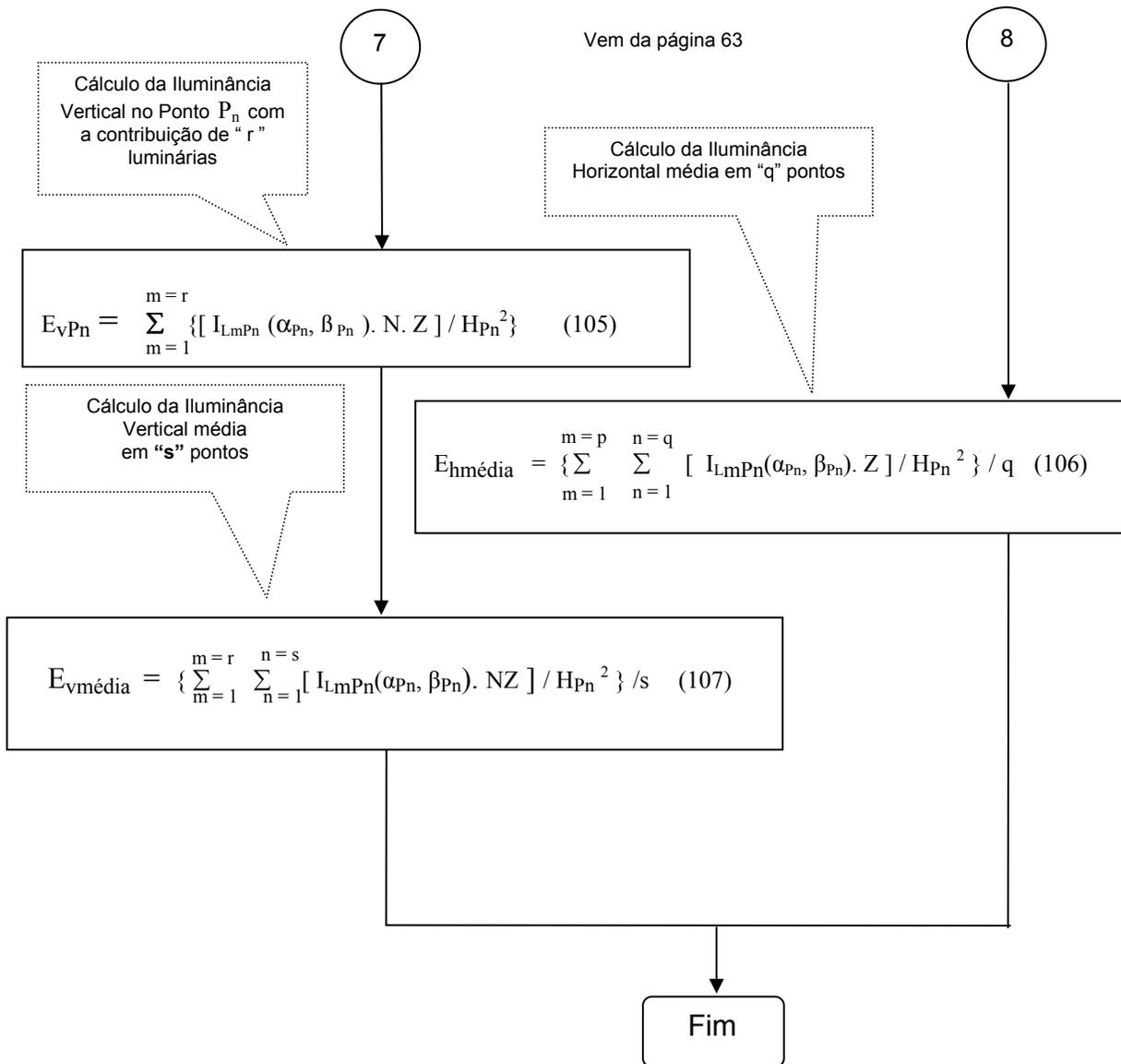
Vai para página 63

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

Vem da página 62



### Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas



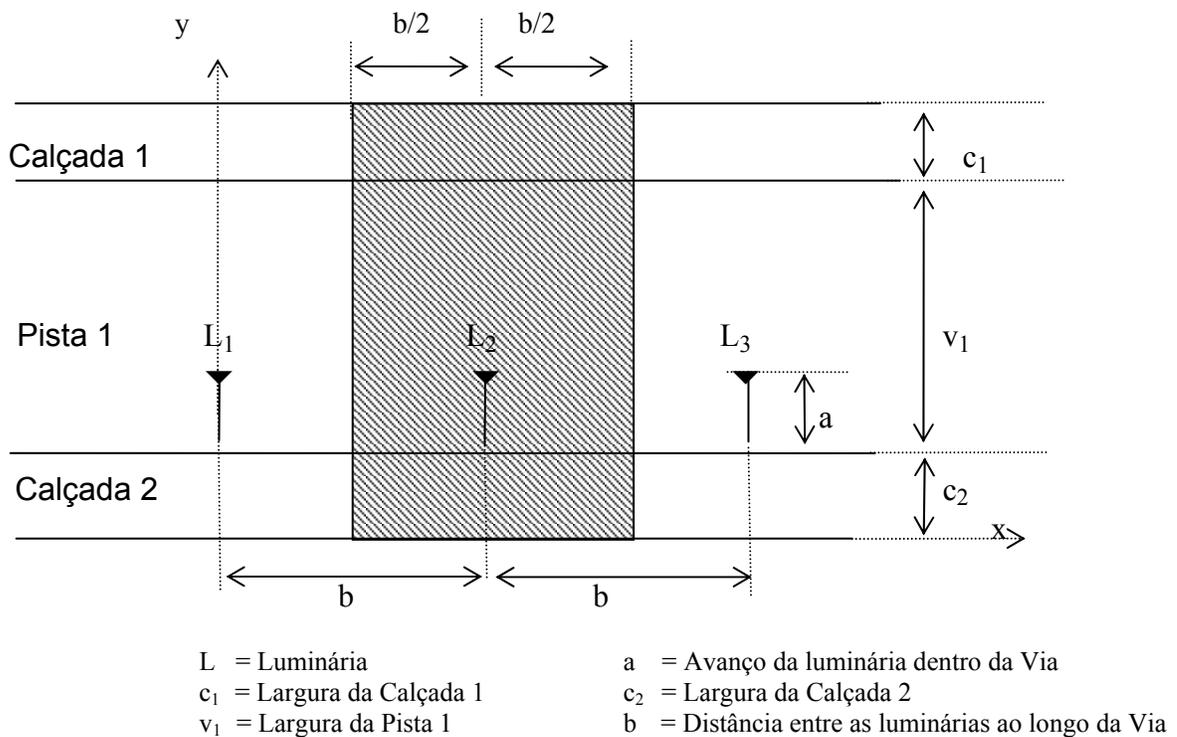
## IV.5 – Iluminação Pública

Neste item é desenvolvido o modelo para se efetuar o cálculo de iluminação de Vias Públicas, Pátios e Praças. Podem ser utilizados Projetores Simétricos e/ou Assimétricos e/ou Luminárias Públicas Clássicas. Cada braço ou Pétala das Luminárias Públicas será tratado individualmente, uma vez que o levantamento fotométrico em laboratório é assim realizado. Cada Pétala terá suas coordenadas, altura de montagem e ângulo de posição especificados sendo, portanto considerados como dados iniciais fornecidos pelos projetistas.

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

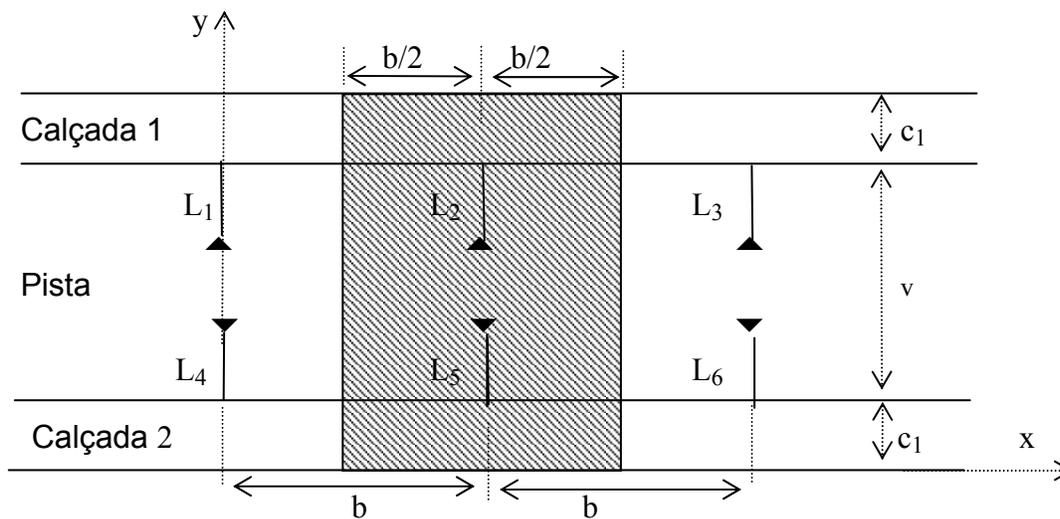
### IV.5.1 – Disposição de luminárias em Vias Públicas.

As Figuras IV.11 até IV.15 mostram as alternativas unilaterais, alternadas e bilaterais da posição das luminárias ao longo das pistas e do cruzamento de duas vias a serem iluminadas. As áreas destacadas na cor cinza representam o que ocorre na pista. Essa área sofre a influência somente das luminárias adjacentes próximas, destacadas nas figuras, uma vez que as demais luminárias, pelas distâncias utilizadas e pelas próprias características de distribuição espacial da luz, conforme levantamento fotométrico, não apresentam contribuições significativas. Portanto o valor da iluminância na área cinza será a iluminância em toda a pista, desde que se mantenha o posicionamento do trecho representativo ao longo da pista.

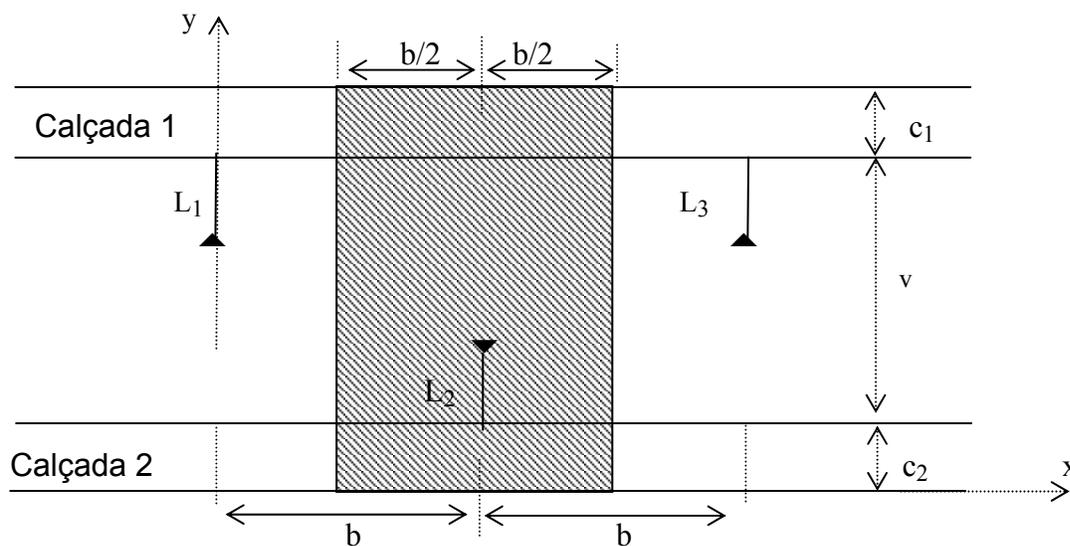


**Figura IV.11 – Disposição Unilateral de Luminárias, com destaque da área representativa da pista utilizada para o cálculo.**

*Cálculo para traçado de curvas isolux integradas*

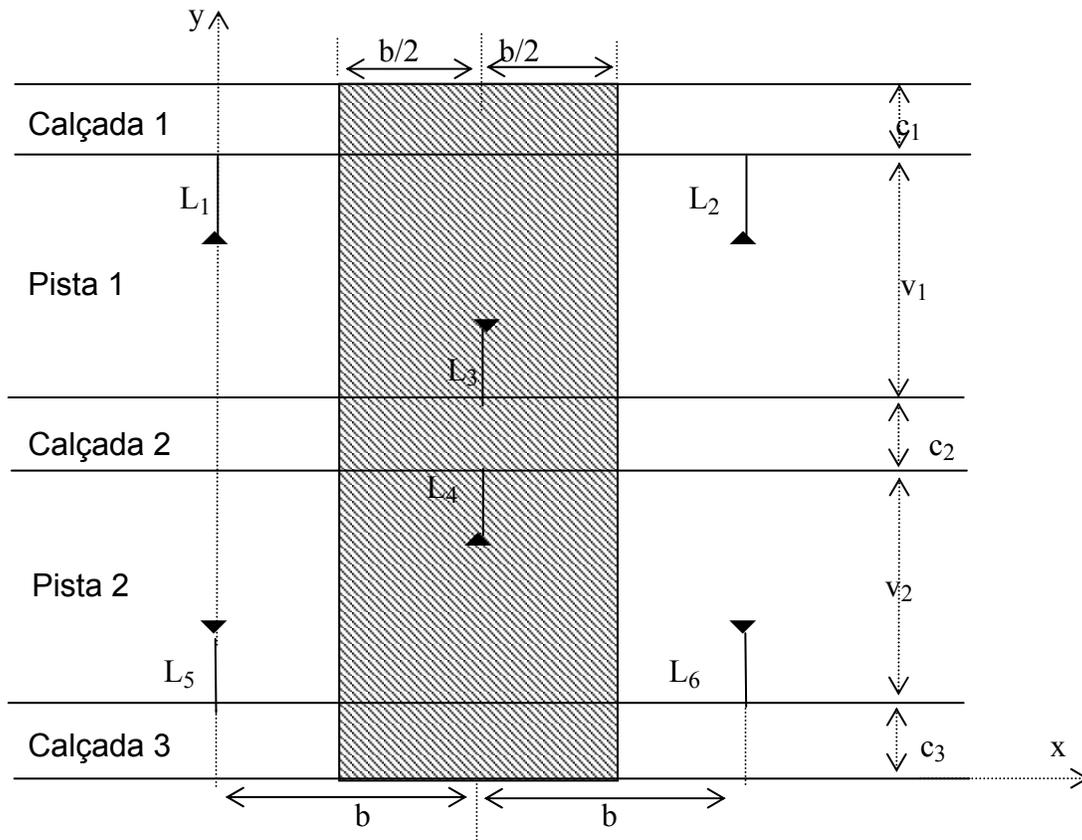


**Figura IV.12 – Disposição Bilateral de Luminárias, com destaque da área representativa da pista utilizada para o cálculo.**

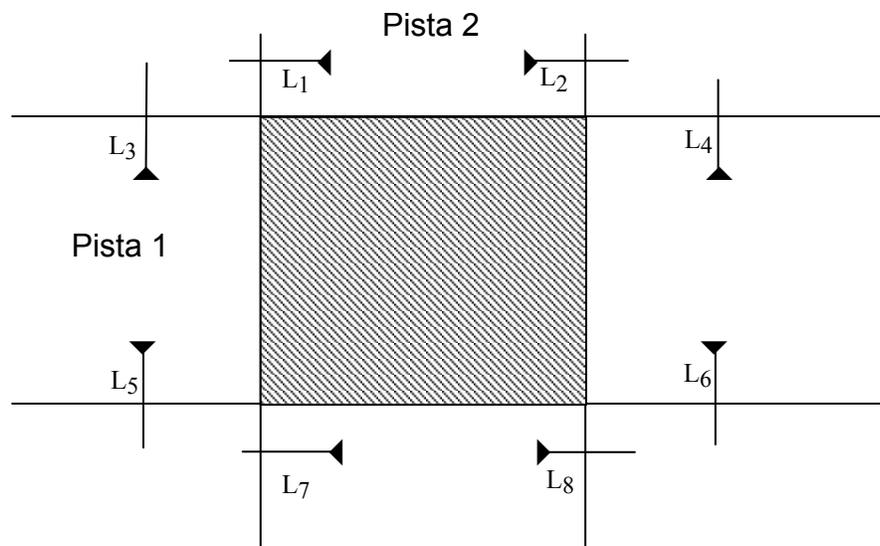


**Figura IV.13 – Disposição Alternada de Luminárias, com destaque da área representativa da pista utilizada para o cálculo.**

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*



**Figura IV.14 – Disposição Alternada de Luminárias, com destaque da área representativa da pista com duas vias, utilizada para o cálculo.**

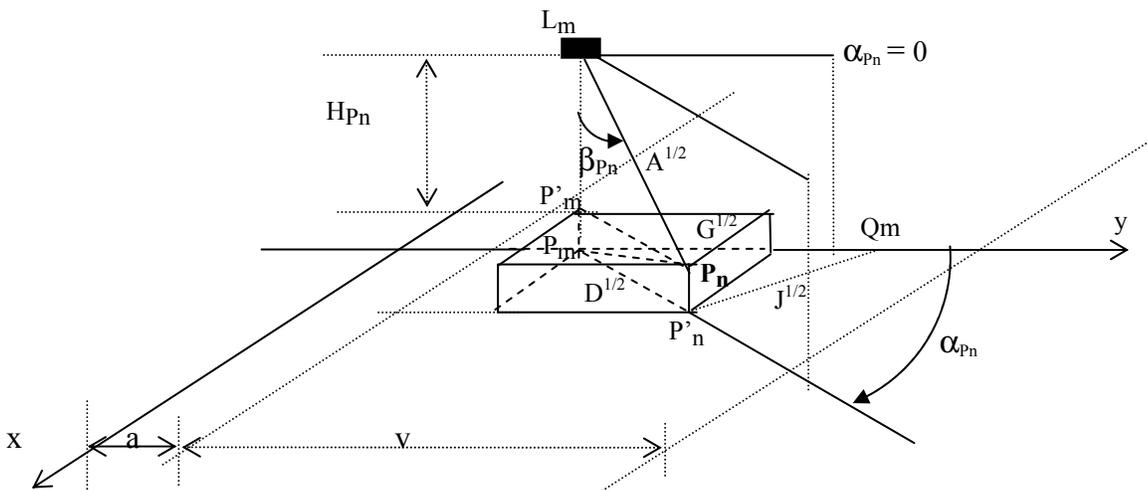


**Figura IV.15 – Cruzamento de Pistas com Luminárias dispostas bilateralmente, com destaque da área representativa da área a ser calculada.**

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

**IV.5.2 – Cálculo de Iluminâncias de Vias Públicas, com Luminárias à 90° em Relação ao eixo da Pista.**

O modelo geométrico adotado, conforme mostra a figura IV.16, utiliza a luminária pública na posição de uso, ou seja, na posição horizontal ou inclinada. Como o levantamento fotométrico é feito com a luminária na posição de trabalho não há necessidade de se elaborar cálculos com as duas alternativas (horizontal ou inclinada), conforme foi realizado no cálculo de iluminação esportiva demonstrado no item IV.4 e ilustrado na figura IV.4. Os valores de A, B, C e D da figura IV.16 estão elevados ao quadrado, conforme equações 62, 63, 64 e 65. Por essa razão aparecem elevados a  $\frac{1}{2}$ .



$L_m$  = luminária com Coordenadas  $(X_{L_m}, Y_{L_m}, Z_{L_m})$

$P_m$  = Projeção de  $L_m$  na pista (horizontal com Coordenadas  $(X_{L_m}, Y_{L_m}, 0)$ )

$P_n$  = Ponto de cálculo de iluminância com Coordenadas  $(X_{P_n}, Y_{P_n}, Z_{P_n})$

$a$  = Avanço da Luminária

$v$  = Largura da Pista

$H_{P_n}$  = Altura =  $(Z_{L_m} - Z_{P_n})$

$Q_m$  = Ponto qualquer escolhido na direção de "y" que passa por " $P_m$ " com coordenadas  $(X_Q, Y_Q, Z_Q)$  onde

$X_{Q_m} = X_{L_m}$ ,  $Y_{Q_m} = (Y_{L_m} + 10)$  e  $Z_{Q_m} = 0$  onde foi adotado o valor de 10m para a diferença entre  $Y_{Q_m}$  e  $Y_{L_m}$

**Figura IV.16 – Representação para cálculo das Iluminâncias em vias públicas nos Pontos  $P_n$**

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

**IV.5.2.1 – Cálculo do Ângulo Horizontal -  $\alpha_{Pn}$**

Da Figura IV.16 tem-se

$$(108) \quad \overline{(P_m P_n)}^2 = \overline{(P_m P'_n)}^2 = D$$

$$(109) \quad \overline{(P_m Q_m)}^2 = G = (Y_{Pm} + 10)^2$$

$$(110) \quad \overline{P'_n Q_m} = J = (X_{Pn} - X_{Qm})^2 + (Y_{Pn} - Y_{Qm})^2$$

Das equações (62) e (65) tem-se

$$(62) \quad \overline{(L_m P_n)}^2 = A = (X_{Lm} - X_{Pn})^2 + (Y_{Lm} - Y_{Pn})^2 + (Z_{Lm} - Z_{Pn})^2$$

$$(65) \quad \overline{(P_m P_n)}^2 = D = (X_{Pm} - X_{Pn})^2 + (Y_{Pm} - Y_{Pn})^2$$

Portanto:  $J = D + G - 2 \cdot (D \cdot G)^{1/2} \cdot \cos \alpha_{Pn}$  ou seja

$$(111) \quad \alpha_{Pn} = \arccos [(D + G - J) / 2 \cdot (D \cdot G)^{1/2}]$$

**IV.5.2.2 – Cálculo do ângulo Vertical -  $\beta_{Pn}$**

Da Figura IV.16 tem-se

$$\operatorname{tg} \beta_{Pn} = D / H_{Pn} \quad \text{onde}$$

$$(112) \quad \beta_{Pn} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} D / H_{Pn}$$

Conhecidos os ângulos  $\alpha_{Pn}$  e  $\beta_{Pn}$ , busca-se o valor das Intensidades Luminosas nas tabelas dos levantamentos fotométricos realizados no goniofotômetro.

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas***Tabela IV.2 - Intensidade luminosa em candelas para Luminárias Públicas**

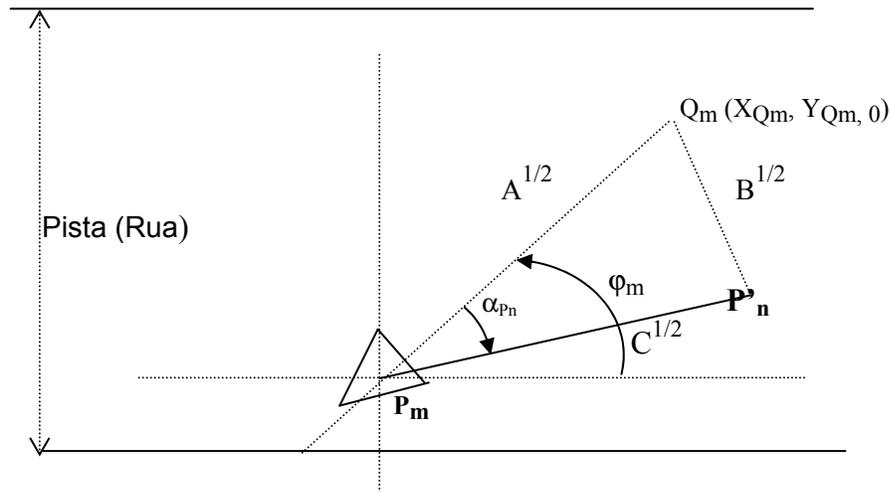
$\alpha \backslash \beta$	- 90	- 75	- 60	- 45	- 30	- 15	0	+15	+30	+45	+60	+75	+90
+90													
+75													
+60													
+45													
+30													
+15													
0													
15													
- 30													
- 45													
- 60													
- 75													
- 90													

#### 4.5.3 - Cálculo das Iluminâncias com Luminárias dispostas de um ângulo “ $\varphi_m$ ”, no Sentido Anti-horário em Relação ao Eixo “x” positivo, paralelo ao Eixo da Pista.

A figura IV.17 ilustra o posicionamento de uma luminária a um ângulo “ $\varphi_m$ ” em relação ao eixo “x” paralelo ao eixo da pista. Esta situação é relevante pois permite que as luminárias públicas possam ser posicionadas em diversas direções, como por exemplo na formação de um conjunto com quatro pétalas sendo cada pétala posicionada a 45° da outra, em uma sequência circular.

Os valores das coordenadas do ponto  $Q_m$ , após o giro do ângulo  $\varphi_m$  que indica a nova posição da luminária, devem ser calculados de tal forma que as equações já demonstradas possam ser utilizadas.

*Cálculo para traçado de curvas isolux integradas*



Onde:

$\varphi_m$  = ângulo de posição da luminária, que varia de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , sentido anti-horário

$\overline{L_m Q_m} = 10\text{m}$  (valor genérico adotado, na direção do eixo da luminária)

$P_n$  = Ponto da Pista ou no espaço onde se deseja calcular as iluminâncias

$P_m$  = Coordenadas  $(X_{P_m}, Y_{P_m})$  da Luminária

$\alpha_{pn}$  = ângulo horizontal utilizado para se obter a intensidade luminosa na tabela de levantamento fotométrico

**Figura IV.17 – Determinação do ângulo “ $\alpha_{pn}$ ”, com a luminária na direção “ $\varphi_m$ ”**

Portanto

p/ $0 \leq \varphi_m \leq 90$	$X_{Q_m} = 10 \cos \varphi_m$	e	$Y_{Q_m} = 10 \sin \varphi_m$
p/ $90 \leq \varphi_m \leq 180$	$X_{Q_m} = -10 \cos (180 - \varphi_m)$	e	$Y_{Q_m} = 10 \sin (180 - \varphi_m)$
p/ $180 \leq \varphi_m \leq 270$	$X_{Q_m} = -10 \cos (\varphi_m - 180)$	e	$Y_{Q_m} = -10 \sin (\varphi_m - 180)$
p/ $270 \leq \varphi_m \leq 360$	$X_{Q_m} = 10 \cos (360 - \varphi_m)$	e	$Y_{Q_m} = 10 \sin (180 - \varphi_m)$

assim, calcula-se :

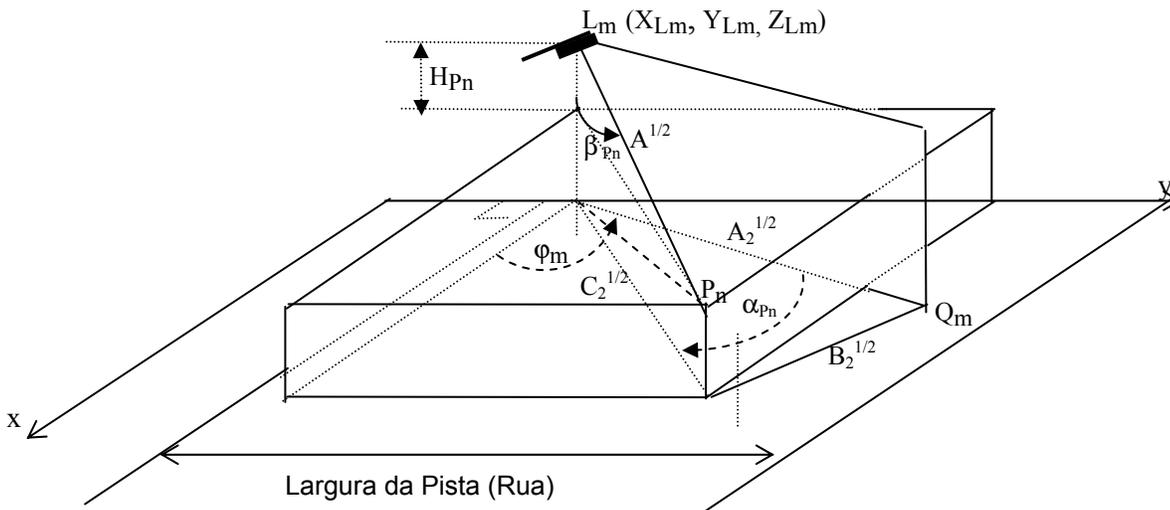
*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

$$(113) \quad A_2 = [(X_{Qm} - X_{Lm})^2 + (Y_{Qm} - Y_{Lm})^2]$$

$$(114) \quad B_2 = [(X_{Pn} - X_{Qm})^2 + (Y_{Pn} - Y_{Qm})^2]$$

$$(115) \quad C_2 = [(X_{Lm} - X_{Pn})^2 + (Y_{Lm} - Y_{Pn})^2]$$

A Figura IV.18, mostra em perspectiva, a posição da luminária, com destaque para o ângulo “ $\varphi_m$ ”. No equacionamento os valores de  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $C_2$  estão elevados ao quadrado, conforme equações 113,114 e 115. Por essa razão os lados dos triângulos estão elevados a  $1/2$ .



Onde:

$$L_m = \text{Luminária} \quad H_m = (Z_{Lm} - Z_{Pn}) \quad Q_m (X_{Qm}, Y_{Qm}, )$$

$$H_m = \text{Altura de Montagem} \quad P_n (X_{Pn}, Y_{Pn}, Z_{Pn})$$

**Figura IV.18 – Determinação do ângulo “ $\beta_{Pn}$ ”, com a luminária na direção “ $\varphi_m$ ”**

**IV.5.3.1 - Cálculo do Ângulo Horizontal -  $\alpha_{Pn}$**

Da figura IV.18 tem-se:

$$B_2 = A_2 + C_2 - 2 \cdot A_2^{1/2} \cdot C_2^{1/2} \cdot \cos \alpha_{Pn} \quad \text{ou seja}$$

$$(116) \quad \alpha_{Pn} = (A_2 + C_2 - B_2) / 2 (A_2 \cdot C_2)^{1/2}$$

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

**IV.5.3.2 - Cálculo do Ângulo Vertical -  $\beta_{P_n}$**

Da Equação (62) tem-se:

$$(62) \quad (\overline{L_m P_n})^2 = A = (X_{L_m} - X_{P_n})^2 + (Y_{L_m} - Y_{P_n})^2 + (Z_{L_m} - Z_{P_n})^2$$

Da Figura IV.18 tem-se:

$$(117) \quad \cos \beta_{P_n} = H_{P_n} / A^{1/2} \quad \text{portanto}$$

$$(118) \quad \boxed{\beta_{P_n} = \arccos(H_{P_n} / A^{1/2})}$$

Conhecidos os ângulos  $\alpha_{P_n}$  e  $\beta_{P_n}$ , busca-se o valor das Intensidades Luminosas na Tabela IV.2 dos levantamentos fotométricos realizados no goniofotômetro.

Conhecidas a Intensidade luminosa ( $I_m$ ), tem-se as iluminâncias horizontais e verticais no ponto  $P_n$

$$E_{hP_n} = [I_{L_m P_n}(\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) \cdot \cos^3 \beta_{P_n}] / H_{P_n}^2 \quad (\text{Iluminância Horizontal no ponto } P_n)$$

$$E_{vP_n} = [I_{L_m P_n}(\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) \cdot \text{sen } \beta_{P_n} \cdot \cos^2 \beta_{P_n}] / H_{P_n}^2 \quad (\text{Iluminância Vertical no ponto } P_n)$$

$$(119) \quad \boxed{E_{hP_n} = \sum_{m=1}^{m=p} \{ [I_{L_m P_n}(\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) \cdot Z] / H_{P_n}^2 \}} \quad (120) \quad \boxed{E_{vP_n} = \sum_{m=1}^{m=r} \{ [I_{L_m P_n}(\alpha_{P_n}, \beta_{P_n}) \cdot U] / H_{P_n}^2 \}}$$

Onde  $Z = \cos^3 \beta_{P_n}$  e  $U = \text{sen } \beta_{P_n} \cdot \cos^2 \beta_{P_n}$

$m = 1 \dots \dots \dots p$  (Luminárias)

$n = 1 \dots \dots \dots q$  (Pontos de cálculo)

$H_{P_n}$  = Diferença de altura entre  $P_n$  e  $L_m$ , ou seja:  $H_m = Z_{L_m} - Z_{P_n}$

$I_{L_m P_n}(\alpha_{P_n}, \beta_{P_n})$  = Intensidade luminosa da luminária "n" na direção do Ponto  $P_n$

Para se calcular a Iluminância Vertical no ponto  $P_n$  deve-se escolher o Plano Vertical que passa por  $P_n$ , e as luminárias  $L_m$  que estão do lado do observador.

As iluminâncias médias  $E_{h\text{média}}$  e  $E_{v\text{média}}$  em "n" pontos de cálculo são dadas por

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

$$(121) \quad E_{hmédia} = \left\{ \sum_{m=1}^{m=p} \sum_{n=1}^{n=q} [ I_{LmPn}(\alpha_{Pn}, \beta_{Pn}) \cdot Z ] / H_{Pn}^2 \right\} / q$$

Para se calcular a iluminância média horizontal deve-se somar as iluminâncias dos “q” pontos de cálculo, com as contribuições de “p” luminárias (todas instaladas no campo), em cada um desses pontos, e dividir essa soma pelo número de pontos “q” do plano horizontal.

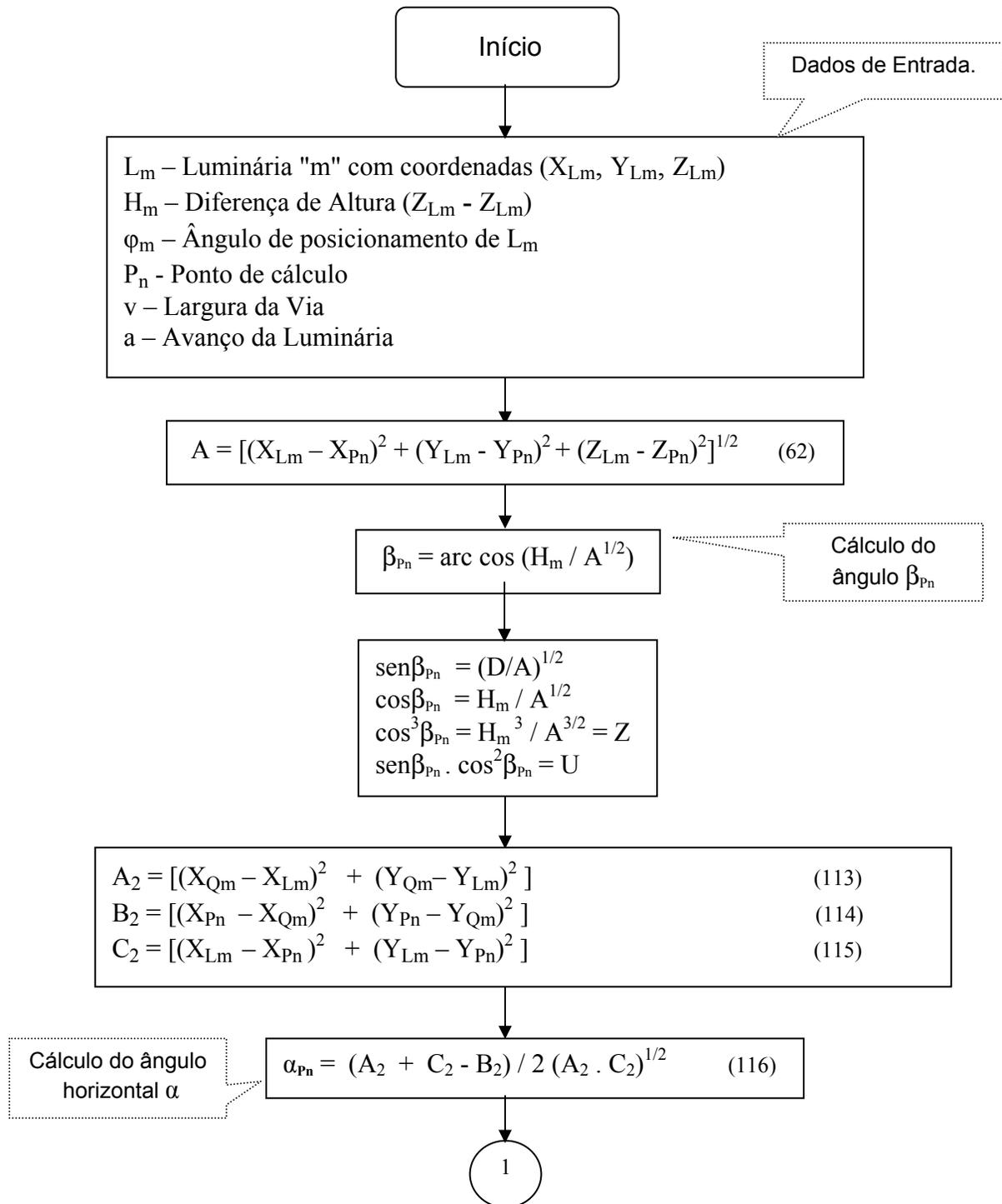
$$(122) \quad E_{vmédia} = \left\{ \sum_{m=1}^{m=r} \sum_{n=1}^{n=s} [ I_{LmPn}(\alpha_{Pn}, \beta_{Pn}) \cdot U ] / H_{Pn}^2 \right\} / s$$

Para se calcular a iluminância média vertical deve-se somar as iluminâncias dos “s” pontos de cálculo, com as contribuições de “r” luminárias (todas instaladas do lado do campo em que se encontra o observador), em cada um desses pontos, e dividir essa soma pelo número de pontos “s” do plano vertical.

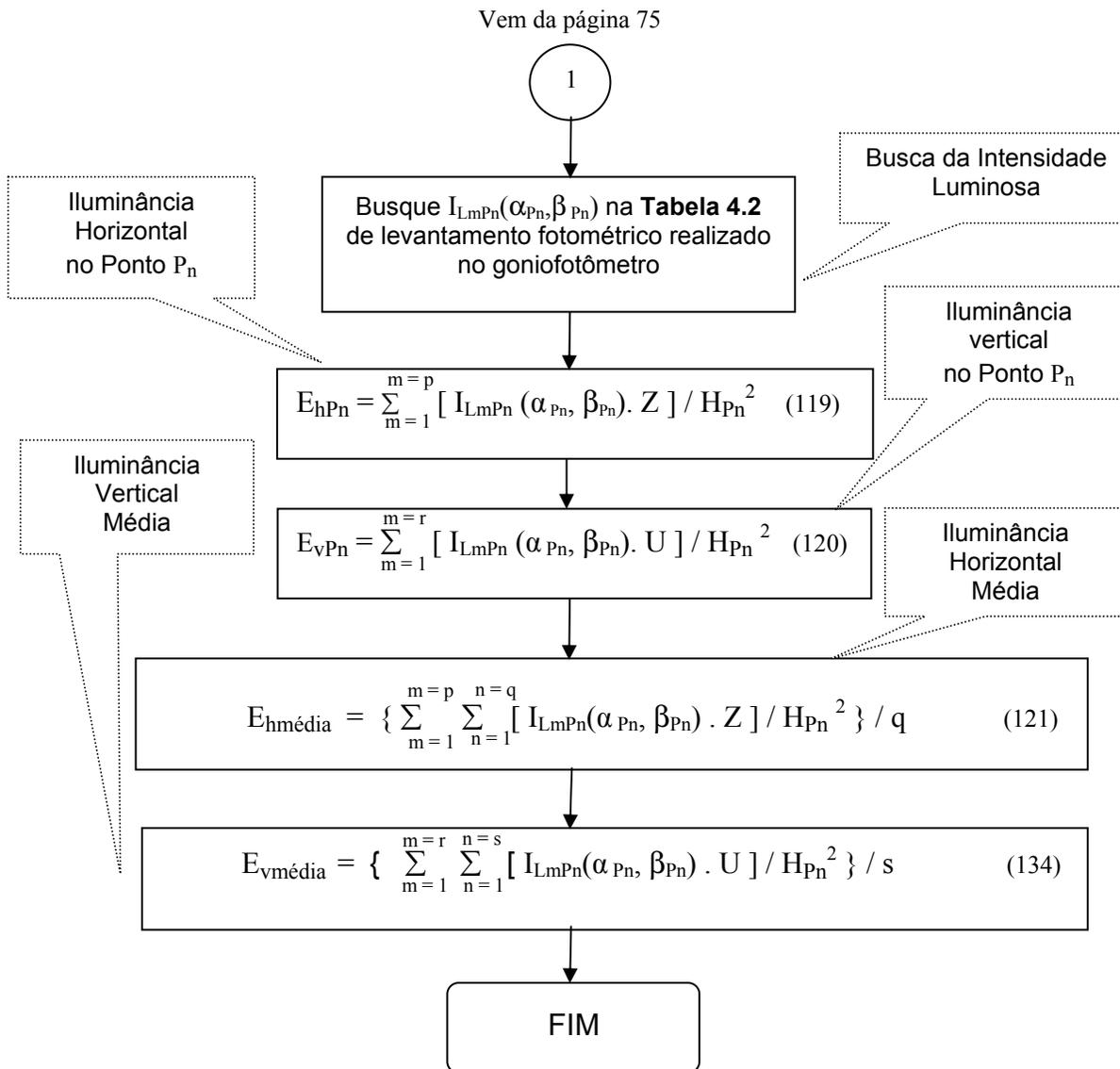
#### **IV.5.4 - Fluxo de Cálculo para disposição de Luminárias em Vias Públicas.**

O fluxo de cálculo a seguir mostra a seqüência de cálculos para a obtenção das iluminâncias médias horizontais e verticais em vias públicas com luminárias dispostas de um ângulo “ $\varphi_m$ ” em relação ao eixo “x”, paralelo ao eixo da pista.

*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*



### Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas



### IV.6 - Iluminação de Praças e Pátios.<sup>[32]</sup>

Os cálculos contemplam situações em que as áreas a serem iluminadas tenham formas geométricas regulares ou irregulares. Para isso deve-se digitar as coordenadas do contorno da área de cálculo, no sentido horário, até fechar o polígono. Deve-se prever o uso de projetores e/ou luminárias públicas, simétricas ou assimétricas. No caso de uso de projetores deve-se informar as suas coordenadas, no plano, sua altura de montagem e as coordenadas do foco. Para uso de luminárias deve-se informar as suas coordenadas no plano, sua altura de montagem e o ângulo de posição das luminárias,

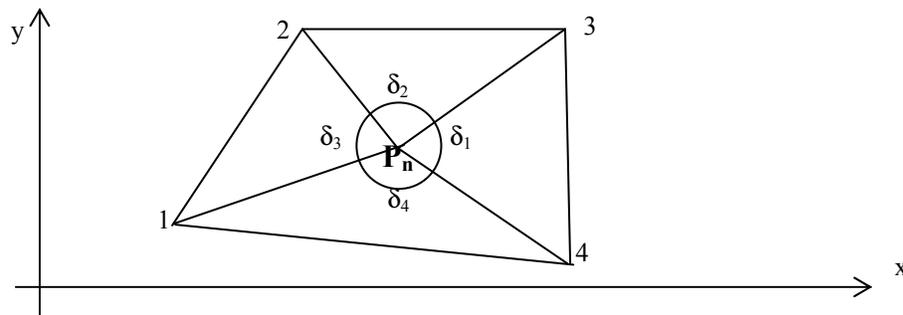
*Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

no sentido anti-horário, tomando-se como referência o eixo horizontal com sentido da esquerda para a direita.

Como serão utilizados Projetores e/ou Luminárias, simétricas ou assimétricas, as rotinas de cálculo serão as mesmas utilizadas em Iluminação de Campos (caso de Projetores) e em Iluminação de Vias Públicas (caso de Luminárias). Assim, posicionados os Projetores e Luminárias, necessita-se calcular a iluminância média dentro da área desejada. Portanto deve saber as iluminâncias em diversos pontos dentro da área de cálculo. São essas iluminâncias, dentro da área, que permitirão se determinar os valores mínimo, máximo e médio.

Colocando-se a área de cálculo no primeiro quadrante de um sistema cartesiano, o programa desenvolvido efetuará cálculos também, fora da área desejada. Estes valores não terão influência na iluminância média dentro da área, porém indicarão os níveis fora da área, sugerindo o reposicionamento das luminárias e projetores, nos casos de excesso de luz fora da área, caso contrário será um desperdício de iluminação e de energia.

Considerando-se uma área com a forma geométrica irregular da figura IV.19 tem-se:

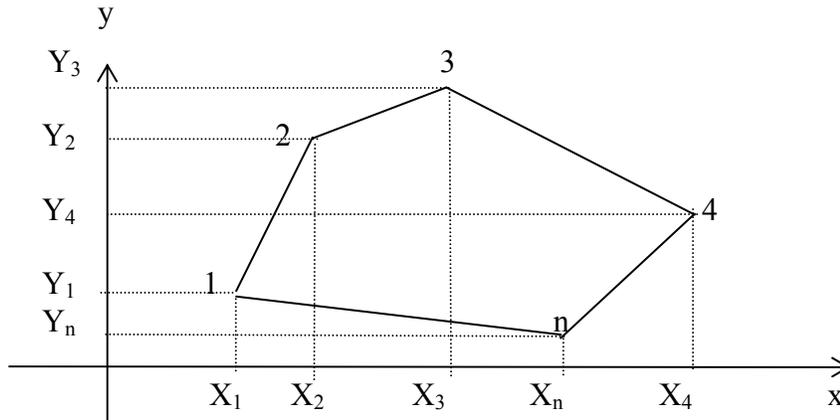


**Figura IV.19 – Posicionamento do Ponto “P<sub>n</sub>”, na área de cálculo**

Pela lei dos cossenos pode-se calcular os ângulos “ $\delta_1$ ” a “ $\delta_4$ ”. Assim, o ponto “P<sub>n</sub>” estará dentro da área, se a soma der  $360^\circ$ . Caso contrário o ponto estará fora da área e conseqüentemente não deverá ser levado em consideração no cálculo do valor médio.

### *Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

Para se calcular a área de uma figura geométrica qualquer, utiliza-se a integral de Gauss, aplicando-se a equação a seguir, onde os pontos devem ser considerados no sentido horário, conforme mostra a seguinte figura IV.20



**Figura IV.20 – Área calculada pela Integral de Gauss.**

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n \quad \text{onde } A = \text{Área total da figura e} \\ A_1 \text{ a } A_n = \text{Áreas parciais da figura}$$

Onde

$$A_1 = -0,5 (X_1 \cdot Y_2 - X_2 \cdot Y_1)$$

$$A_2 = -0,5 (X_2 \cdot Y_3 - X_3 \cdot Y_2)$$

$$A_3 = -0,5 (X_3 \cdot Y_4 - X_4 \cdot Y_3)$$

$$\cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot$$

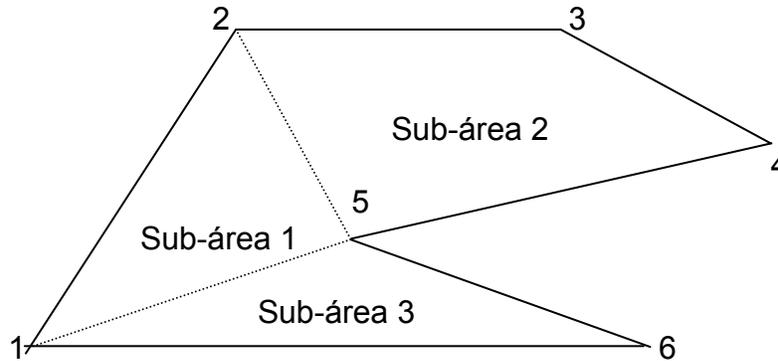
$$A_n = -0,5 (X_n \cdot Y_1 - X_1 \cdot Y_n)$$

$$A = \sum A_n$$

Quando a figura geométrica apresentar uma concavidade, deve-se dividi-la em sub-áreas que eliminam essa concavidade. Posteriormente verifica-se o posicionamento do ponto “P<sub>n</sub>”. Se ele estiver dentro de uma dessas sub-áreas, o valor calculado nesse ponto deve ser levado em conta na iluminância média. Caso contrário, somente servirá para indicar o nível de iluminância fora da área, sugerindo-se um reposicionamento das luminárias e projetores, para melhor aproveitamento do uso da luz.

### *Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

Quanto ao posicionamento do cálculo da área basta aplicar diretamente a integral de Gauss, contornando os pontos no sentido horário, a exemplo da figura IV.21.



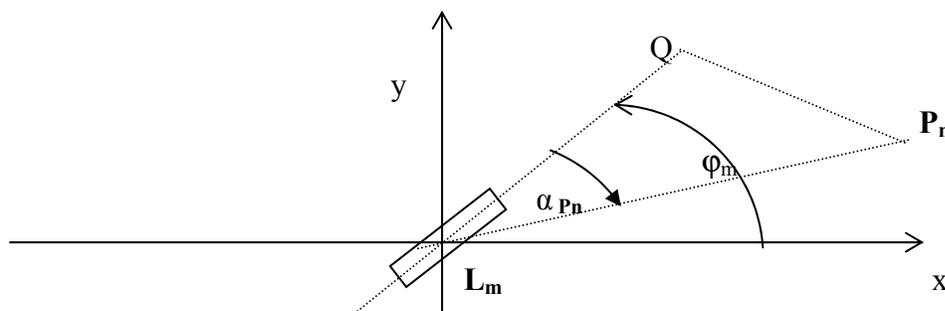
**Figura IV.21 – Subdivisão da Área a ser iluminada para eliminar a concavidade**

## **IV.7 - Iluminação de Escritórios e Galpões Industriais.**<sup>[19]</sup>

Pode-se utilizar qualquer configuração geométrica para o local. No caso de uso de luminárias assimétricas fluorescentes pode-se posicioná-las variando-se o ângulo  $\varphi_m$ , conforme figura IV.22

### **IV.7.1 – Determinação dos Ângulos Horizontais ( $\alpha_{P_n}$ ) e Verticais ( $\beta_{P_n}$ ) para luminárias Posicionadas na Direção $\varphi_m$ .**

A figura IV.22 ilustra o ângulo  $\alpha_{P_n}$  quando a luminária encontra-se a um ângulo  $\varphi_m$  de giro, no plano horizontal localizado na sua altura de montagem.



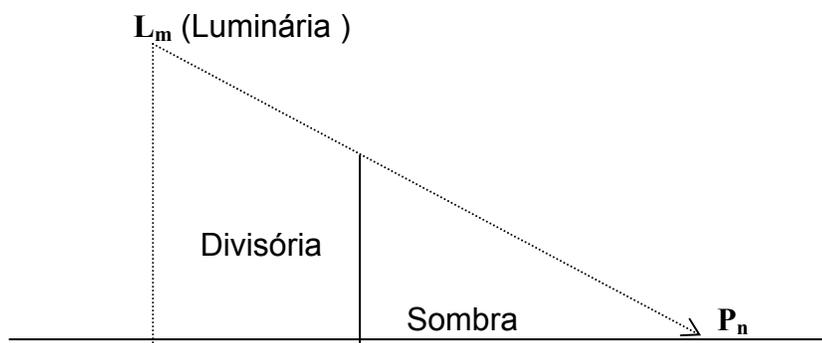
**Figura IV.22 – Determinação do ângulo  $\alpha_{P_n}$ , com a luminária na posição “ $\varphi_m$ ”**

### *Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

Os cálculos para se encontrar os valores de  $\alpha_{P_n}$  e  $\beta_{P_n}$ , devem seguir a mesma rotina do item IV.5.2. O mesmo deve ocorrer para o cálculo das Iluminâncias horizontais e verticais. Para o cálculo da área procede-se conforme Figura IV.20.

### **IV.7.2. – Determinação da Área do local e posicionamento de paredes**

Quando vai se especificar as coordenadas do contorno da área interna a ser iluminada deve-se especificar as coordenadas do início e fim das paredes, assim como sua altura, fechando-se o polígono. Depois de fechado o polígono, pode-se incluir paredes internas, inclusive divisórias, bastando especificar as coordenadas do início e do fim da parede, assim como a sua altura. Com isso pode-se determinar a área do local e a iluminância atrás das divisórias, verificando-se a contribuição das luminárias em tais pontos. Para o cálculo da área aplica-se a Integral de Gauss conforme figura IV.20.



**Figura IV.23 – Sombra devido o posicionamento de parede divisória**

### **IV.7.3 – Contribuição das Reflexões do Teto, Paredes e Piso, na determinação da iluminância total da Área do local.**

Após efetuados os cálculos e determinados os valores das contribuições diretas de todas as luminárias, em cada ponto escolhido, deve-se somar a esses resultados, o valor correspondente das contribuições indiretas, causadas pelas reflexões do teto, parede e piso, em função das cores dessas superfícies.

### *Cálculo para traçamento de curvas isolux integradas*

Para se calcular a contribuição das reflexões, em cada ponto, deve-se proceder da seguinte forma: <sup>[34]</sup>

$$(123) \quad E_{\text{ind}} = (\phi / \sum S_n) \cdot [\rho_{\text{med}} / (1 - \rho_{\text{med}})]$$

Onde

$E_{\text{ind}}$  = Iluminância indireta causada pelas reflexões do teto, parede e piso do local.

$\phi$  = Fluxo total emitido pelas luminárias, em lumens.

$\sum S_n$  = Área total da superfície do ambiente (teto, parede e piso), em m<sup>2</sup>.

$\rho_{\text{med}}$  =  $\sum(\rho_n \cdot S_n) / \sum S_n$  = Média ponderada do fator de reflexão do teto, parede e piso.

$\rho_n$  = Fator de reflexão de cada superfície do ambiente.

O fator de reflexão de cada superfície pode ser obtido de tabelas (Tabela IV.3), que indicam as reflexões em função da cor ou do tipo de material utilizado no revestimento de cada superfície, que são obtidos por espectrofotômetros <sup>[53]</sup>.

**Tabela IV.3 – Fator de reflexão ( $\rho$ ) do fluxo luminoso incidente**

<b>Cor e Material</b>	<b><math>\rho</math></b>
Branco.	1
Alumínio, papel branco.	0,80 a 0,85
Marfim, amarelo limão forte.	0,70 a 0,75
Amarelo forte, ocre claro, verde claro, azul pastel, rosa claro, tons creme.	0,60 a 0,65
Verde limão, cinza claro, rosa, laranja forte, cinza azulado.	0,50 a 0,55
Madeira clara, azul celeste.	0,40 a 0,45
Madeira de carvalho clara, concreto seco.	0,30 a 0,35
Vermelho forte, verde grama, madeira, verde oliva, marrom.	0,20 a 0,25
Azul escuro, vermelho púrpura, castanho, cinza ardósia, marrom escuro.	0,10 a 0,15
Preto	0

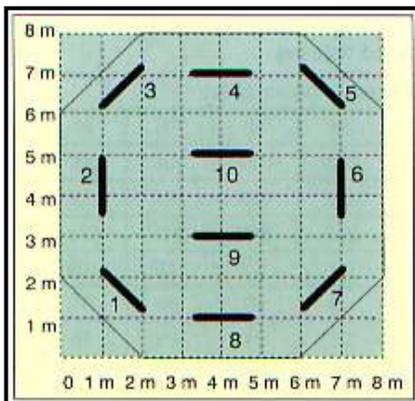
Fonte: GRANDEJEAN, Etienne – Manual de Ergonomia – Editora Artes Médicas - Porto Alegre – RS - 1998, p. 311.

Embora o branco tenha o melhor fator de reflexão, refletindo mais luz para o ambiente (o dobro da madeira clara), nem sempre é a melhor opção. Para iluminar um ambiente deve-se levar em conta outros fatores como a finalidade do local. A cor azul, por exemplo, é considerada relaxante (fria), enquanto a cor vermelha excitante (quente). Recomenda-se utilizar o branco no teto, o marfim nas paredes e cinza ardósia no piso. Esse procedimento quebra a monotonia e tem um bom equilíbrio entre o conforto visual e o desempenho da iluminação, com resultados econômicos satisfatórios.

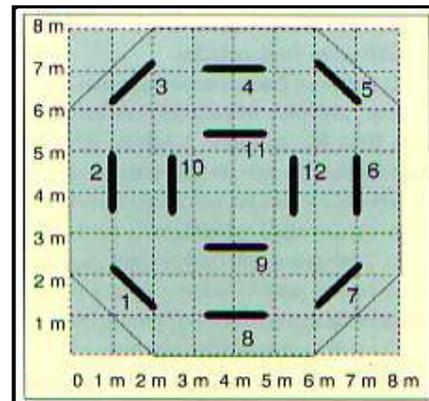
## Capítulo V

### Estudo de caso

A seguir será apresentado um exemplo compreendendo o uso de duas luminárias de fabricantes diferentes, disponíveis no mercado, instaladas a 3 metros de altura. Com o *software* **SILUG**, é possível simular a iluminação do local de forma qualitativa e quantitativa, garantindo-se a racionalização, através de opção essencialmente técnica, escolhida por engenheiro em seu próprio escritório, com rapidez e segurança.



**Figura V.1 – Local simulado com Luminária do Fabricante A**



**Figura V.2 – Local simulado com Luminária do Fabricante B**

#### V.1 - Dados do local

O local escolhido para o cálculo possui área não retangular e as luminárias estão posicionadas no teto, formando um desenho, conforme figuras V.1 e V.6. Diversos projetos, atualmente propostos, posicionam as luminárias de modo a formar desenhos, com a intenção de decorar o ambiente. Esta situação geralmente não é contemplada nas recomendações disponíveis por fabricantes, e na maioria da literatura técnica, cujas soluções passam a ser fornecidas através de área equivalente, não apresentando, portanto, precisão com relação à situação real do local.

*Estudo de caso*

O *software SILUG*, utilizado para o cálculo, admite o posicionamento e quantidade de luminárias que atendam o interesse do projetista quanto ao design no teto ou contorno de obstáculos como colunas, elevadores etc, e calcula rapidamente a Iluminância, permitindo que o projetista compare o resultado com o valor desejado, segundo recomendações de Normas Técnicas para cada ambiente. Assim, pode-se alterar a quantidade de luminárias e suas posições, refazendo-se os cálculos rapidamente, até que se obtenha o resultado final.

**V.2 - Luminárias escolhidas**

Foram escolhidas duas luminárias de mercado, aqui especificadas como fabricante A e fabricante B. As tabelas de intensidades luminosas foram obtidas através de levantamentos fotométricos feitos no goniofotômetro.

**Tabela V.1 – Dados fotométricos da Luminária do fabricante A (cd/1000lm)**

Ângulo vertical ( $\beta$ ) graus	Ângulo horizontal ( $\alpha$ ) em graus						
	0	15	30	45	60	75	90
0	330	330	330	330	330	330	330
15	308	303	304	303	302	300	302
30	289	282	277	257	242	241	242
45	206	198	189	178	179	163	164
60	63	71	84	93	90	86	81
75	2	8	17	22	24	25	25
90	0	1	1	1	1	1	1

**Tabela V.2 – Dados fotométricos da Luminária do fabricante B (cd/1000lm)**

Ângulo vertical ( $\beta$ ) graus	Ângulo horizontal ( $\alpha$ ) em graus						
	0	15	30	45	60	75	90
0	189	189	189	189	189	189	189
15	184	184	184	183	183	183	182
30	166	165	165	164	164	163	163
45	129	129	130	131	132	133	134
60	75	77	80	83	86	88	91
75	24	27	30	33	37	40	43
90	2	2	2	2	2	2	2

*Estudo de caso***Tabela V.3 – Posicionamento das luminárias da Figura V.1**

Luminária	Ordenada x (m)	Ordenada y (m)	Ângulo da Posição (graus) *
1	1,5	1,5	135
2	1,0	4,0	90
3	1,5	6,5	45
4	4,0	7,0	0
5	6,5	6,5	135
6	7,0	4,0	90
7	6,5	1,5	45
8	4,0	1,0	0
9	4,0	3,0	0
10	4,0	5,0	0

(\* ) Ângulo de posição da luminária., no plano horizontal, tomando-se como referência o sentido anti-horário, partindo-se do eixo (x) horizontal

**Tabela V.4 – Posicionamento das luminárias da Figura V.2**

Luminária	Ordenada x (m)	Ordenada y (m)	Ângulo da posição (graus)*
1	1,5	1,5	135
2	1,0	4,0	90
3	1,5	6,5	45
4	4,0	7,0	0
5	6,5	6,5	135
6	7,0	4,0	90
7	6,5	1,5	45
8	4,0	1,0	0
9	4,0	2,5	0
10	2,5	4,0	90
11	4,0	5,5	0
12	5,5	4,0	90

(\* ) ângulo de posição da luminária., no plano horizontal, tomando-se como referência o sentido anti-horário, partindo-se do eixo (x) horizontal

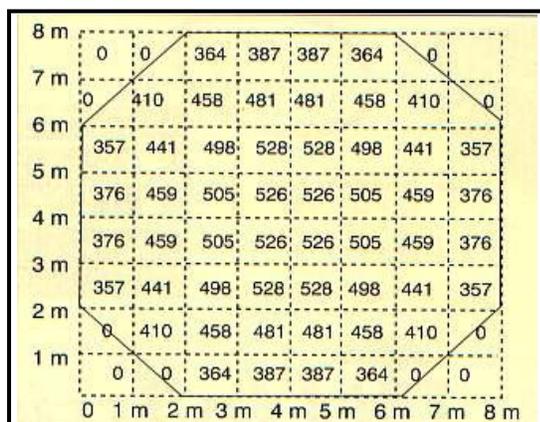
*Estudo de caso***V.3 - Resultados dos cálculos**

Os cálculos foram realizados após o fornecimento dos dados de entrada, como coordenadas dos pontos de contorno da área, coordenadas do início e fim de cada parede, inclusive a sua altura, coordenadas desejadas para as luminárias, com o seu respectivo ângulo de posicionamento e, finalmente, o tipo de conjunto fluorescente cadastrado no **SILUG** (luminária, lâmpada e reator).

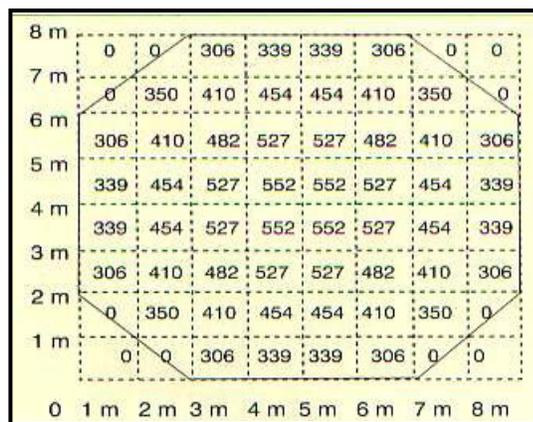
Os objetivos dos cálculos são os de se obter:

- Iluminância média de 420 lux;
- melhor uniformidade possível;
- melhor reprodução de cores;
- menor investimento e
- menor consumo de energia.

Após o procedimento dos cálculos, através do **SILUG**, baseado no desvio padrão das iluminâncias nas figuras V.1 e V.2 e tabelas V.1 a V.4, passou-se à análise dos resultados, conforme dados indicados nas figuras V.3 e V.4, para se avaliar qual das duas alternativas estaria atendendo às exigências propostas de forma mais otimizada.



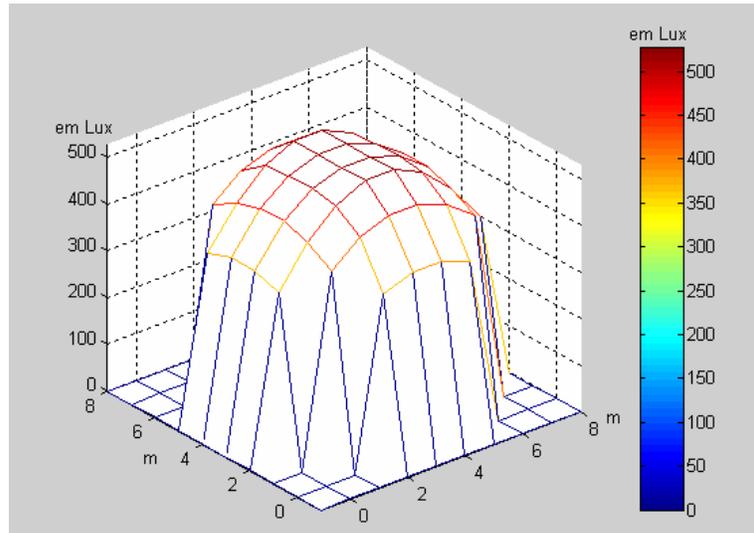
**Figura V.3 – Resultado obtido com a Luminária do Fabricante A através do SILUG**



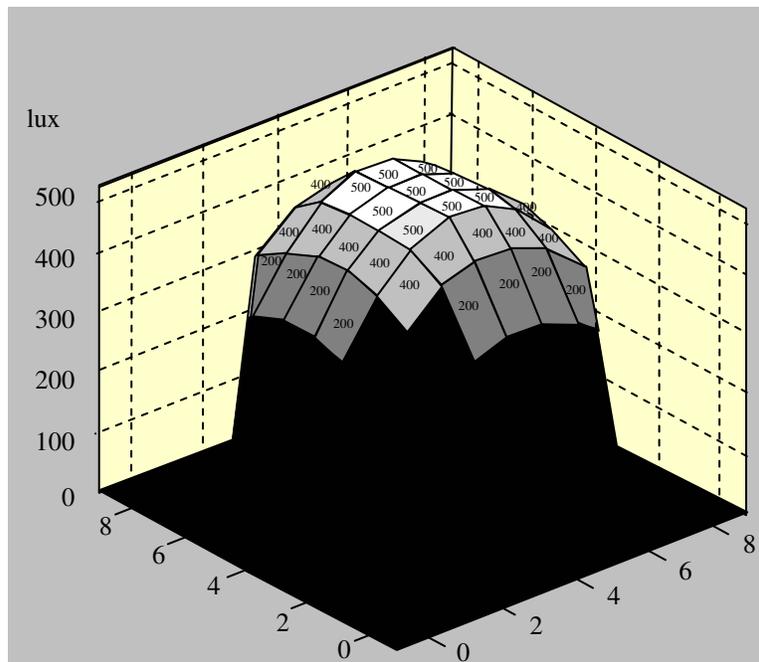
**Figura V.4 – Resultado obtido com a Luminária do Fabricante B através do SILUG**

### *Estudo de caso*

As figuras V.5 e V.6 mostram os valores indicados na figura V.3 em 3 dimensões onde as cotas, ou dimensões no eixo z, representam os valores das iluminâncias calculadas, em lux.



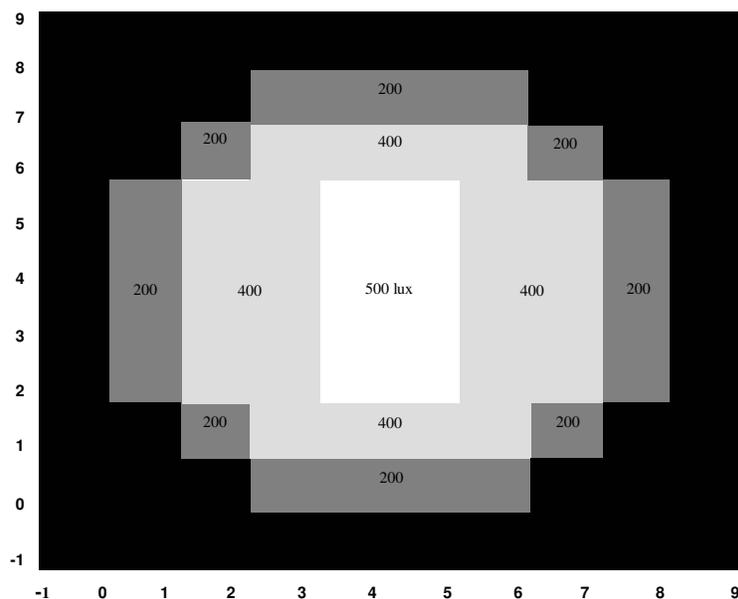
**Figura V.5** – Curva da Superfície Espacial da Iluminância Calculada pelo **SILUG**, com a Solução escolhida, ou seja, com a **luminária do Fabricante A**, com as superfícies facetadas sem preenchimento, traçadas pelo **MatLab**.<sup>[49][50]</sup>



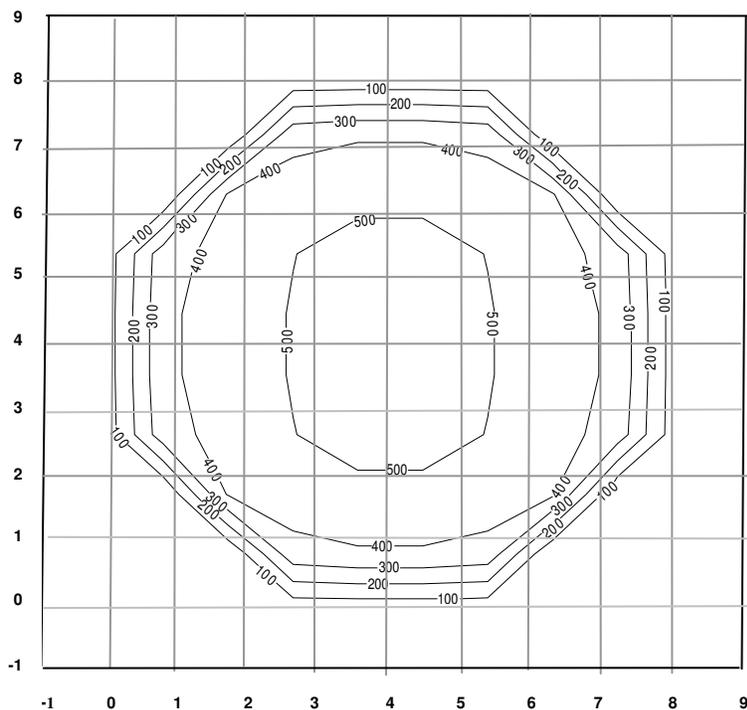
**Figura V.6** – Curva da Superfície Espacial da Iluminância calculada pelo **SILUG**, com a Solução escolhida, ou seja, com a luminária do Fabricante A, com as superfícies facetadas preenchidas com os valores em Lux, executadas pelo **MatLab**.<sup>[49][50]</sup>

### Estudo de caso

A figura V.7 mostra a visão em planta do desenho da figura V.6, em tonalidades de cinza, enquanto a figura V.8, mostra 5 cortes (planos) paralelos ao plano horizontal, cujas interseções com a figura espacial representam as curvas isolux da figura V.7.



**Figura V.7** – Valores das Iluminâncias calculada pelo **SILUG**, conforme figura V.3, projetada em Planta, pelo **MatLab**.<sup>[49][50]</sup>



**Figura V.8** – **Curvas Isolux** obtidas da interseção da superfície espacial (Figura V.6), com 5 superfícies planas horizontais paralelas, com as iluminâncias calculadas pelo **SILUG**, traçadas pelo **MatLab**.<sup>[49][50]</sup>

*Estudo de caso*

As tabelas V.5 e V.6 mostram as comparações entre os resultados obtidos e ilustrados na figura V.3 e V.4 com os produtos A e B respectivamente utilizados.

**Tabela V.5 – Valores obtidos para comparação**

	Fabricante		Melhor Opção
	A	B	
Iluminância média – $E_{med}$ (lux)	445,7	419,9	A
Iluminância máxima – $E_{máx}$ (lux)	528,7	552,0	A
Iluminância mínima – $E_{min}$ (lux)	357,5	305,9	A
$E_{min}/E_{med}$	1/1,25	1/1,37	A
$E_{máx}/E_{méd}$	1,19/1	1,31/1	A
$E_{min}/E_{máx}$	1/1,48	1/1,80	A
Quantidade de luminárias	10	12	A
Quantidade de lâmpadas	20	36	A
Potência da lâmpada (W)	32	40	A
Fator de potência	0,92	0,92	Iguais
Reprodução de cores (%)	85	70	A
Rendimento do reator (%)	86	84	A
Funcionamento mensal (H)	240	240	Iguais
Potência ativa total (W)	744,2	1.714,3	A
Potência aparente total (VA)	808,9	1.863,4	A
Energia ativa total (kWh)	178,6	447,2	A
Custo total da energia (0,31R\$ / kWh)	55,37	138,63	A
Custo do conjunto fluorescente. (R\$)	112	80	B
Custo total dos conjuntos (R\$)	1.120	960	B

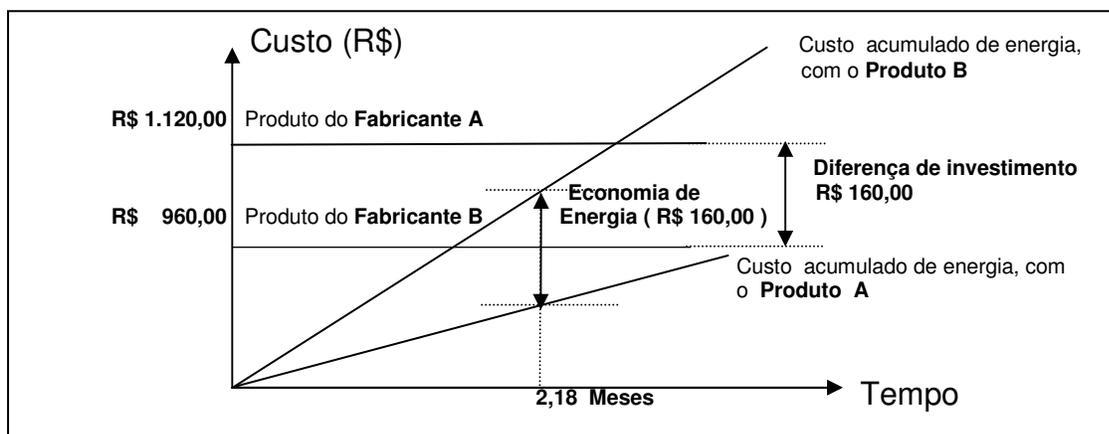
**Tabela V.6 – Diferença relativa ao consumo de energia**

Diferença de custo (Investimento inicial), a favor do Produto B	R\$ 160,00
Economia de energia mensal (kWh), a favor do Produto A	268,60 kWh
Economia mensal, em dinheiro, a favor do Produto A	R\$ 73,20
Economia de Potência Instalada (W), a favor do Produto A	970,0 W

*Estudo de caso***V.4 – Conclusão**

Sem dúvida nenhuma a solução com o produto do fabricante **A** é a mais conveniente, pois, além de apresentar um nível maior de iluminância média (6%), consome menos 60% de energia do que o produto do fabricante **B**, proporcionando, também, melhor uniformidade e melhor reprodução de cores.

A figura V.9 mostra a economia financeira e o ponto de equilíbrio de 2,18 meses, ou seja, nesse prazo o investimento é amortizado. Em seguida, tanto o consumidor quanto a concessionária de energia elétrica estarão lucrando significativamente, sem o comprometimento do conforto visual, da produtividade e da segurança de quem estiver trabalhando no local.



**Figura V.9 – Retorno da diferença do investimento**

A área calculada é de 64 m<sup>2</sup>. Extrapolando-a para um edifício de 20 andares com 640 m<sup>2</sup> por andar, obtem-se os dados indicados na Tabela V.7.

**Tabela V.7 – Diferença relativa ao consumo de energia de um edifício com 20 andares de 640 m<sup>2</sup>**

Diferença de custo (Investimento inicial), a favor do Produto B	R\$ 32.000,00
Economia de energia mensal (kWh), a favor do Produto A	53.720 kWh
Economia mensal, em dinheiro, a favor do Produto A	R\$ 14.640,00
Economia de Potência Instalada (W), a favor do Produto A	194 kW

*Estudo de caso*

Isso significa que com os cuidados demonstrados pode-se aumentar a oferta de energia em curto prazo, minimizando-se o risco de falta da mesma (apagão), o que proporciona a expansão do desenvolvimento econômico. Esse procedimento permitirá que o governo tenha um prazo maior para aumentar a sua infra-estrutura de geração, transmissão e distribuição de energia, ao mesmo tempo em que busca recursos para tal expansão e atende outras demandas com a racionalização feita.

Assim, pode-se concluir que é possível racionalizar energia elétrica de forma otimizada, desde que existam ferramentas e laboratórios fotométricos equipados com Goniofotômetros confiáveis, que permitam avaliar quantitativa e qualitativamente, as diversas luminárias e seus respectivos acessórios, disponíveis no mercado, e que existam políticas públicas que possam apoiar a implantação de tais laboratórios e programas de sensibilização para a população, empresários, órgãos governamentais e profissionais do setor.

## Capítulo VI

### Goniofotômetro Inteligente

Conforme demonstrado no Capítulo III, os levantamentos fotométricos de luminárias e/ou projetores, simétricos ou assimétricos, são indispensáveis para que seja possível o traçamento de suas curvas características, necessárias para se demonstrar como a luz é distribuída no espaço. Da mesma forma mostram como os engenheiros de projetos devem utilizar as intensidades luminosas em cada direção, com precisão suficiente para garantir a qualidade da simulação digital, antes de se fazer investimentos financeiros.

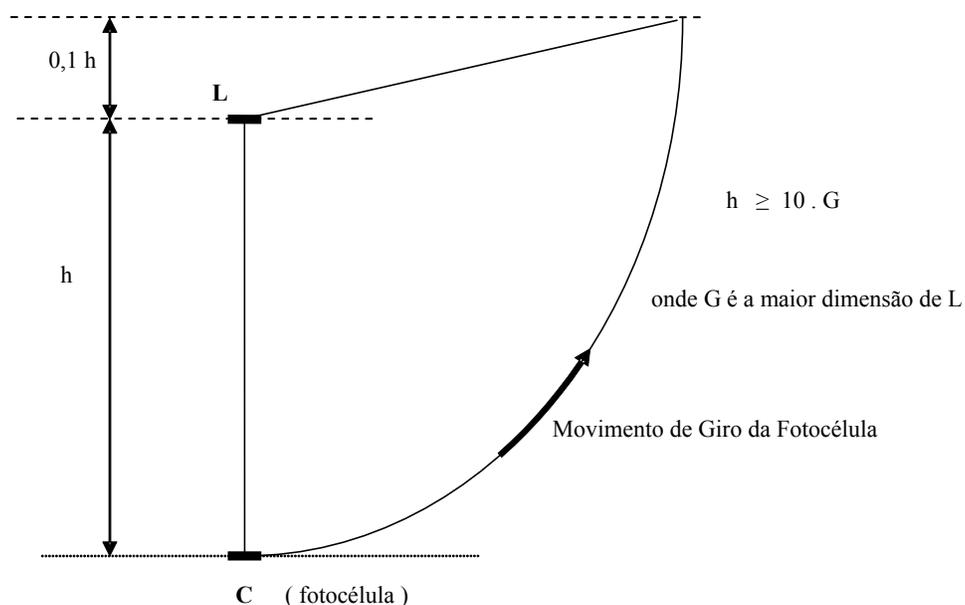
A experiência mundial se concentra em dois tipos construtivos de Goniofotômetros: Goniofotômetro de espelho com fotocélula fixa ou Goniofotômetro, com ou sem espelho, com fotocélula móvel.

Um dos requisitos básicos para o equipamento é que as luminárias ou projetores sejam mantidos em suas posições de serviço, durante as medições, quando instalados no goniofotômetro. Suas posições não devem mudar com a variação dos ângulos de giro, horizontal ou vertical, proporcionados pelo goniofotômetro, uma vez que a inclinação pode alterar o fluxo luminoso da lâmpada. É permitido, no entanto, a movimentação da luminária, durante os ensaios, desde que em movimentos suaves, sem vibrações perceptíveis e que as leituras sejam feitas com os equipamentos parados, nas posições de leitura, por pelo menos 1 segundo, tempo suficiente para que eventuais vibrações sejam amortecidas e para atender o tempo de resposta da fotocélula (luxímetro digital) e tempo de processamento das informações.

A Norma CIE<sup>[66s]</sup> (Commission Internationale d'Eclairage) publicação N°. 121, recomenda que o mínimo caminho da luz, do centro da superfície da luminária até o sensor do luxímetro digital, seja de pelo menos 10 vezes a maior dimensão da superfície emissora de luz. Esta precaução é necessária para minimizar eventuais erros, uma vez que nestas condições considera-se a luminária como fonte puntual de luz.

### *Goniofotômetro inteligente*

As restrições apontadas levam os interessados a montar um goniofotômetro, com a sua estrutura principal suspensa no teto de um prédio, com a luminária fixada nessa estrutura, suficientemente ampla, para se ter espaço para o seu manejo na instalação da mesma. A figura VI.1 ilustra o posicionamento da fotocélula, que fica em um braço móvel, ou fixa sobre um trilho, permitindo-se fazer o giro, de  $0^\circ$  (posição vertical) a  $180^\circ$ , para que seja possível medir a intensidade luminosa acima da luminária, em que pese o interesse de dirigir toda a iluminação para baixo.



**Figura VI.1 – Posicionamento da Fotocélula em relação à luminária**

Convém observar a dificuldade no caso do fotômetro ter que se deslocar em um trilho curvo, uma vez ser necessário manter a superfície da fotocélula tangente à curvatura da superfície esférica, com relação ao centro da superfície da luminária, localizada no centro da esfera, considerando-se ainda, que uma estrutura mecânica para sustentar e manter uma trajetória curva da fotocélula, com sua superfície sempre perpendicular ao raio da curva é extremamente difícil de ser implementada, além de inviabilizar o laboratório para outras atividades.

### *Goniofotômetro inteligente*

Outra alternativa é deixar a fotocélula presa à ponta de uma haste, que deve girar em torno do ponto fixo da outra ponta da própria haste, colocada na posição do centro da superfície da luminária. Evidentemente a forma de fixação e a deformação da haste, na medida em que se movimenta, causada pelo peso próprio, comprometem a precisão das leituras.

Considerando-se que existem luminárias de até 2,5 m de comprimento (fluorescentes), a altura necessária do prédio, para acomodar o laboratório, sem uso de espelho, teria que ser de 25 m, acrescidos de mais 4,41 m para se atingir  $100^\circ$ , pelo menos, partindo-se da vertical ( $0^\circ$ ). É evidente que se for permitido o uso de luminárias menores, por exemplo, até 1 m de comprimento ou diâmetro, as dimensões acima ficariam reduzidas em 40%, mas mesmo assim a altura do prédio seria de 11,7 m, acrescido de 1,3 m para montagem da luminária, totalizando um pé direito livre de 14 m. Convém lembrar que para girar a haste, o prédio necessitaria ter cerca de 15 m de comprimento, devido ao trilho ou mecanismo para segurar a haste, complicando ainda mais o aspecto relativo à construção civil e evidentemente o seu custo. É claro que assim procedendo, o laboratório já nasce com limitações, deixando de atender uma gama muito grande de situações perdendo, portanto, a grande razão da sua existência. Esse é o principal motivo que tem dificultado e inviabilizado a implantação de muitos laboratórios desse tipo.

Em um mercado competitivo e globalizado não mais se admite a comercialização de produtos que não possuam certificação de qualidade, com informações confiáveis para que os investimentos sejam otimizados.

Nas Universidades, com raras exceções, não existem linhas de pesquisas que envolvam laboratórios com goniofotômetro, razão pela qual praticamente não existem trabalhos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico de novos materiais aplicados à luminotécnica. O mercado brasileiro atualmente está dependendo somente de alguns laboratórios ultrapassados instalados em empresas multinacionais, que são totalmente fechados ao acesso de profissionais, empresas e universidades brasileiras.

### *Goniofotômetro inteligente*

O presente trabalho, com o intuito de contribuir com a solução de tais problemas, mostra o desenvolvimento de um goniofotômetro compacto, automatizado, que ocupa um espaço físico disponível em qualquer galpão industrial ou em laboratórios já existentes em Universidades e Escolas Técnicas, dispensando-se a construção de prédios de grandes dimensões.

Torna-se necessário montar um laboratório que possua um ambiente cujas superfícies não apresentem reflexões à luz e cujas dimensões permitam os movimentos necessários à precisão nas leituras das iluminâncias em diversas direções do espaço. Evidentemente esse equipamento deve permitir movimentos, das luminárias ou projetores, mantendo-se fixa a fotocélula, através da variação de ângulos mecanicamente controlados por acionamentos, manuais e automatizados, de forma a garantir a precisão desejada. A figura VI.2 mostra como simular uma esfera de até 22 m, em ambiente de pequenas dimensões, garantindo-se assim que a fonte luminosa possa ser considerada puntiforme <sup>[66s]</sup>.

As iluminâncias em “lux” são medidas após reflexões sucessivas por espelhos devidamente dimensionados dispostos a  $45^{\circ}$  e devem ser convertidas em intensidade luminosa, em candelas por 1000 lumens, automaticamente, conforme a lei de Lambert, ou seja, através da relação  $E = I / d^2$ , onde “E” é a Iluminância em lux, “I” a Intensidade luminosa em candelas e “d” a distância entre a fonte luminosa e a fotocélula do luxímetro digital.

A solução encontrada apresenta-se totalmente automatizada, realizando levantamentos fotométricos com precisão e rapidez, fornecendo os dados levantados para o traçamento de curvas características das luminárias, juntamente com seus acessórios (reatores e ignitores), conforme capítulos III e V, através de softwares gráficos, disponíveis no mercado, assim como para o uso do *software* SILUG (apêndices A,B e C), na elaboração de cálculos luminotécnicos.



### *Goniofotômetro inteligente*

Por meio de sistemas mecânicos apropriados, com três graus de liberdade de ajuste de fixação da luminária e dois graus de liberdade de operação, o sistema permite medidas precisas, discretas, da distribuição da intensidade luminosa.

Os movimentos rotacionais efetuados por um sistema servomotor se destinam à simulação do azimute da distribuição da intensidade luminosa. A rotação é obtida pelo sistema servomotor fixado axialmente na extremidade dos arcos de ajuste da inclinação frontal.

Os movimentos translacionais efetuados por outro sistema servomotor se destinam à simulação da declinação da distribuição da intensidade luminosa. A translação é obtida pelo sistema servomotor acionando-se um dispositivo pantográfico que garante a orientação do posicionamento previamente estabelecido da fonte luminosa, fixada na base do sistema, mesmo com o sistema em movimento.

Os mecanismos servomotores para os acionamentos de rotação e de translação são compostos por um redutor de coroa e rosca sem fim, para bloquear todo e qualquer retrocesso que porventura possa ocorrer, e por um “encoder” acoplado ao eixo do redutor para garantir a precisão da leitura contínua da posição angular. Para essas funções utilizou-se um motor de passo, para a simulação azimutal e um motor de indução trifásico, com velocidade controlada por inversor de frequência, ambos comandados por acionador controlado pelo microcomputador de comando. Esse cuidado permite a repetibilidade de posição em qualquer sentido, tanto nos movimentos de rotação como nos de translação.

Convém observar que se pode utilizar dois motores de passo ou dois motores de indução trifásico, com inversor de frequência. Optou-se pelo uso de um de cada para ficar demonstrado que em ambos os casos o goniofotômetro tem o mesmo desempenho técnico.

## *Goniofotômetro inteligente*

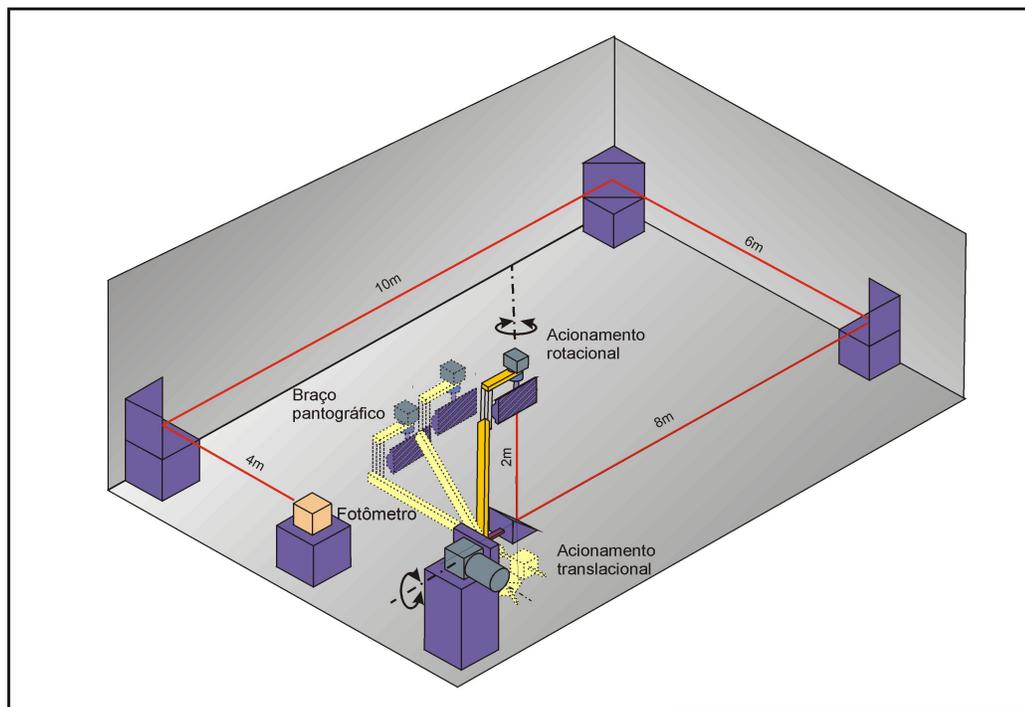
### **VI.1 - Operação de Ajuste da Posição da Fonte Luminosa**

A figura VI.3 ilustra a disposição do goniofotômetro, dos espelhos e da luxímetro digital com altura simulada para 30 m, indicadas pelas linhas vermelhas dispostas na horizontal.

Os ajustes da posição da fonte luminosa são realizados quanto à inclinação frontal, inclinação lateral e posição do centro da superfície da luminária. O ajuste do centro da superfície da luminária é realizado ao longo do eixo vertical por meio de fusos deslizantes intertravados.

O ajuste da inclinação frontal é realizado pelo deslizamento de guias circulares graduadas e intertravadas. O ajuste da inclinação lateral é realizado pela rotação do eixo de fixação sobre dois discos graduados e intertravados.

O caminho óptico é ajustado utilizando-se um feixe de laser em leque estreito, para orientar o ajuste em planos perpendiculares por todo o caminho óptico e garantir sua axialidade.



**Figura VI.3: Goniofotômetro com espelhos e luxímetro digital**

### *Goniofotômetro inteligente*

O alcance de 30 m é obtido por reflexões secundárias sucessivas, e a reflexão primária acontece acoplada ao movimento translacional diretamente sobre o eixo que simula o azimute. Outros alcances podem ser obtidos variando-se as distâncias entre os espelhos de reflexão secundária.

A instalação física compreende o espaço ocupado pelo equipamento e pelos seus periféricos, não incluído o centro de controle e edição, que pode se adaptar perfeitamente em uma sala anexa adicional de 2 m x 2 m, e pé direito de 3 m, fora do ambiente do goniofotômetro, o qual deverá ocupar uma sala com um pé direito de 6 m, e uma área de 96 m<sup>2</sup> obtidos em um retângulo de 8 m x 12 m.

O piso que recebe o equipamento deve ter estrutura antivibracional, mesmo que o equipamento esteja apoiado em vibroshock. As paredes e o teto, bem como o piso, devem ser revestidos de material antireflexivo (preto fosco) e isolante térmico. O ambiente deve ter temperatura estável em 22°C e pressão positiva de 0,2 bar para se manter limpo de influências da atmosfera (ambiente) externa. Deve ser providenciado um ponto de energia elétrica com 220 Vca estável em 5 kVA.

## **VI.2 - Detalhes das Peças**

A base foi feita em chapa de aço soldada, sofrendo um tratamento superficial anticorrosivo antes de receber uma camada de esmalte anti-reflexivo como acabamento.

As figuras VI.4 a VI.7 mostram os desenhos em planta, em vista frontal e em vista lateral do Goniofotômetro. As figuras VI.8 à VI.11 mostram as fotos do Goniofotômetro montado, em sala com as paredes pintadas com tinta preto fosco, para evitar reflexões.

O braço pantográfico e as extremidades foram construídos em tubos de aço, conforme ilustrado nas figuras VI.10 e VI.11. As articulações foram montadas com rolamentos de agulha para proporcionar movimentos precisos e suaves aliados a uma grande durabilidade. O cabeçote (figura VI.8) foi construído em duralumínio e chapas de aço. Todos os nônios foram construídos com alumínio e as partes deslizantes em aço.

*Goniofotômetro inteligente*

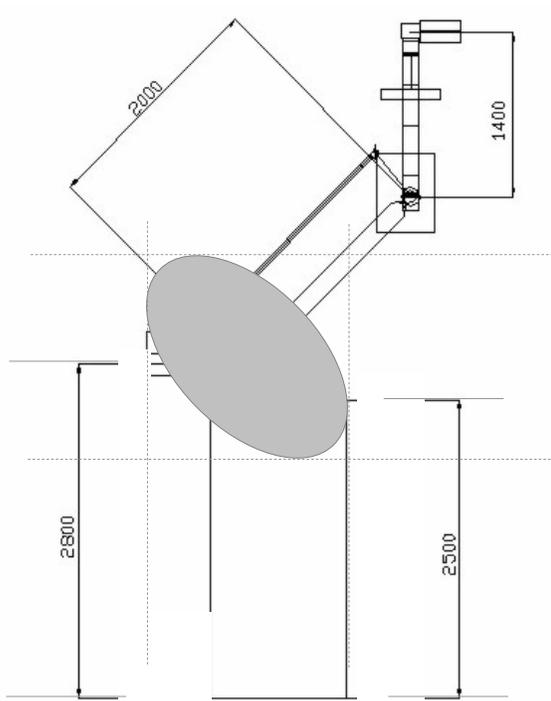


Fig. VI.4 – Vista Frontal do Goniofotômetro em milímetros

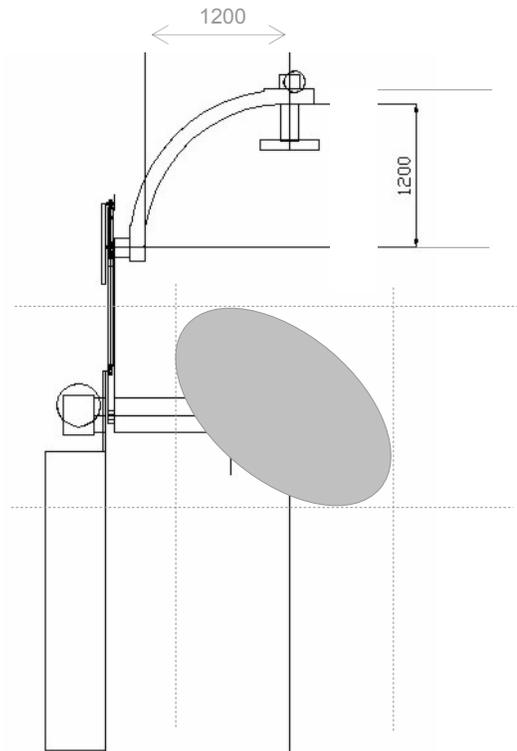


Fig. VI.5 – Vista Lateral do Goniofotômetro em milímetros

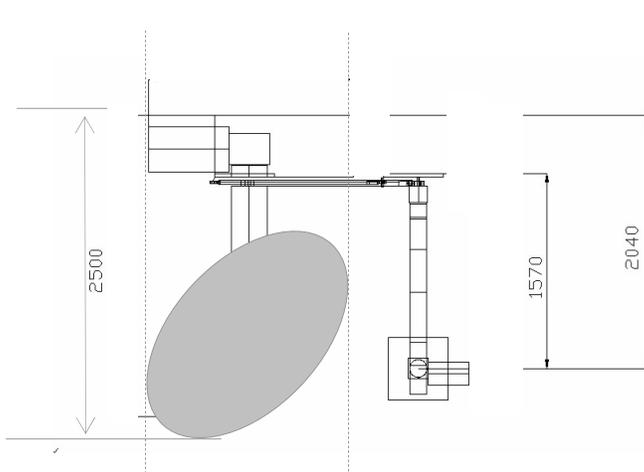


Fig. VI.6 – Vista em Planta do Goniofotômetro em milímetros

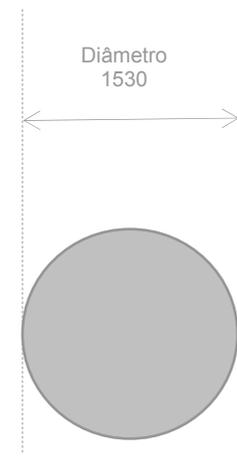
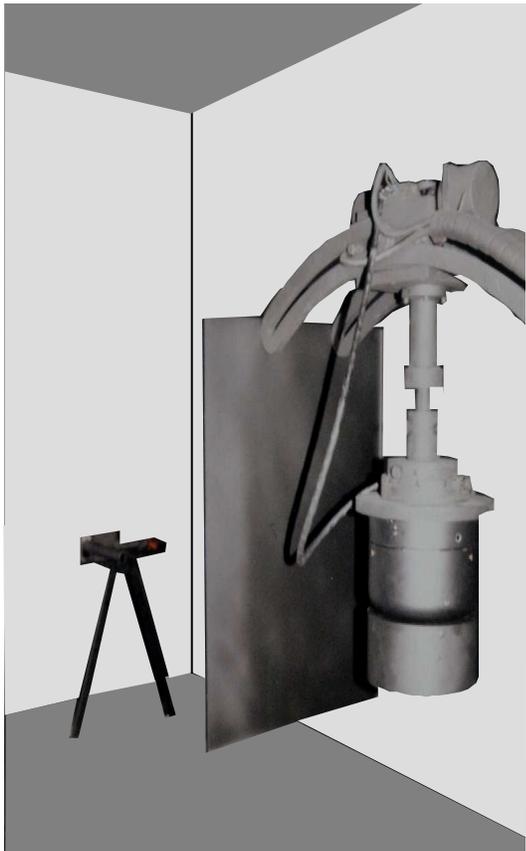
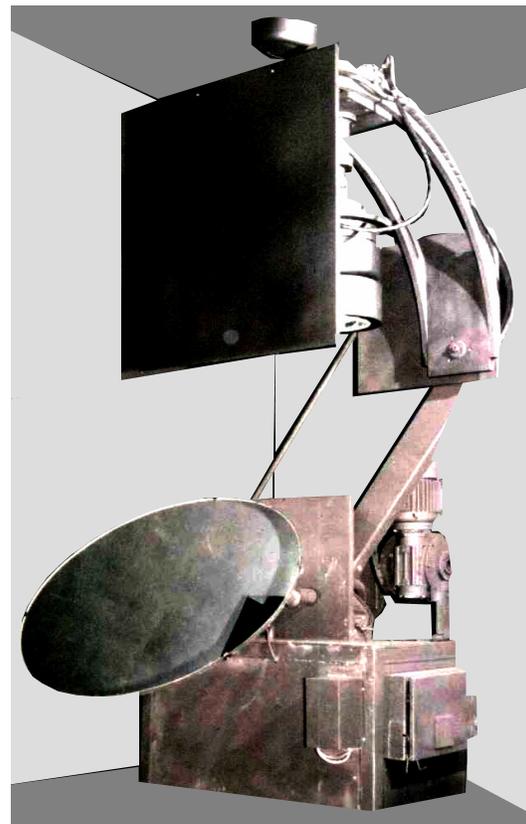


Fig. VI.7 – Espelho do Goniofotômetro em milímetros

*Goniofotômetro inteligente*

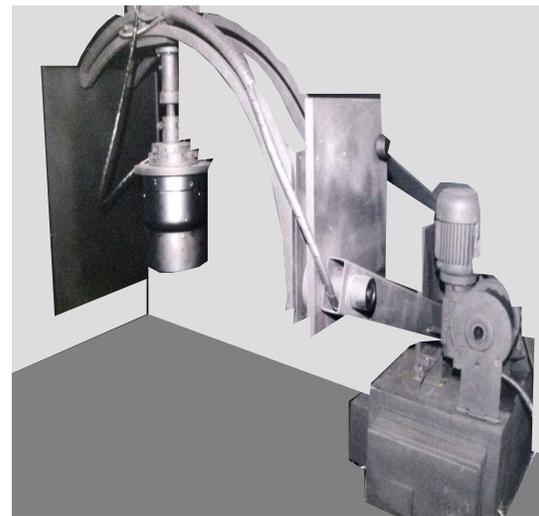
**Figura: VI.8 - Detalhe da foto célula, da mira laser e da luminária.**



**Figura: VI.9 - Detalhe do Espelho e do braço pantográfico Levemente inclinado.**



**Figura: VI.10 - Detalhe do espelho e do braço pantográfico inclinado.**



**Figura: VI.11 - Detalhe da inclinação do braço pantográfico e da luminária.**

## *Goniofotômetro inteligente*

### **VI.3 – Alinhamento do Sistema Óptico**

Para alinhar o centro da superfície da luminária e os espelhos primário e secundários foi utilizado um feixe de laser em leque estreito com abertura de  $10^\circ$  nas posições horizontal e vertical sucessivamente, procedendo ao ajuste dos espelhos por meio de uma suspensão apoiada em três pontos reguláveis e posicionados segundo um triângulo equilátero. O procedimento prevê para todos os espelhos, repetições para verificação e correção dos desvios, tanto na direção vertical, quanto na direção horizontal. O primeiro espelho (figura VI.9), foi construído na forma circular, com 1,53 m de diâmetro, e inclinado  $45^\circ$ . O formato circular foi adotado somente para o espelho móvel. Os demais espelhos foram construídos nas dimensões de 1,20 m por 1,20 m e posicionados a  $45^\circ$  com o eixo óptico, de modo a atender as dimensões mínimas especificadas na figura VI.2.

### **VI.4- Lógica de Funcionamento e Ferramentas Utilizadas**

São mostradas a seguir as ferramentas utilizadas e a seqüência de uso que auxiliaram e se integraram ao goniofotômetro tornando-o viável, atual, prático e acessível às Universidades e aos fabricantes de luminárias, principalmente aos fabricantes brasileiros, inclusive abrindo portas para atender mercados internacionais.

#### **VI.4.1– Simulação Virtual de Luminárias e Projetores**

O projetista desenvolve o projeto de uma luminária através do Autocad, com a pretensão de se obter um novo produto, o qual deverá ter uma curva de distribuição luminosa conforme figura VI.16. O Projeto da luminária, com a lâmpada escolhida, elaborado no Autocad, é capturado pelo *Software* Photopia <sup>[43s]</sup>, o qual faz a primeira simulação (figura VI.17). O resultado leva o projetista a alterar o projeto no Autocad e em seguida, o Photopia faz a segunda simulação (figura VI.18). Assim, sucessivamente o projeto da luminária vai se definindo até a Curva obtida na figura VI.21, que nesse caso se aproximou da curva desejada (figura VI.16)

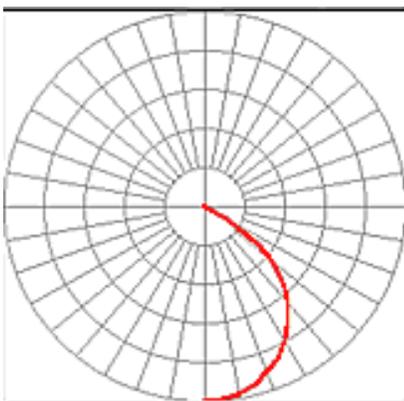
### *Goniofotômetro inteligente*

O Photopia <sup>[43s]</sup> é um *software* de análise fotométrica (disponível no mercado e de uso de diversos fabricantes de luminárias no Brasil e no Exterior), preciso e rápido, que produz avaliações de desempenho a partir do desenho 3D do corpo óptico. Permite produzir luminárias virtuais com baixo custo. A partir do computador pode-se modelar e testar variações do modelo.

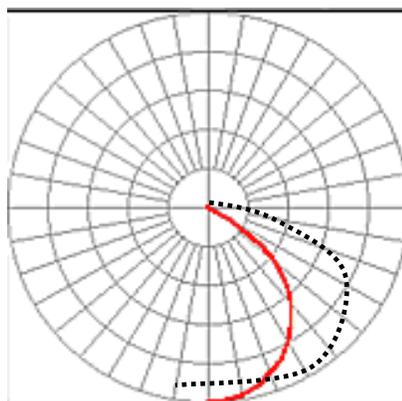
É uma Ferramenta de Desenvolvimento Óptico Parametrizado, o qual permite produzir Protótipos Ópticos, automaticamente, baseados em parâmetros desejados pelo projetista, ajustando-se o mesmo em minutos, através de alterações no desenho elaborado no Autocad.

Proporciona várias opções de interface e geração de arquivos que permitem caracterizar o desempenho da luminária com uma variedade de medidas quantitativas, onde arquivos fotométricos, nos padrões IES (Illuminating Engineering Society Journal), são disponibilizados.

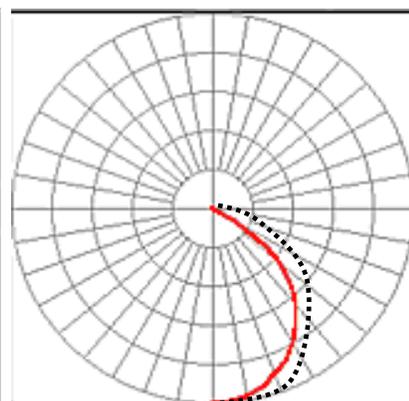
O Photopia inclui um sistema de CAD embutido que lhe permite criar e manipular componentes de um modelo. Tem interface com *software*: AutoCAD, Pro/Engineer, Edge Sólido, e SolidWorks.



**Figura VI.12 – Curva desejada da luminária, projetada pelo Autocad**



**Figura VI.13 – Curva obtida na primeira simulação com o Photopia**



**Figura VI.14 – Curva obtida na segunda simulação com o Photopia**

### Goniofotômetro inteligente

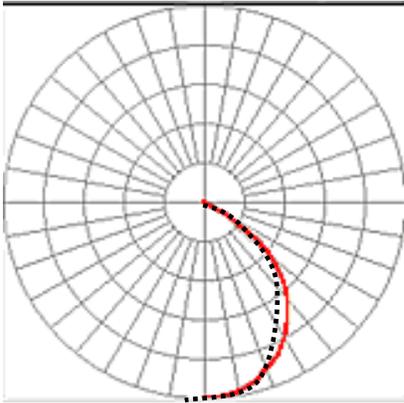


Figura VI.15 – Curva obtida na terceira simulação com o Photopia

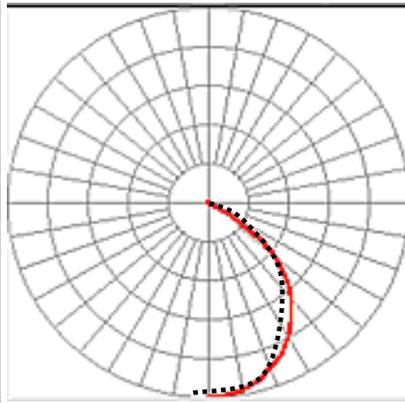


Figura VI.16 – Curva obtida na quarta Simulação com o Photopia

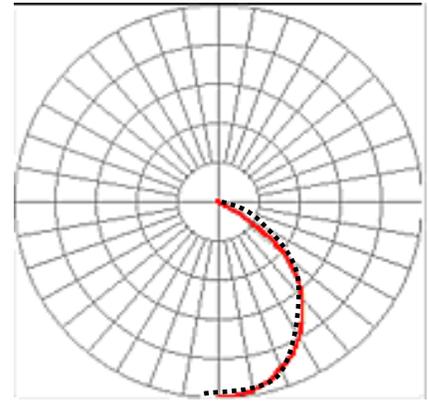


Figura VI.17 – Curva obtida na quinta simulação com o Photopia

## VI.4.2 - Ferramentas Utilizadas para Validação da Simulação Virtual

O goniofotômetro inteligente foi desenvolvido para funcionar automaticamente por computador, através de eletrônica para codificar e decodificar a interface do acionamento dos motores, encoders e para capturar dados levantados pelo luxímetro digital, de forma discreta, conforme variação dos ângulos horizontais e verticais da distribuição luminosa espacial, conforme mostra a figura VI.18.

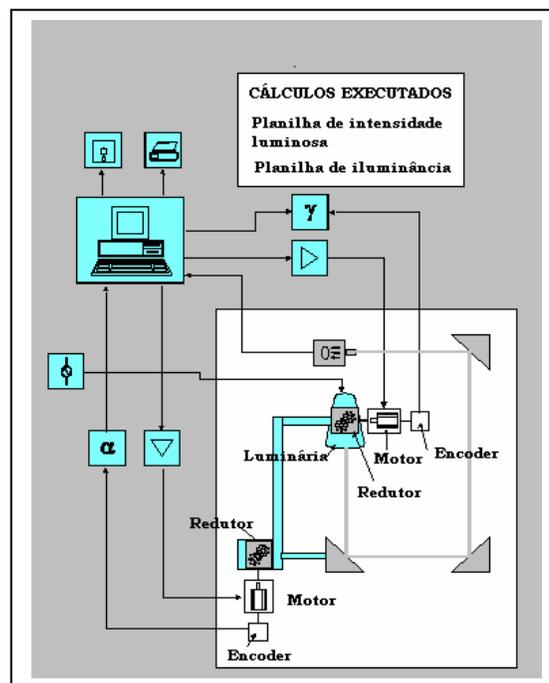


Figura VI.18 – Esquema integrado de controle do goniofotômetro

### *Goniofotômetro inteligente*

A parte eletromecânica foi desenvolvida para que o Goniofotômetro fosse compacto, com tecnologia e manutenção brasileiras, abrindo frentes de Pesquisa, para “certificação de conformidade e de qualidade de luminárias e projetores” e para instalação do mesmo, a baixo custo, em escolas técnicas, universidades, centros e institutos de pesquisa científica e tecnológica, assim como nas indústrias, para que estas possam desenvolver os seus produtos de forma rápida e confiável.

Com essa solução tecnológica o Brasil terá condições de competir internacionalmente nesse mercado, sem depender de equipamentos importados e de difícil acesso aos setores acadêmicos, científicos, tecnológicos e produtivos.

As informações de Tensão, Corrente, Potencia Ativa, Energia Ativa, Fator de Potência são obtidos por outra porta serial COM1(RS-232), conforme figura VI.21. Esses dados são utilizados pelo software supervisorio, desenvolvido em ambiente Labview, e são informados no monitor e nos relatórios finais.

A coleta dos dados referente à intensidade luminosa é obtida através da fotocélula de um luxímetro digital que informa seus valores ao programa supervisorio através de uma porta serial COM2 (RS-232), conforme figura VI.21. Os dados obtidos pelo luxímetro digital são processados e posteriormente utilizados para a composição de uma tabela, na qual consta a posição da luminária e sua respectiva emissão luminosa.

As aquisições de dados dos acionamentos e do controle do sistema, são efetuados pelo VI (*Virtual Instrument*), realizado em ambiente Labview <sup>[51][52]</sup>, através das portas COM1 à COM5 (RS-232). A placa “Data Quest” de Aquisição de dados, disponível no mercado brasileiro, desenvolvida no Brasil pela Quin Quest Technology Ltda. <sup>[58s]</sup>, empresa brasileira, foi utilizada conforme mostra a figura VI.21 para comunicar-se com o microcomputador através da porta serial COM3 (RS-232). Os sinais oriundos dos *encoders*, do sensor de temperatura da luminária, do sensor de temperatura ambiente e do sensor de pressão na sala do goniofotômetro, são capturados através da placa “Data Quest”, os quais são processados por um microcomputador através do VI (*Virtual Instrument*), em ambiente do *software* Labview.

### *Goniofotômetro inteligente*

Para elaborar o sistema de controle, aquisição de dados e processamento de sinais foi desenvolvido um programa executável através do *software* Labview<sup>[50][51]</sup>, por tratar-se de uma ferramenta que permite elaborar sistemas de controle, aquisição e tratamento de dados, amplamente utilizado em pesquisa e desenvolvimento.

O *software* permite elaborar um “VI” que manipula diretamente planilhas com os dados oriundos das medidas realizadas pelo luxímetro digital, de modo a apresentar as projeções inerentes, diretamente na tela ou através de impressão. Permite ainda elaborar um sistema completo de controle de velocidade, avanço, recuo, posicionamento discreto do braço pantográfico e da posição da luminária, medição da tensão, corrente, potência ativa, potência aparente, fator de potência, energia e temperatura da luminária, temperatura ambiente, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, etc.

O Labview, através de programação por fluxo de dados, permite gerar aplicativos que controlam o sistema, simulações e apresentam os resultados através de painéis gráficos e interativos. Com essa ferramenta (Labview) foi possível realizar todo o processamento dos dados até a apresentação final, sob forma de tabelas.

O *software* supervisor realiza o controle do sistema através do processamento de sinais oriundos de vários dispositivos e de Placa de Aquisição de Dados (DAQ)<sup>[58s]</sup> passíveis de serem controlados pelo software. O sistema utilizado adquire os dados do Luxímetro Digital, dos Encoders para o azimute e a declinação, e controla o acionamento e a velocidade do motor de indução através de um inversor de frequência, no movimento do braço pantográfico, assim como do motor de passo para a rotação do cabeçote onde a luminária é fixada. Permite ainda compartilhar outras fontes de dados através de redes de comunicação e conectar-se com outros programas e bancos de dados (SQL).

A aquisição, tratamento e edição dos dados seguem uma rotina definida e executada inteiramente nos “VIs” de maneira seqüencial.

### *Goniofotômetro inteligente*

Os motores são acionados no sentido horário ou anti-horário a partir de comandos do *software* supervisor, e suas posições, monitoradas, a partir de dados gerados pelos encoders, e gerenciadas pelo mesmo programa.

As medidas efetuadas de maneira discreta pelo luxímetro são transmitidas através da porta serial ao microcomputador em ambiente labview através de “VI” onde são processadas para formar uma tabela para posterior interpretação.

Assim, as projeções para obtenção das curvas de isocandelas, senoidal, azimutal ou cilíndrica, são geradas a partir da tabela construída pelo Labview com os dados oriundos do luxímetro digital, por meio do *Software* QQ Revoluz LightMonitor 1.0, (Anexo II), individualmente, em seqüência ou singularmente. As tabelas são utilizadas no Silug (Capítulos IV e V) e no MatLab<sup>[49][50]</sup>.

### **VI.4.3 – Software de Traçamento de Curvas Características**

O MatLab<sup>[49][50]</sup> foi o *software* utilizado para tratar os dados fotométricos, desenhar curvas fotométricas, gerar arquivos de computador em padrão internacional. Ele permite que os dados levantados em laboratório, pelo Goniofotômetro, sejam automaticamente convertidos em arquivos fotométricos em padrão internacional, uma vez que as tabelas de valores, obtidas no VI, são por ele consolidadas, gerando-se um arquivo fotométrico utilizado para traçar as curvas, em 2D ou em 3D.

Os arquivos fotométricos obtidos pelo goniofotômetro também são utilizados pelo SILUG – Sistema de Iluminação Geral (Capítulos IV e V), para a realização de cálculo luminotécnico, utilizado e testado pela “Siemens” pela “Trópico” (Fabricante Brasileira de luminárias) e por várias empresas de projetos luminotécnicos. Com o uso do SILUG é possível realizar estudo de casos e mostrar a aplicação com duas ou mais luminárias de fabricantes diferentes, onde se pode optar por aquela que consuma menos energia e não comprometa o conforto visual atendendo, portanto, os princípios de conservação de energia elétrica, assim como o retorno do investimento eventual da diferença de custo de um produto mais eficiente.

### *Goniofotômetro inteligente*

Evidentemente essas conclusões somente serão possíveis se os levantamentos fotométricos forem feitos em Goniofotômetros confiáveis, o que mais uma vez enfatiza a importância deste trabalho.

#### **VI.4.4 – Validação das Curvas Virtuais Através de Curvas Reais Levantadas pelo Goniofotômetro Inteligente**

O protótipo físico da luminária tem que ser validado, ou seja, sua curva fotométrica real tem que se aproximar da curva fotométrica virtual da figura VI.17. Isso somente é possível com a utilização do goniofotômetro. Nesse caso, o procedimento é semelhante àquele adotado para o traçamento das curvas simuladas virtualmente. Considera-se agora, como objetivo, desenvolver fisicamente o produto (luminária ou projetor), conforme projeto feito no Autocad depois da simulação virtual (figura VI.17), feita através do Photopia. <sup>[43s]</sup>

Elaborado o protótipo físico, instala-se o mesmo no goniofotômetro e faz-se a primeira simulação. Em função da curva obtida, faz-se o ajuste na sua superfície refletora e volta-se à segunda simulação, e assim sucessivamente, até que a curva obtida do protótipo físico se aproxime da curva do protótipo virtual. Assim procedendo, fica validado o novo produto.

Todo esse procedimento, feito com o goniofotômetro inteligente e com os recursos computacionais, proporciona o desenvolvimento de produtos em alguns dias, enquanto que manualmente, são necessários meses, pois é utilizada metodologia desconhecida, ou restrita, por pessoas que artesanalmente não conseguem repetir, ou ter a mesma performance em escala. Com tal limitação não se consegue atender normas internacionais, dificultando-se a exportação do produto devido às suas características técnicas duvidosas.

Convém observar também a importância do Goniofotômetro Inteligente na realização de testes de conformidade, ou seja, verificação da veracidade das características de catálogos de produtos importados, que estão concorrendo com os produtos brasileiros, tanto no mercado brasileiro como no mercado internacional.

### *Goniofotômetro inteligente*

É evidente que estando este goniofotômetro inteligente disponível no mercado e com a confiabilidade de suas características, torna-se possível desenvolver produtos e realizar projetos luminotécnicos que contemplem a conservação de energia, ou seja, pode-se economizar energia sem o comprometimento da qualidade da iluminação. Nestes projetos o nível de Iluminância em lux, o conforto visual, a uniformidade e a reprodução de cores, podem ser totalmente garantidos.

#### **VI.4.5 – Sistema de Acionamento**

Para o acionamento azimutal das luminárias foi escolhido o motor de passo porque proporciona um posicionamento fiel e repetitivo, sob o controle do acionador, que acoplado a um redutor (1/180), torna a necessidade de conjugado bastante reduzida. Permite ainda, o motor de passo, variar a velocidade de deslocamento sem nenhum outro dispositivo além do seu próprio acionador.

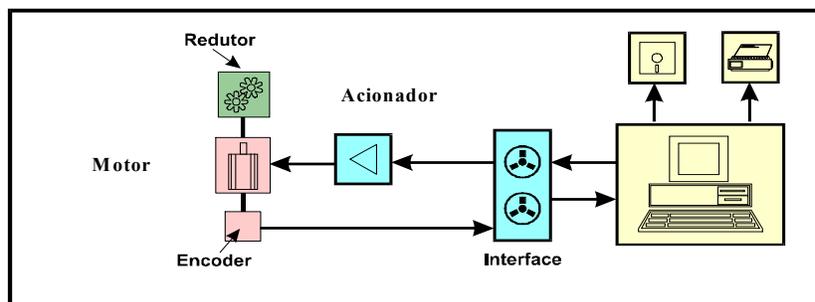
Para o acionamento vertical do braço do goniofotômetro, foi utilizado um motor de indução trifásico com velocidade controlada por um inversor de frequência, mantendo-se, portanto, o conjugado, com variações de velocidade sem que o sistema mecânico sofra movimentos bruscos na partida e na parada, momento que partem em baixa velocidade, assumindo maior velocidade, após vencida a inércia do sistema. A princípio poder-se-ia optar por dois motores de passo ou dois motores de indução. A opção adotada foi a já descrita.

O *encoder* serve para indicar as coordenadas angulares do centro da superfície da luminária e para realimentar o sistema associando a aquisição dos dados às coordenadas. Um *encoder* foi acoplado ao eixo do redutor de cada motor para que a posição seja indicada com precisão, levando-se em conta que a cada rotação completa do eixo do braço pantográfico corresponde ao número de rotações igual à razão inversa de multiplicação do redutor (1/180). Foi escolhido o redutor de rosca sem fim por proporcionar naturalmente um bloqueio de posição sem intervenção de freios, pois o sistema em si é autobloqueável e permite parada em qualquer posição, previamente escolhida.

### *Goniofotômetro inteligente*

Para se evitar eventuais vibrações durante a leitura do luxímetro digital e adequação da velocidade no movimento do braço do goniofotômetro, devido ao tempo de resposta do fotosensor e da eletrônica do luxímetro, optou-se pela leitura com o braço parado por 1 segundo, tempo suficientemente seguro para garantir a leitura e memorização desse dado para posterior tratamento digital. Para minimizar o esforço, e manter a luminária sempre na mesma posição durante todo o giro, foi utilizado um braço pantográfico que conta com um contrapeso de posição variável em balanço na extremidade fixa do mesmo, para equilibrar o peso da luminária instalada na extremidade móvel.

O acionamento é composto por dois conjuntos independentes de motor, encoder, redutor e acionador, conforme mostra a figura VI.19, e são responsáveis, respectivamente, pelo acionamento do braço (motor de indução trifásico controlado por inversor de frequência), que simula a variação do ângulo vertical da luminária (translação), e pelo movimento de rotação da luminária (Motor de Passo), que simula a variação do ângulo horizontal (azimute), em torno do seu eixo.



**Figura VI.19 - Esquema simplificado do acionamento do movimento de rotação ( $\alpha$ ) e de translação ( $\beta$ )**

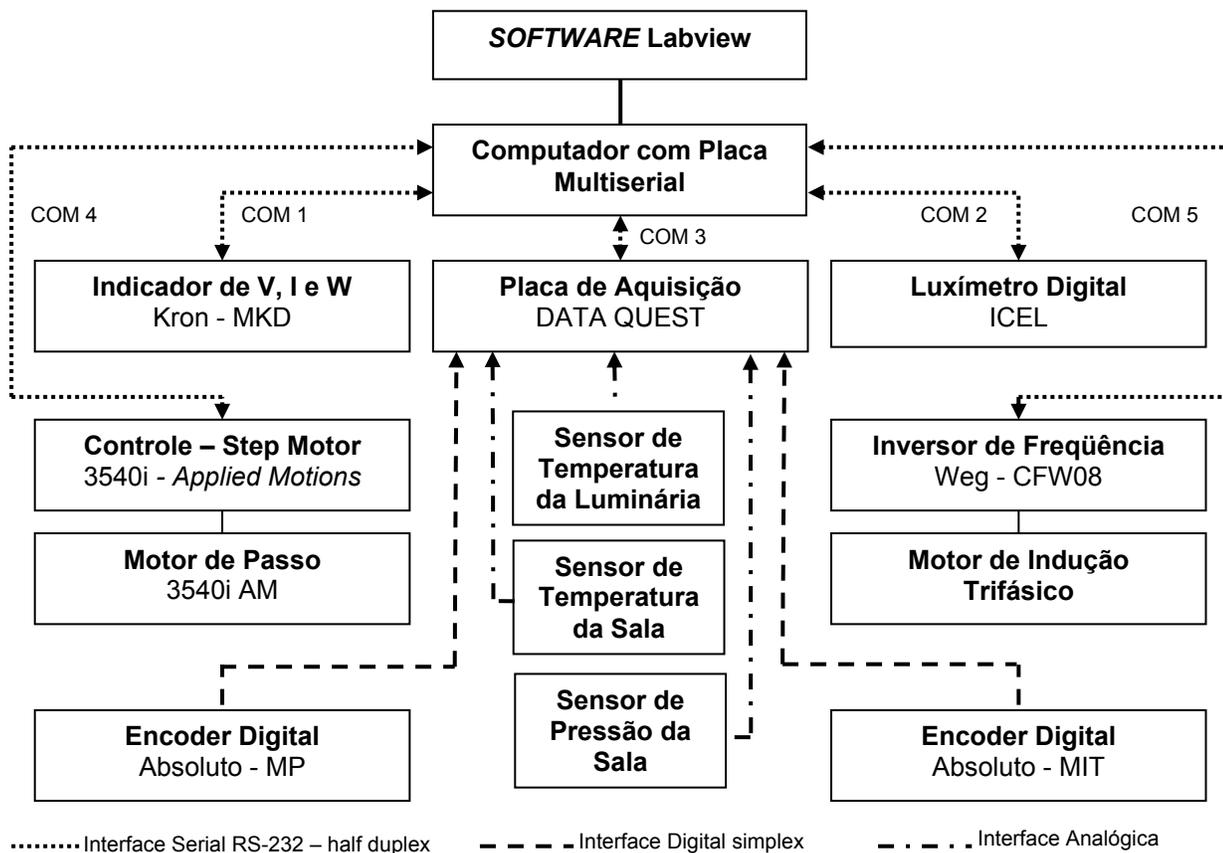
### **VI.4.6 - Lógica de Controle e Execução de Ensaios em Luminárias**

A lógica de programação foi desenvolvida para atender as necessidades de controle do goniofotômetro para que o mesmo faça parte de um laboratório automatizado de levantamento fotométrico, traçamento de curvas características, estudos e pesquisas de novos materiais que melhorem o desempenho de superfícies refletoras utilizadas em luminárias, e para que possam enriquecer o ensino de engenharia tanto na graduação como na pós-graduação, em cursos de mestrado e doutorado. Com tais propósitos

*Goniofotômetro inteligente*

poder-se-á emitir certificado de conformidade e de qualidade de luminárias do mercado, no padrão internacional, além de abrir linhas de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos na área de iluminação.

Para efeito de ilustração da hierarquia de equipamentos a figura VI.20 mostra o esquema e lógica seguida e adaptada para o software de programação Labview da National Instruments para controle e aquisição de dados ópticos e elétricos do laboratório, onde consta o Goniofotômetro Inteligente.



**Figura VI.20 - Hierarquia de Equipamentos**

A Lógica de Programação seguiu os seguintes passos ilustrados na figura VI.21:

**Informações Iniciais:**

O operador ao iniciar o teste deverá dispor das seguintes informações:

1. Faixa de Medida do Luxímetro (0 – 20 lux, 0 – 200 lux, 0 – 2000 lux);
2. Limite de Subida do braço principal (em graus);

### *Goniofotômetro inteligente*

3. Intervalo de Medida no Braço Principal (em graus);
4. Limite de giro de luminária;
5. Giro de Luminária (em graus e número divisível por 2,5);

#### **Informações Finais:**

O *software* fornece ao final do ensaio uma tabela em formato de texto (\*.txt) com todas as leituras do luxímetro em todas as paradas do sistema, paradas estas pré-determinadas ao início de ensaio, com os dados convertidos em Candelas.

#### **Descritivo da lógica:**

1. O *software* calcula através das informações iniciais o tamanho da tabela, isto para saber quantas vezes terá que executar o procedimento de aquisição;
2. Neste ciclo o *software* verifica a tensão de alimentação da(s) lâmpada(s) medida no KRON – MKD através da porta serial COM1(RS-232) e existindo confirmação de tensão dentro dos limites toleráveis (superior e inferior), faz a aquisição, através de porta serial COM2 (RS-232), da leitura do luxímetro, pois o braço principal encontra-se na posição zero grau. Se a tensão não estiver de acordo com os limites, esta informação é indicada ao operador (isto vale para todas as vezes que o luxímetro for solicitado), o qual toma a decisão de abortar o ensaio ou aguardar a estabilização da Tensão para prosseguir;
3. Em seguida é enviada uma ordem através da porta serial COM3 (RS-232) à placa de aquisição de dados para ativar uma saída digital que através de uma chave eletrônica energiza o Inversor de Freqüência, fazendo o braço principal do sistema subir;
4. A placa de aquisição de dados monitora um *encoder* absoluto que está fixado ao braço principal. Este *encoder* fornece, através de uma interface digital, a posição angular do braço para a placa de aquisição de dados e esta ao *software*;

*Goniofotômetro inteligente*

5. Quando a leitura de posição do braço principal for igual à posição do primeiro intervalo, o sistema pára, e então, faz a aquisição do novo valor de intensidade luminosa, através do sensor do luxímetro;
6. Em seguida é enviada outra ordem através da porta serial COM3 (RS-232) à placa de aquisição de dados para ativar a chave eletrônica, acionando o Inversor de Frequência fazendo o braço principal do sistema voltar a subir, através da COM5 (RS-232);
7. A placa de aquisição de dados monitora novamente o *encoder* que está fixado ao braço principal. Este *encoder* fornece, através de uma interface digital, a nova posição angular do braço para a placa e esta ao *software*;
8. Quando a leitura adquirida, da posição do braço principal, for igual à posição do intervalo anterior somada com a informação inicial de intervalo do braço principal e os limites toleráveis de tensão (superior e inferior) obtidos através de COM1 forem respeitados, o sistema pára, e então, é feita a aquisição do novo valor de intensidade luminosa indicada no luxímetro através da COM2;
9. Os Passos 6,7 e 8 são repetidos até que o braço principal atinja o ângulo limite de subida que é uma das informações iniciais.
10. Esta coluna de dados de intensidade luminosa está pronta;
11. Quando o sistema encontra-se em posições limites do braço principal a luminária sofre um giro em seu próprio eixo comandado pelo *software* através da Placa de Aquisição DATA QUEST (COM3) que por sua vez aciona, através de uma chave eletrônica, o controlador do Motor de Passo - 3540i AM. O *software*, por sua vez, comanda o controlador do Motor através da COM4 (RS-232), cujo valor de giro segue a informação inicial, aqui denominada giro de luminária;

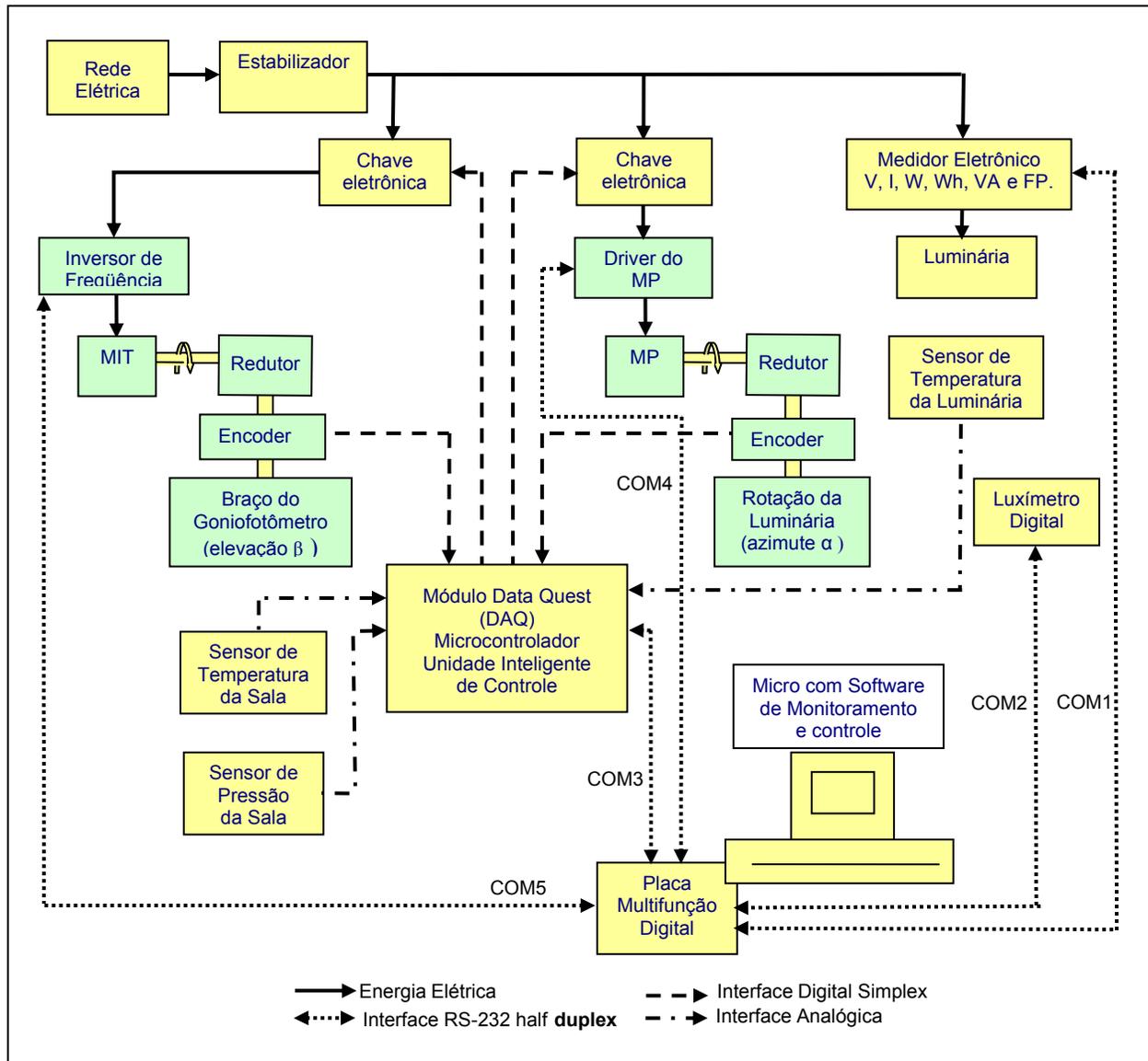
*Goniofotômetro inteligente*

12. A placa de aquisição de dados monitora o segundo *encoder* que está fixado ao cabeçote de giro da luminária. Este *encoder* fornece, através de uma interface digital, a posição angular (azimute) da luminária para a placa e esta ao *software*;
13. Uma nova coluna de dados será iniciada;
14. O *software* verifica a tensão de alimentação da (s) lâmpada(s) através da porta serial COM1 (RS-232) e existindo confirmação de tensão dentro dos limites toleráveis (superior e inferior) adquire, através de porta serial COM2 (RS-232), o valor capturado pelo luxímetro, onde o braço principal encontra-se na posição limite (máxima indicada inicialmente);
15. A operação de descida do braço principal é iniciada com o comando do *software*, pela porta serial COM3 (RS-232), para a placa de aquisição de dados, que aciona o Inversor de Frequência através da chave eletrônica, fazendo o braço principal do sistema descer, através da COM 5 (RS-232);
16. A placa de aquisição de dados monitora o *encoder* que está fixado ao braço principal. Este *encoder* fornece, através de uma interface digital, a posição angular do braço para a placa e esta ao *software*;
17. Quando a leitura de posição do braço principal for igual à posição do intervalo anterior decrescida da informação inicial de intervalo de medida do braço principal e os limites toleráveis de tensão (superior e inferior) obtidos através de COM1 forem respeitados, o sistema pára, e então, faz a aquisição do novo valor de intensidade luminosa indicada no luxímetro através da COM2;
18. Os Passos 15,16 e 17 são repetidos até que o braço principal atinja o ângulo limite de descida que é zero grau;
19. Esta coluna de dados de intensidade luminosa está finalizada;

*Goniofotômetro inteligente*

20. O sistema encontra-se novamente em posição limite do braço principal e a luminária sofre um giro em seu próprio eixo comandado pelo *software* através da Placa de Aquisição DATA QUEST (COM3) que aciona a chave eletrônica que energiza o controlador do Motor de Passo - 3540i AM. O *software* por sua vez, comanda o referido motor, através da COM4 (RS-232), cujo valor de giro é uma informação inicial denominada giro de luminária;
21. A placa de aquisição de dados monitora o *encoder* que está fixado ao cabeçote de giro da luminária. Este *encoder* fornece, através de uma interface digital, a posição angular (azimute) da luminária para a mesma e esta ao *software*;
22. Existe agora uma repetição do passo 2 ao passo 21, repetição esta que será executada até que o giro da luminária em seu próprio eixo alcance o limite de giro de luminária (informação inicial);
23. Ao final deste processo todas as lacunas da tabela, que foi dimensionada no início da lógica, estarão preenchidas e o *software* habilita uma caixa de diálogo padrão do Windows para que o operador entre com o nome e com o local em que a tabela, no formato \*.txt, será salva;
24. O ensaio é finalizado e o *software* fica habilitado para iniciar um novo ensaio
25. A tabela gerada será capturada pelo Matlab para o traçamento das curvas características em projeção senoidal, azimutal e cilíndrica, da distribuição espacial da luz;
26. A mesma tabela será capturada pelo SILUG que realizará o cálculo das iluminâncias disponibilizadas em uma nova tabela;
27. Essa nova tabela é utilizada pelo Matlab para traçar as Curvas Isolux.

*Goniofotômetro inteligente*



**Figura VI.21 - Esquema de acionamento, controle e processamento**

Com a solução apresentada fica garantida a praticidade do uso do goniofotômetro. Com a parte mecânica em dimensões reduzidas, com o acionamento eletroeletrônico automatizado, com o *software* de supervisão concebido de forma objetiva, e com o apoio dos *softwares* Labview, Matlab e SILUG, fica caracterizada a viabilidade da implantação de laboratórios luminotécnicos em universidades, institutos de pesquisa e em indústrias do setor interessadas em realizar o desenvolvimento de seus produtos de forma racional, prática e confiável.

*Goniofotômetro inteligente*

Evidentemente outros caminhos alternativos surgem com a evolução da tecnologia, do conhecimento e de novos materiais. Durante seu desenvolvimento foram feitas opções de modo a utilizar as ferramentas e alternativas disponíveis no aspecto eletromecânico e na automação propriamente dita. O foco e o principal objetivo foram dirigir e integrar esses conhecimentos para contribuir com o avanço dos estudos e pesquisas em conservação de energia, sob o ponto de vista luminotécnico.

Com a contribuição apresentada, estudantes de graduação e de pós-graduação, assim como engenheiros e especialistas que atuam na área terão meios de elaborar projetos otimizados com qualidade, eficiência, com baixo consumo de energia, redundando em diminuição de custo para os usuários e consumindo energia elétrica sem desperdício, o que é de interesse do país, uma vez que alivia o sistema elétrico para outras finalidades.

Para os fabricantes de luminárias e projetores, o presente trabalho garante rapidez e confiabilidade no desenvolvimento de seus produtos em prazos muito menores do que utilizam atualmente. Terão garantia na repetibilidade na produção e maior facilidade para realizar o controle de qualidade, o que certamente reduzirá custos, facilitando a exportação e competitividade no mercado brasileiro e no mercado internacional.

## **VII - Conclusão e Propostas para Trabalhos Futuros**

### **VII.1- Conclusão**

A competitividade tem exigido dos fabricantes nas diversas áreas do conhecimento, a certificação da qualidade dos seus produtos. No setor de iluminação não poderia ser diferente. Portanto, quem não estiver preparado para controlar a qualidade em toda a cadeia produtiva da área de iluminação, não conseguirá exportar e nem competir com os produtos importados certificados.

O goniofotômetro apresentado neste trabalho, compacto e de baixo custo, permite colocar os produtos brasileiros em condições de igualdade com os importados. Permite também, que pesquisadores possam investigar o uso de novos materiais reflexivos melhorando o desempenho das luminárias, o que diminuirá o consumo de energia tendo, portanto interesse estratégico para o país, uma vez se estar racionalizando energia elétrica.

O goniofotômetro inteligente é o resultado de uma solução integrada que contribui na solução de questões de interesse da indústria brasileira de iluminação no que se refere ao desenvolvimento de protótipos e produtos no padrão global de qualidade. Permite que tenham condições de resolver problemas de cálculos e projetos luminotécnicos com critérios e métodos que partem de base de dados confiáveis através dos levantamentos fotométricos. Os engenheiros de projetos se sentirão mais seguros e correrão menos riscos, garantindo, com rapidez, a solução otimizada.

As universidades poderão contar com um equipamento importante para frentes de pesquisa, até o momento pouco exploradas, com ensaios específicos para soluções luminotécnicas inovadoras, principalmente na questão de conservação de energia. A partir do presente trabalho os caminhos para versões mais sofisticadas, poderão ser investigados e adaptados às novas tecnologias que certamente surgirão.

### *Conclusão e propostas para trabalhos futuros*

*Softwares* com rotinas dedicadas ao traçamento rápido de curvas características devem ser integrados automaticamente, a baixo custo. Na questão do ensino de engenharia haverá uma importante contribuição que poderá ocorrer em cursos de graduação, de mestrado e de doutorado, com o uso intensivo do laboratório luminotécnico e do goniofotômetro.

O presente trabalho oferece os modelos para os cálculos de áreas irregulares e com a disposição das luminárias de forma variada, ou seja, com alturas e ângulos diferentes uma das outras. Alguns softwares disponíveis no mercado oferecem sofisticações na apresentação e nos efeitos especiais, mas deixam a desejar nas soluções com áreas não regulares e com relação às variantes das posições das luminárias. Não consideram obstáculos como divisórias, pilares etc, e geralmente oferecem uma biblioteca de levantamentos fotométricos com curvas características para que sejam feitos os cálculos. Entretanto esses dados não são compatíveis com as luminárias que serão utilizadas, o que compromete totalmente o resultado. Por isso, para que um projeto seja confiável é necessário que seja confiável o levantamento fotométrico e, portanto torna-se indispensável o laboratório que disponha do goniofotômetro inteligente. É conveniente que essas discussões sejam feitas com os estudantes e profissionais da área para que as inovações sejam transferidas para o setor produtivo.

Cerca de 20% do consumo de energia elétrica no Brasil é de iluminação<sup>[67s]</sup>. Portanto torna-se oportuno a elaboração de um programa de conscientização para se otimizar projetos de iluminação. Os impactos econômico, energético e financeiro, são estratégicos, pois como foi demonstrado no Capítulo V – Estudo de Caso, a energia poupada (60%), poderá ser utilizada em atividades produtivas industriais, nas expansões comerciais e no crescimento urbano, permitindo o desenvolvimento econômico e social, sem a ocorrência de colapso do sistema elétrico. Com isso, o planejamento dos projetos e investimentos da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica certamente poderão disponibilizar do tempo necessário para que o governo e as concessionárias de energia definam as suas estratégias, sem comprometer a qualidade da iluminação, garantindo-se o conforto visual, a produtividade e a segurança das pessoas, conforme prescrevem as normas técnicas.

### *Conclusão e propostas para trabalhos futuros*

Os programas de conservação de energia implantados no país conseguiram grandes reduções do consumo em iluminação graças aos avanços tecnológicos dos diversos tipos de lâmpadas, que têm aumentado a sua eficiência (Lumens / Watt), e com a troca das lâmpadas antigas por outras mais eficientes. Entretanto não se tem dado a devida atenção nas luminárias, pois elas refletirão mais ou refletirão menos luz, dependendo da sua superfície refletora.

O presente trabalho mostrou no Capítulo III que uma luminária pública pode disponibilizar para o ambiente somente 37% da quantidade de luz disponibilizada pela lâmpada. Essa constatação leva à conclusão que se deve analisar o conjunto lâmpada / luminária, caso contrário todo o esforço tecnológico para melhorar o desempenho da lâmpada ficará comprometido pela ineficiência da luminária. Isso pode ser constatado pelo goniofotômetro inteligente.

O desperdício ainda é grande e para se ter racionalização através das luminárias é necessário o investimento em laboratórios e em programas de treinamento das pessoas envolvidas. Embora esse raciocínio pareça óbvio, ainda existe grande dificuldade em se implantar laboratórios luminotécnicos, por falta de recursos financeiros, ou melhor, por falta de sensibilidade. Fazendo-se uma análise do que se reduzirá do consumo da para se perceber que o valor do investimento na implantação de alguns laboratórios é irrisório.

Com o goniofotômetro em questão, o Brasil poderá, com tecnologia brasileira, controlar e certificar a qualidade de luminárias e projetores, no padrão internacional, tanto de produtos brasileiros para exportação, como na verificação de “conformidade” de produtos importados.

## **VII.2 - Propostas para Trabalhos Futuros**

Estimular os estudantes no desenvolvimento de *softwares* que mantenham a automação e os cálculos luminotécnicos sempre atualizados, com novas opções de *hardware* e *software*.

Desenvolver *Softwares* para traçamento das curvas características específicas utilizadas em luminotécnica, conforme Capítulos II, III e IV, mostrado no presente trabalho, dispensando-se a utilização de programas gráficos sofisticados e de alto custo, para o uso, apenas, de algumas rotinas de interesse luminotécnico.

Pesquisa e desenvolvimento de materiais reflexivos de maior eficiência para o sistema óptico das luminárias, comparados com superfícies espelhadas ou de alumínio, retificada e polida com produtos alvo de pesquisa para tal fim.

Pesquisa e desenvolvimento na determinação do fator de reflexão dos espelhos ou de superfícies metálicas retificadas e polidas, utilizados no laboratório fotométrico na simulação da altura de montagem, através de reflexões sucessivas.

Estudo de alternativas mais econômicas para o sistema mecânico e de motores de modo a tornar o custo do goniofotômetro mais acessível às universidades e indústrias.

Implantação de laboratórios de Controle e Certificação de Qualidade no padrão internacional, para emissão de certificados de conformidade exigido por normas técnicas e para pesquisa e desenvolvimento, que serão fundamentais para estudo de conservação de energia.

Implantação de programas de treinamento e sensibilização de profissionais, para que o uso racional de energia elétrica destinado à iluminação, seja um procedimento natural, dada a sua importância e impacto no sistema elétrico do país.

*Referências bibliográficas***VIII - Referências Bibliográficas (127)****VIII.1 - Livros, artigos e revistas especializadas (59)**

[01] - OHNO, Y - **Improved Photometric Standards and Calibration Procedures at NIST**, Proceedings of NCSL 1996 Workshop and Symposium, Vol.1, 343-353 (1996).

[02] - LEONE, C., SOJOURNER, S., VARGAS, E., CROMER, C., OHNO, Y. and HARDIS, J. - **Improved Chromaticity and Luminance Measurements Using a Tristimulus Colorimeter**, Society for Information Displays 96 DIGEST, 433-436 (1996).

[03] - CROMER, C.L., EPELDAUER, G.P., HARDIS, J.E., LARASON, T.C., OHNO, Y., and PARR, A.C. - **The NIST Detector-Based Luminous Intensity Scale**, J. Res. NIST **101**(2), 109-132 (1996).

[04] - OHNO, Y. and JACKSON, J.K. - **Characterization of modified FEL quartz-halogen lamps for photometric standards**, Metrologia 32(6), 693-696 (1996).

[05] - KEITZ, H. A. E. - **Light Calculations and Measurements: An Introduction to the System of Quantities and Units in Light-technology, and to Photometry**. Amazon / 1996

[06] - ARECCHI, A.V. - **Photometric Engineering of Sources & Systems** July 1997, San Diego, California – Paperback – October /1997

[07] - WOLPERT, R.C.; GENET, R.M. - **Advances in Photoelectric Photometry** Amazon / 1997

[08] - GENET, K. A .; GENET, R. M.; GENET, R. D. - **Photoelectric Photometry Handbook** - Amazon / 1997

[09] - DAVIDSON, J - **The Complete Home Lighting Book** Hardcover / 1997

[10] - CHEN, K. - **Industrial Power Distribution and Illuminating Systems** Hardcover / 1997

[11] - Ohno, Y. and Zong, Y. - **Establishment of the NIST flashing-light photometric unit**, SPIE Proc. 3140, Photometric Engineering of Sources and Systems, 2-11 (1997).

[12] - OHNO, Y., LINDERMAN, M., and SAUTER, G. - **Analysis of integrating sphere errors for lamps having different angular intensity distributions**, J. IES **26**(2), 107-114 (1997).

*Referências bibliográficas*

- [13] - OHNO, Y. - Chap. 3 - **Photometric standards**, OSA/AIP Handbook of Applied Photometry, 55-99 (1997).
- [14] - OHNO, Y. - **Chapter 5 - Photometric Measurement Procedures**, OSA/AIP Handbook of Applied Photometry, 133-177 (1997).
- [15] - IES COMMITTEE ON SPORTS AND RECREATIONAL AREAS LIGHTING STAFF **Sports Lighting: Recommended Practice for Sports and Recreational Area Lighting**, Paperback / 1998
- [16] - HAZELTON, R.; et al - **Lighting & Electricity** Hardcover / 1998
- [17] - JOHNSON, G.M. – MEL BYARRS - **The Art of Illumination: Residential Lighting Design**, Paperback / 1998
- [18] - TREGENZA, P.; LOE, D. - **The Design of Lighting**, Paperback / 1998
- [19] - BURTON, J.L. - **Fundamentals of Interior Lighting Design – Building Systems Design Series, V1**, Paperback / 1998
- [20] - **Home Lighting Handbook**, Sunset Editor – Paperback / 1998
- [21] - THUMANN, A. - **Lighting Efficiency Applications**, Hardcover / 1998
- [22] - OHNO, Y and THOMPSON, A.E. - **Photometry - the CIE  $V(\lambda)$  Function and What Can be Learned from Photometry, Measurements of Optical Radiation Hazards**, A Reference Book Based on Presentations Given by Health and Safety Experts on Optical Radiation Hazards, September 1-3, 1998 Gaithersburg, Maryland, ICNIRP 6/98, CIEEx016-1998, 445-453 (1998).
- [23] - OHNO, Y. - **Detector-based luminous flux calibration using the absolute integrating-sphere method**, Metrologia, 35(4), 473-478 (1998).
- [24] - OHNO, Y. and NAVARRO, N. - **New Photometric Calibration Program at the National Institute of Standards and Technology**, Metrologia, 35(4), 317-321 (1998).
- [25] - BROWN, S. and OHNO, Y - **NIST Reference Spectroradiometer for Color Display Calibrations**, Proc., IS&T Sixth Color Imaging Conference, 62-64 (1998).
- [26] - OHNO, Y and BROWN, S - **Four-Color Matrix Method for Correction of Tristimulus Colorimeters - Part 2**, Proc., IS&T Sixth Color Imaging Conference (1998).
- [27] - OHNO, Y and ZONG, Y. - **Detector-Based Integrating Sphere Photometry**, Proceedings, 24<sup>th</sup> Session of the CIE Vol. 1, Part 1, 155-160 (1999).

*Referências bibliográficas*

- [28] - OHNO, Y., GOODMAN, T. and SAUTER, G. - **Intercomparison of photometric units maintained by NPL (UK), PTB (Germany), and NIST (USA)**, J. Res. Natl. Inst. Stand. Technology 104, 47-57 (1999)
- [29] - JONES, C.F. and OHNO, Y - **Colorimetric Accuracies and Concerns in Spectroradiometry of LEDs**, Proc., CIE Symposium'99 - 75 Years of CIE Photometry, Budapest, 173-177 (1999).
- [30] - BROWN, S., ZONG, Y. and OHNO, Y - **Calibrating Colorimeters for Display Measurements**, Information Display, **15**(12), December 1999, 30-34 (1999).
- [31] - ASHDOWN, I. - **Measuring and Modeling Complex 3-D Light Sources** - Research & Development Manager, Ledalite Architectural Products, Inc. - 1999
- [32] - JANET, T. - **Public Places: Lighting Solutions for Exhibitions, Museums and Historic Spaces**, Amazon – January /1999.
- [33] - JONES, O. C. - **Photometric Standards and the Unit of Light**, Paperback – 1999
- [34] - OHNO, Y - **CIE Fundamentals for Color Measurements**, Proc., IS&T NIP16 International Conference on Digital Printing Technologies, Oct. 15-20, 2000, Vancouver, Canada pp.540-545 (2000).
- [35] - OHNO, Y. and KRÁNICZ, B. - **Spectroradiometer Characterization for Colorimetry of LEDs**, Proc. 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on LED Measurement, May 11-12, 2001, Gaithersburg, Maryland, USA, 56-60 (2001).
- [36] - OHNO, Y - **A Numerical Method for Color Uncertainty**, Proc. CIE Expert Symposium 2001 on Uncertainty Evaluation, Jan. 2001, Vienna, Austria, 8-11 (2001).
- [37] - OHNO, Y. and Brown, S.W. - **Photometry, Sensing Light and Color**, Optics and Photonics News, September 2001, **12**(9), 38-40 (2001).
- [38] - OHNO, Y. and DAUBACH, R. O. - **Integrating Sphere Simulation on Spatial Nonuniformity Errors in Luminous Flux Measurement**, J. IES, **30**(1), 105-115 (2001).
- [39] - OHNO, Y - Chapter 14, **Photometry and Radiometry**, Review for Vision Optics, Part 2 Vision Optics, OSA Handbook of Optics, Volume III, McGraw-Hill, New York (2001).
- [40] - MILLER, C. C. and OHNO, Y - **Luminous Intensity Measurements of Light Emitting Diodes at NIST**, Proc. 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on LED Measurement, May 11-12, 2001, Gaithersburg, Maryland, USA, 28-32 (2001).

*Referências bibliográficas*

- [41] - MILLER, C. C. and OHNO, Y - **Luminous Flux Calibration of LEDs at NIST**, Proc. 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on LED Measurement, May 11-12, 2001, Gaithersburg, Maryland, USA, 45-48 (2001).
- [42] - MANOOCHERI, F., S. W. Brown, and Y. OHNO - **NIST Colorimetric Calibration Facility for Displays**, Part 2, Society for Information Displays '01 DIGEST, 330-333 (2001).
- [43] - BERGAMAN, R. S. and OHNO, Y. - **The Art and Science of Lamp Photometry**, Proc., Ninth International Symposium on the Science and Technology of Light Sources (LS:9), August 2001, Ithaca, NY (2001).
- [44] - MILLER, C. C. and OHNO, Y - **Total Luminous Flux Calibrations of LEDs at NIST**, Proc., Compound Semiconductor Manufacturing Expo, July 2001, Boston, MA (2001).
- [45] - OHNO, Y. and BERGAMAN, R. - **Detector-referenced integrating sphere photometry for industry**, Proc., IESNA Annual Conference, August 2002, Salt Lake City, UT (2002).
- [46] - HOVILA, J., TOIVANEN P., IKONEN, E. and OHNO, Y - **Intercomparison of the illuminance responsivity scales and units of luminous flux maintained at the HUT (Finland) and the NIST (USA)**, Metrologia, **39**, 219-223 (2002).
- [47] - BROWN, S. and OHNO, Y - Color by Numbers, SPIE's OE Magazine, 48, February 2002.
- [48] – BRINSHTEIN, J. E SENDIAEV, K. – **Manual de Matemática para ingenieros y estudiantes** – (pág. 255 – 260) - Editora – MIR Moscu – 1971
- [49] – THE MATHLAB, INC – **Using MatLab – The Language of technical Computing** December - 1996.
- [50] – THE MATHLAB, INC – **Using MatLab Graphics – The Language of technical Computing** – December - 1996.
- [51] – THE NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION – **LabView – The User Manual** – Version 6.0 – July – 2000
- [52] – THE NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION – **LabView – The Measurements Manual** – Version 6.0 – July - 2000
- [53] – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 5461** São Paulo - 2002
- [54] – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 14724 Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos** - São Paulo – 2001

*Referências bibliográficas*

[55] – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6023 Informação e documentação – Referências** - São Paulo – 2000

[56] – JOHNSON, S. – **An Overview of the State of the Art in Technology and Application** – Light Right 5 Conference – Nice, France – 2002.

[57] – GORDON, G – **Interior Lighting for Designers**, John Willey & Sons Inc. – USA – 2003

[58] – WOOD, D. – **Lighting Upgrades: A guide for Facility Managers**, Marcel Dekker Inc. USA - 2004

[59] – MOREIRA, V.A. – **Iluminação e Fotometria**, Edgard Blucher – São Paulo – SP - Brasil - 2001

## VIII.2 - Sites Pesquisados (68)

[01s] - **Applications Lighting – Literature**  
<http://www.permabond.com/eCustomer/lightingLit.html>

[02s] - **Avian Technologies**  
<http://www.aviantechologies.com/measurement/fluorescence.html>

[03s] - **BSEE - Building Services and Environmental Engineer Literature**  
<http://www.bsee.co.uk/news/sectionfront.php/section/10/Literature.html>

[04s] - **Columbia Lighting Internet Literature**  
<http://www.columbia-ltg.com/library/products.html>

[05s] - **Calibrations Services**  
<http://www.nml.csiro.au/Services/calibrations/calib.htm>

[06s] - **Collections – Physics**  
<http://garamond.stanford.edu/collect/science/physics.html>

[07s] - **Day-Brite Lighting – Literature**  
<http://www.daybrite.com/day-brite/literature.cfm>

[08s] - **Department of Instrumentation and Control Engineering**  
[http://www.fsid.cvut.cz/cp1250/en/education/W\\_210\\_an.htm](http://www.fsid.cvut.cz/cp1250/en/education/W_210_an.htm)

[09s] - **Department of Power of Engineering**  
<http://www.elf.stuba.sk/AnnualReport/2000/kee.htm#top>

*Referências bibliográficas*

[10s] - **Department of Design Engineering**

<http://theiere.fei.tuke.sk/uk/ukcolleges.htm>

[11s] - **Department Of English Literature**

<http://www.shef.ac.uk/english/literature/lighting/lightdesign.htm>

[12s] - **Electrical Engineering**

<http://www.southalabama.edu/bulletin/bulletin9798/couree.htm>

[13s] - **Electro Newsletter Article**

<http://global.ihs.com/news/e2-6.html>

[14s] - **Electrolink Magazine – Fibre Optics**

<http://www.electrolink.co.nz/Electrolink/Magazine.nsf?Open>

[15s] - **Engineering – Electrical & Optical – Optics o Optoelectronics**

[http://halloftechnology.com/electrical\\_optical/209.shtml](http://halloftechnology.com/electrical_optical/209.shtml)

[16s] - **FAQ About Lighting, Mood and Performance**

<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/light/faq.html>

[17s] - **File Download Procedures and Installation Instructions**

[https://secure.ge-lightingsystems.com/gels01/downloads/read\\_me.txt](https://secure.ge-lightingsystems.com/gels01/downloads/read_me.txt)

[18s] - **GE Lighting – Literature Library**

<http://www.gelighting.com/na/contactus/literature.html>

[19s] - **Holophane – Lighting Solutions**

<http://www.holophane.com/>

[20s] - **HKU – Building Services Engineering**

<http://www.hku.hk/bse/postgraduate.htm>

[21s] - **Honeywell Lighting & Electronics**

<http://www.grimesaero.com/info/literature/>

[22s] - **Illuminations Lighting**

[http://www.illuminationslighting.com/request\\_literature.htm](http://www.illuminationslighting.com/request_literature.htm)

[23s] - **IVALO – Lighting Product – Literature**

<http://www.ivalolighting.com/lit.html>

[24s] - **IDC – Interdisciplinary Center Herzliya**

<http://www.idc.ac.il/eng/content/about.asp>

[25s] - **IEEE – Robotics and Automation Society Election**

<http://www.ncsu.edu/IEEE-RAS/RAS/RASnews/RASnews99010NeAdcom.html>

*Referências bibliográficas*

[26s] - **IEN – Photometry Department**

<http://www.ien.it/ar99/ft.htm>

[27s] - **IEN - Photometry**

[http://www.ien.it/ft/line\\_FT3.shtml](http://www.ien.it/ft/line_FT3.shtml)

[28s] - **Illuminating Engineering Society of North America**

<http://www.iesna.org/>

[29s] - **Illumination System Design & Stray Light Analysis Using Zemax**

<http://www.optima-research.com/Training/Illumstray.htm>

[30s] - **Illuminating Systems Laboratory Description of Capabilities**

<http://hillman.uah.edu/IlluminSysLab/illlab.htm>

[31s] - **Lighting Design Lab Articles – Archived Articles**

[http://lightingdesignlab.com/articles/old\\_articles.htm](http://lightingdesignlab.com/articles/old_articles.htm)

[32s] - **Lighting Design Lab Articles – Links to Other Lighting Articles**

<http://lightingdesignlab.com/articles/linked.htm>

[33s] - **Lighting Design Lab IESNA Reference Materials**

<http://lightingdesignlab.com/library/ieslibrary.htm>

[34s] - **Lighting Design Lab Library Pages**

<http://lightingdesignlab.com/library/index.html>

[35s] - **Literature – Books – Reviews**

[http://mitglied.lycos.de/whiteness/Books\\_Reviews/books\\_reviews.html](http://mitglied.lycos.de/whiteness/Books_Reviews/books_reviews.html)

[36s] - **Lighting Design and Technology**

[http://www.arch.vuw.ac.nz/degrees/arch/arch333/paper\\_info.html](http://www.arch.vuw.ac.nz/degrees/arch/arch333/paper_info.html)

[37s] - **Lighting Research – Current Research**

<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/light/links.html>

[38s] - **Lighting Systems Engineering Lab**

<http://stripe.colorado.edu/~davisrg/Instruction/5035syl.htm>

[39s] - **Lighting Test Systems**

<http://www.hoffmanengineering.com/HLighting3.htm>

[40s] - **Lighting Literature Online**

<http://www.rpi.edu/dept/lrc/lightinglit.html>

[41s] - **Lighting Publications**

<http://eetd.lbl.gov/btp/pub/LGpub.html>

*Referências bibliográficas*

[42s] - **Lighting Sub-Program – Lighting Group Members**

<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/light/members.html>

[43s] - **Lighting Technologies - Photopia**

<http://www.lighting-technologies.com>

[44s] - **Links on Lighting – Illumination Engineering**

<http://www.optical-engineer.com/lighting/>

[45s] - **LRC – Resource Collection – Conference Papers**

<http://www.lrc.rpi.edu/Library/confpapers.htm>

[46s] - **Lumec – Schreder Literature**

<http://www.lumecschreder.com/en/Literature/cgi-bin/literature.asp?section=architectural>

[47s] - **New Lighting Literature**

<http://www.hubbell-ltg.com/literature.asp>

[48s] - **NIST – Photometry Publications**

<http://physics.nist.gov/Divisions/Div844/facilities/photo/Publications.html>

[49s] - **Omega Lighting**

[http://www.omegalighting.com/omega/find\\_spec\\_sheet.cfm](http://www.omegalighting.com/omega/find_spec_sheet.cfm)

[50s] - **OPT - Optical and Photometric Technology**

<http://www.opt.au.com>

[51s] - **Outdoor Lighting**

<http://www.gardcolighting.com>

[52s] - **Philips Lighting – The Light Site**

<http://www.lighting.philips.com/feature/ql/literature.php>

[53s] - **Photometric Calibration Services**

[http://physics.nist.gov/Divisions/Div844/facilities/photo/sp250\\_chap7.htm](http://physics.nist.gov/Divisions/Div844/facilities/photo/sp250_chap7.htm)

[54s] - **Photometric Engineering of Sources and Systems**

<http://www.bookfinder.com/dir/i/0819425621/>

[55s] - **Reflexite Lighting Optics**

<http://www.lighting-optics.com/literature.htm>

[56s] - **Quality Lighting – Area Roadway – Pathway & Building Lighting**

<http://www.qualitylighting.com/pdfLibrary.asp>

[57s] - **SAO Summer Intern Program Projects**

<http://hea-www.harvard.edu/REU/projects00.html>

*Referências bibliográficas*

[58s] - **Siemens – Osram**

[http://www.osram.com/about\\_us/worldwide.html](http://www.osram.com/about_us/worldwide.html)

[59s] - **Search Engine**

[http://uk.searchengine.com/TOP/Science/Instruments\\_and\\_Supplies/Spectroscopy](http://uk.searchengine.com/TOP/Science/Instruments_and_Supplies/Spectroscopy)

[60s] - **The Lighting Research Center**

<http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightingTransformation/residentialLighting>

[61s] - **Transportation Research Board - Publication**

<http://www4.trb.org/trb/onlinepubs.nsf>

[62s] - **Universal Lighting Technologies Literature**

<http://www.universalballast.com/literature/>

[63s] - **University of Liverpool Library**

<http://www.liv.ac.uk/library/techserv/ejrnllists/l.html>

[64s] - **Whelen Engineering Literature**

<http://www.whelen.com/nondynmc/Litlocator.htm>

[65s] - **Sente<sup>®</sup> Luz e Tecnologia**

<http://www.hnluz.com.br/index.htm>

[66s] – **CIE – Commission Internationale d’Eclairage**

<http://www.cie.com>

[67s] – **Eletrobrás**

<http://www.eletrabras.gov.br>

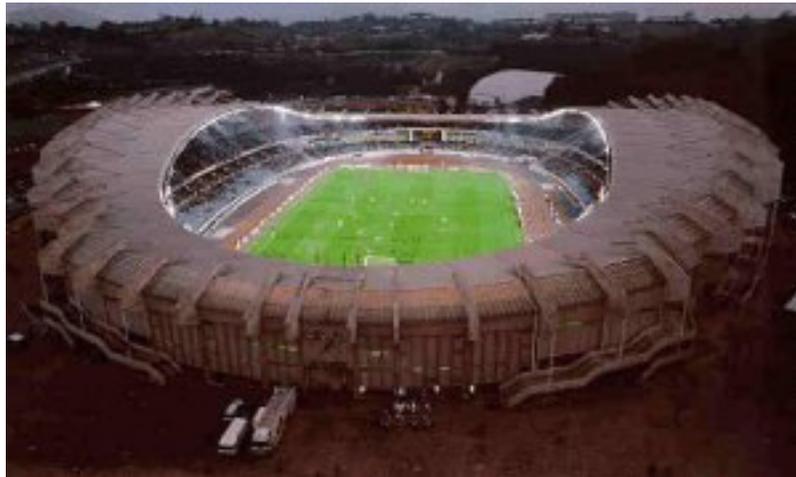
[68s] – **Quin Quest Technology**

<http://www.quinquest.com.br>

# MANUAL SILUG - ESPORTIVO

## Sistema de Iluminação Esportiva

Maio / 2005



**O SILUG - ESPORTIVO foi desenvolvido no IBT, por Wanderley Mauro Dib e possui os seus direitos devidamente registrados, conforme legislação em vigor. Portanto, reprodução ou cópia, por qualquer meio, somente será possível com a autorização exclusiva do autor.**

**IBT - Instituto Barretos de Tecnologia**

Av. Treze, n° 60 Cep: 14780-270 Barretos - SP Fone / Fax: (17) 3325-1549

Email: [wanderleydib@ibt.org.br](mailto:wanderleydib@ibt.org.br)

Site: [www.ibt.org.br](http://www.ibt.org.br)

## **Apresentação**

O programa desenvolvido tem como base as informações disponíveis em catálogos de fabricantes dos equipamentos necessários para se proceder ao cálculo luminotécnico.

Todas as informações necessárias para se operar o programa estão descritas neste manual, desde a configuração mínima do sistema até as explicações de cada tela e listagens emitidas. O objetivo do projetista é obter a iluminância desejada, com uma boa uniformidade.

Como as possibilidades de combinações de PROJETORES e/ou LUMINÁRIAS, lâmpadas, altura de montagem e afastamento, são infinitas, o projetista deverá escolher as opções de quantidade, tipo de luminária e/ou projetores e lâmpadas, alturas de montagem e afastamentos.

O software permite realizar os cálculos de iluminação de Campos e Quadras externas, assim como de Ginásios Esportivos. Permite o posicionamento de projetores diferentes em torres, realizando os cálculos automaticamente para as opções com 4, 6 ou 8 torres, cada uma com até 25 projetores. Permite também realizar os cálculos com os projetores distribuídos ao longo de marquises e estruturas especiais, desde que se digite as suas coordenadas. Os cálculos podem ser feitos nos planos horizontal e vertical.

Permite recálculos, cópias em disquetes e imprime os relatórios, dispensando-se desenhos e serviços de digitação. Permite que se cadastre projetores com seus respectivos acessórios, de qualquer fabricante, desde que se tenha o levantamento fotométrico realizado em laboratórios adequados. Emite lista de projetores e luminárias cadastradas, de projetos, de projetistas e de clientes, inclusive para mala-direta.

O cadastramento dos dados e os procedimentos dos cálculos seguem uma seqüência lógica facilitando, ao usuário, o acompanhamento de todo o processamento.

Por questão de segurança, ao iniciar o uso do SILUG\_E, é necessário que o usuário crie uma SENHA. Com esta, somente ele, que passará a ser o projetista MESTRE, terá acesso ao programa. Para se cadastrar outro projetista, será necessário que o projetista MESTRE libere o acesso. Assim, quando da execução do cálculo, o programa pedirá a SENHA para prosseguir, evitando que um projetista altere ou faça algum projeto utilizando o nome de outro projetista. Cabe ao projetista MESTRE, ou seja, o primeiro que foi cadastrado, a responsabilidade sobre o cadastramento ou exclusão de qualquer projetista. Com esse programa, os projetistas se sentirão em condições de refazer os cálculos quantas vezes achar necessário, onde podem aumentar altura, mudar PROJETORES, alterar quantidades, ângulos de posição e terem respostas rápidas e precisas.

*APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo*

Assim, o projetista não necessitará recorrer ao fabricante de PROJETORES para proceder aos seus cálculos. Basta que tenha os levantamentos fotométricos do conjunto, no arquivo do programa.

Outros detalhes poderiam ser incluídos neste programa, entretanto, como são diversas as alternativas e formas de apresentação dos resultados, optou-se pelo lançamento desta versão, a qual certamente apresentará novidades num futuro bem próximo uma vez que a evolução dos recursos de informática deverão oferecer condições para seu enriquecimento.

Wanderley Mauro Dib.  
Maio / 2005

## ÍNDICE

Ítem	Descrição	Página
A.1 -	Introdução.....	137
A.2 -	Opções do Projetor.....	138
A.2.1 -	Projetor / Luminária - Cadastrar .....	138
A.2.2 -	Projetor / Luminária - Alterar.....	140
A.2.3 -	Projetor / Luminária - Consultar.....	140
A.2.4 -	Projetor / Luminária - Apagar.....	140
A.2.5 -	Projetor / Luminária - Imprimir.....	140
A.3 -	Opções do Cliente.....	141
A.3.1 -	Cliente - Cadastrar.....	141
A.3.2 -	Cliente - Alterar.....	142
A.3.3 -	Cliente - Consultar.....	142
A.3.4 -	Cliente - Apagar.....	142
A.3.5 -	Cliente - Imprimir.....	142
A.3.6 -	Cliente - Cópia.....	142
A.4 -	Opções Projetistas.....	143
A.4.1 -	Projetista - Cadastrar.....	143
A.4.2 -	Projetista - Alterar.....	143
A.4.3 -	Projetista - Consultar.....	144
A.4.4 -	Projetista - Apagar.....	144
A.4.5 -	Projetista - Imprimir.....	144
A.5 -	Opções do Projetos Finais .....	145
A.5.1 -	Projetos Finais - Relatório Final.....	145
A.5.2 -	Projetos Finais - Manipular.....	145
A.5.3 -	Projetos Finais - Listar.....	146
A.5.4 -	Projetos Finais - Duplicar.....	146
A.6 -	Cálculos de Iluminação Horizontal de Campos e Quadras Externas.....	146
A.7 -	Cálculos de Iluminação Horizontal de Quadras Internas.....	152
A.8 -	Cálculos de Iluminação Vertical de Campos e Quadras Internas e Externas.....	156

**SISTEMA DE CÁLCULO ILUMINAÇÃO DE CAMPOS E**  
**QUADRAS ESPORTIVAS**  
**SILUG – ESPORTIVO**



### A.1- Introdução

Este sistema tem por objetivo calcular pelo método ponto a ponto a iluminação de campos e quadras esportivas, emitindo no final um relatório com todas as informações de entrada e todos os resultados calculados durante o processo. Mantém também um controle dos CLIENTES, bem como um cadastro de todos os PROJETORES / LUMINÁRIAS que se desejar (conforme REFERÊNCIA de cada uma delas) com sua tabela de intensidade luminosa em cada direção.

Para se ter acesso ao sistema, o projetista deverá digitar sua SENHA já previamente cadastrada (ver item - Cadastro de Projetista).

## A.2- Opções do PROJETOR / LUMINÁRIA



### A.2.1- Projektor / Luminária - Cadastrar

Esta opção é utilizada para realizar o cadastramento de novos PROJETORES nos arquivos do equipamento em uso, o que implicará no uso para os cálculos de iluminação, somente destes PROJETORES cadastrados, com suas respectivas tabelas de intensidade luminosa em cada direção.

Em primeiro lugar será pedida a REFERÊNCIA (código de identificação) do projetor. Então será verificado se este projetor já está cadastrado. Caso esteja será dada uma mensagem de aviso para que se escolha outra REFERÊNCIA. Após isto, será apresentada uma tela para o cadastramento da tabela de intensidade luminosa em Candelas / 1000 Lumens, referente ao projetor em questão, o qual poderá ser SIMÉTRICO ou ASSIMÉTRICO, que implica em um tipo distinto de tabela para cada um deles.

Para um projetor SIMÉTRICO será apresentada a seguinte tabela em função do ângulo: (Valores obtidos do levantamento fotométrico feito no Goniofotômetro).

*APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo*

**Intensidade Luminosa em Candelas obtidas no Goniofotômetro Inteligente  
para Projetores e / ou Luminárias Simétricas**

Ângulo em graus	0	5	10	15	20	.....	85	90
I (candelas)								

Para um projetor ASSIMÉTRICO será apresentada a seguinte tabela em função dos ângulos horizontais e verticais: (Valores obtidos dos levantamentos fotométricos feitos no Goniofotômetro Inteligente).

**Intensidade Luminosa Obtida no Goniofotômetro Inteligente  
para Projetores e / ou Luminárias Assimétricas**

Ângulo horizontal \ Ângulo Vertical	0	5	10	15	20	.....	85	90
0								
5								
10								
15								
20								
25								
:								
:								
:								
90								

Tudo estando correto, responda ' S ' à pergunta, o que fará com que este projetor seja incluído no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de PROJETORES.

**OBSERVAÇÃO:-** O sistema fará interpolação nas tabelas dos valores que forem deixados em branco, até o último valor não nulo digitado. Os demais dados do projetor, lâmpada, reator e/ou ignitor, devem ser obtidos dos seus respectivos catálogos.

Atente para o cadastramento do Fator de depreciação: Imagine que uma lâmpada tenha uma depreciação igual a 20% para 6 meses. Na hora de rodar o programa informe 0.80. O fator de depreciação será indicado no relatório final.

Quanto ao fator de utilização, o programa fará automaticamente o seu cálculo, sendo também indicado no relatório final.

### **A.2.2 - Projetor / Luminária - Alterar**

Aqui tem-se a possibilidade de alterar qualquer das informações dos projetores (exceto REFERÊNCIA) já cadastradas. Em primeiro lugar digite a REFERÊNCIA do projetor que se deseja trabalhar ou clique na lista. Logo em seguida o sistema irá mostrar na tela o tipo deste projetor (SIMÉTRICO / ASSIMÉTRICO) para uma verificação. Então, será apresentado o restante dos dados para posterior alteração. Nos valores que estiverem corretos, tecele somente 'TAB', em caso contrário, digite a nova informação. No caso de não se saber quais projetores estão cadastrados, pode se pedir auxílio através da lista que possui barra de rolagem que mostrará quais projetores estão disponíveis.

Para as projetores SIMÉTRICOS será apresentado uma tela para alteração da tabela de intensidade luminosa idêntica à tela do cadastramento, bastando para alterá-la, agir de maneira igual ao explicado quando da alteração das informações iniciais, ou seja, clicando nos valores que estiverem incorretos e digitando as novas informações no lugar dos valores a serem alterados. Para as projetores ASSIMÉTRICOS será apresentada a mesma tela de cadastramento, sendo o procedimento semelhante ao citado para projetores SIMÉTRICOS.

Caso tudo esteja de acordo, clique 'OK'. Se a opção for 'Sair', os dados anteriores voltarão a aparecer na tabela.

### **A.2.3 - Projetor / Luminária - Consultar**

Os projetores já estão cadastrados, juntamente com as respectivas lâmpadas, reatores e/ou ignitores. Para se saber quais projetores estão cadastrados basta clicar na "lista", que aparecerá uma seqüência de telas mostrando todas as características do projetor inclusive a tabela de intensidade luminosa. Para o procedimento de cálculo basta que se indique com um clique na lista, o código do projetor para que o programa continue os cálculos.

### **A.2.4- Projetor / Luminária - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de projetores, aqueles que não são mais utilizados ou ainda os que foram cadastradas por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

### **A.2.5- Projetor / Luminária - Imprimir**

Para imprimir "projetor", basta selecionar a lista e clicar 'Imprimir'. Pode-se escolher a opção de se "mostrar na Tela", ou imprimir via impressora.

## APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

### A.3 - Opções do CLIENTE



Este bloco pode ser utilizado como uma Mala Direta, pois além de manter um cadastro de Clientes com opções de cadastrar, alterar, consultar, apagar, imprimir e copiar, dá a possibilidade de que sejam emitidas etiquetas por ordem de CÓDIGO e NOME .

#### A.3.1 - CLIENTE - Cadastrar

Opção utilizada para inclusão (cadastramento) de novos Clientes. Em primeiro lugar será pedido o CÓDIGO do Cliente. Então será verificado se este Cliente (CÓDIGO) já está cadastrado. Caso esteja, será pedido um novo CÓDIGO; senão será apresentada uma tela pedindo para ser informado os dados acima descritos. Tudo estando correto, clique 'OK', o que fará com que este Cliente seja incluído no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de Clientes.

**A.3.2 - CLIENTE - Alterar**

Aqui tem-se a possibilidade de alterar qualquer das informações dos Clientes (exceto CÓDIGO), já cadastrados. Em primeiro lugar clique no CÓDIGO do Cliente que se deseja trabalhar. Nos lugares em que as informações estiverem corretas, tecele somente ' TAB ', enquanto que nos lugares onde se necessitar a alteração, digite a nova informação.

**A.3.3 - CLIENTE - Consultar**

Clique no CÓDIGO do Cliente que se deseja consultar e será mostrado na tela os dados para a consulta.

**A.3.4 - CLIENTE - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de Clientes, aqueles que não são mais utilizados ou ainda os que foram cadastrados por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

**A.3.5 - CLIENTE - Imprimir**

Para imprimir o cliente ou clientes, basta selecionar a lista e clicar 'Imprimir'. Caso a opção escolhida seja a de se ordenar por nome ou código, basta escolher a opção ' Nome ' ou 'Código'. Caso se desejar imprimir etiquetas para mala direta ou em formulário contínuo ou normal na impressora selecione a opção 'Etiqueta' ou 'Formulário', e caso se desejar imprimir tudo, basta Clicar no botão 'Imprimir Geral '.

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

**A.3.6 - CLIENTE - Cópia**

Esta opção serve para que se tenha uma cópia de segurança, caso ocorra qualquer problema com a máquina. Basta copiar o arquivo guardado no disquete / CD dentro do diretório escolhido para o programa **SILUG - Esportivo**.

## APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo

### A.4 - Opções do PROJETISTA



#### A.4.1 - PROJETISTA - Cadastrar

Opção utilizada para inclusão (cadastramento) de novos Projetistas. Em primeiro lugar será pedido o CÓDIGO do Projetista. Então será verificado se este Projetista (CÓDIGO) já está cadastrado. Caso esteja, será pedido um novo CÓDIGO; senão será apresentada uma tela pedindo para ser informados os dados acima descritos. Tudo estando correto, clique 'OK', o que fará com que este Projetista seja incluído no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de Clientes.

#### A.4.2- PROJETISTA - Alterar

Aqui tem-se a possibilidade de alterar qualquer das informações dos Projetistas (exceto o CÓDIGO) já cadastrados. Em primeiro lugar clique no CÓDIGO do Projetista que se deseja trabalhar. Nos lugares em que as informações estiverem corretas, tecele somente 'TAB', enquanto que nos lugares onde se necessitar a alteração, digite a nova informação.

**A.4.3 - PROJETISTA - Consultar**

Clique no CÓDIGO do Projetista que se deseja consultar e será mostrado na tela os dados para a consulta.

**A.4.4- PROJETISTA - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de Projetistas, aqueles que não são mais utilizados ou ainda os que foram cadastrados por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

**A.4.5- PROJETISTA - Imprimir**

Para imprimir o Projetista ou Projetistas, basta selecionar a lista e clicar 'Imprimir'. Caso a opção escolhida seja a de se ordenar por nome ou código, basta escolher a opção 'Nome' ou 'Código' e caso se deseje imprimir tudo basta Clicar no botão ' Imprimir Geral '.

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

## APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo

### A.5 - Opções de PROJETOS FINAIS



#### A.5.1- PROJETOS FINAIS - Relatório Final

Todos os dados e resultados obtidos nos cálculos podem ser vistos aqui, como também podem ser impressos, lembrando que para a impressão será usada a impressora definida no gerenciador de impressão do Windows.

#### A.5.2- PROJETOS FINAIS - Manipular

Pode-se aqui apagar projetos que não possuem mais importância ou que estão somente ocupando espaço nos arquivos. Também tem-se a opção de se fazer uma cópia de segurança, onde através do clique no botão copiar pode-se, desde copiar o arquivo onde contém os dados dos projetos, como também visualizar os projetos já guardados anteriormente. Toda vez que é feita uma cópia de segurança e o arquivo já existir no disco final, o programa irá verificar se no arquivo de destino não possui um projeto com o mesmo nome do registro que está sendo copiado, caso tenha, o programa irá pedir que o projeto seja renomeado. Isto é feito tanto para cópia de segurança como para restauração de projetos.

**A.5.3 - PROJETOS FINAIS - Listar**

Esta opção é usada para se saber o código do projetista, nome do projetista, código do cliente e nome do cliente dos projetos já existentes.

**A.5.4 - PROJETOS FINAIS - Duplicar Projetos**

No caso de se refazer um projeto sem se alterar o original, pode-se duplicá-lo dando um novo código a ele, e assim refazê-lo para posterior comparação com o original e optar-se pela melhor escolha.

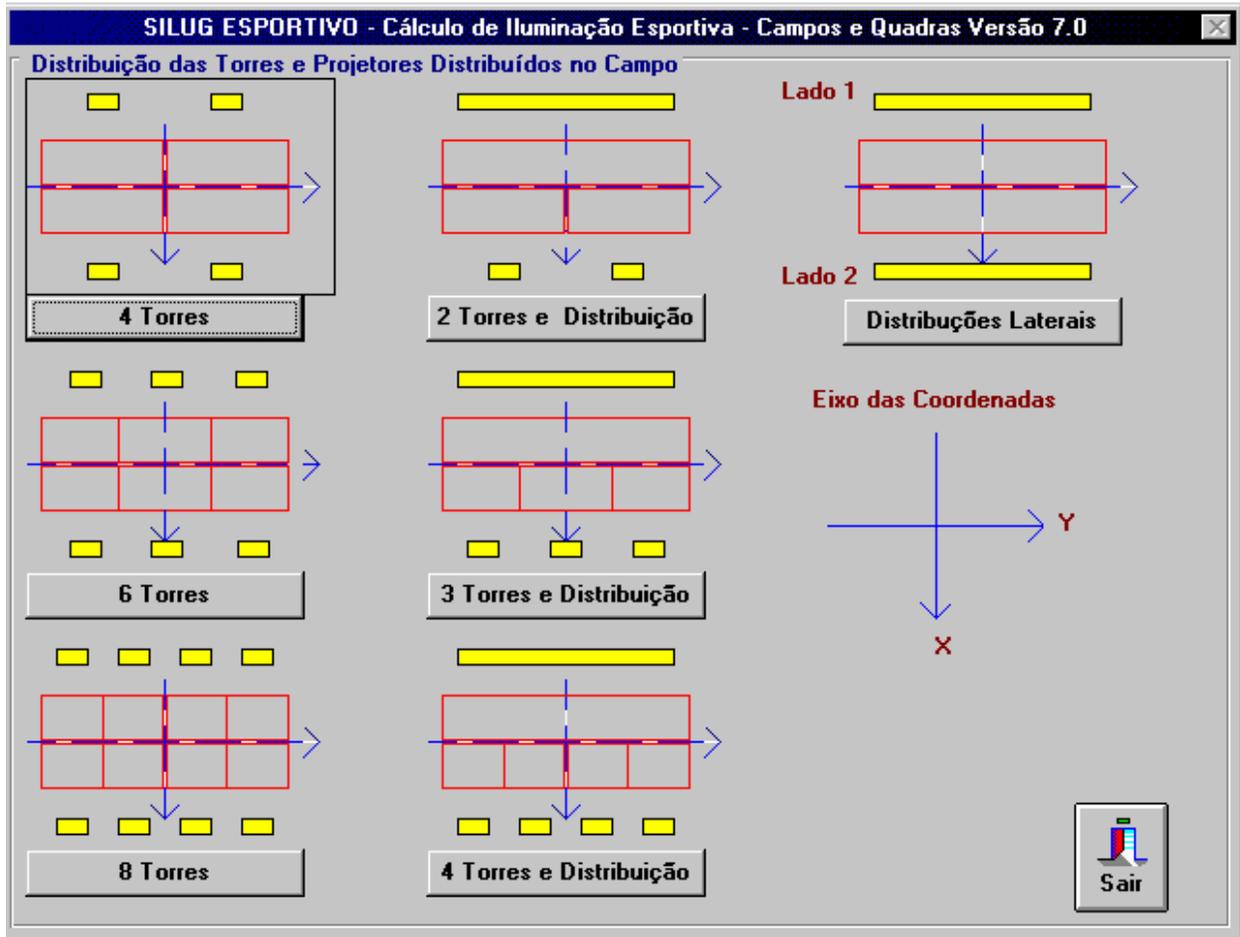
**A.6 - Cálculos de Iluminação Horizontal de Campos e Quadras Externas**

Para o início desta operação digite o Código (alfanumérico, que deve começar obrigatoriamente com uma letra sem espaço), deste projeto; o código (numérico) do Cliente para o qual este projeto será desenvolvido, e o código (numérico) do projetista responsável pelo projeto.

Se o nome do projeto já existir no cadastro da máquina, significa que será pedido um recálculo deste projeto. Caso isto ocorra, será dada oportunidade de se refazer este cálculo, sendo permitido alterar qualquer um dos dados apresentados na tela. No final do cálculo, se forem confirmados os dados apresentados; os novos dados serão gravados sobre os que foram apresentados no projeto inicial, caso contrário, o último cálculo será ignorado.

Logo que a tela a seguir for apresentada, proceda da seguinte maneira para se obter os cálculos luminotécnicos:

APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo



O primeiro passo é a escolha da distribuição dos projetores no campo, podendo-se ter de 4 a 8 torres localizadas em torno do campo, torres essas contendo toda a estrutura de fixação dos projetores.

No caso em que houver uma marquise ou estrutura em um dos lados do campo tem-se as opções de 2 a 4 torres de um lado do campo e projetores distribuídos do outro lado, e no caso de ter 2 marquises ou estruturas, possui a opção “**Distribuições Laterais**”, no qual entende-se que os projetores estão distribuídos em duas estruturas localizadas nas laterais do campo.

- Para o cálculo de “**4 Torres**” e “**2 Torres e Distribuição**” todas as torres terão o mesmo afastamento em relação a lateral do campo, exceto para os outros casos contendo torres.

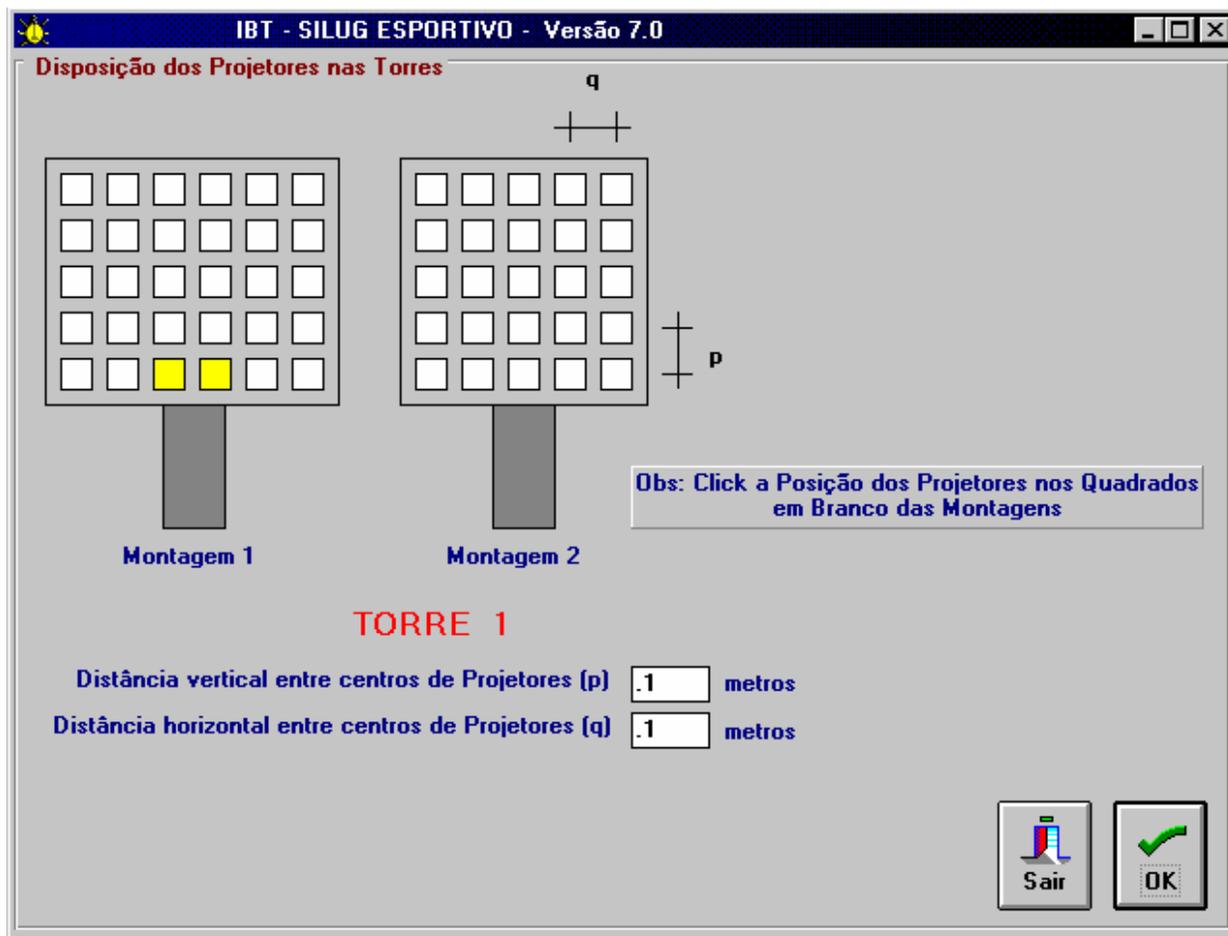
- A largura do campo, dividido pela dimensão da malha na direção do **eixo “x”**, deve ser sempre menor que 7. O comprimento do campo, dividido pela dimensão da malha na direção do **eixo “y”**, deve ser sempre menor que 25, caso contrário não caberá no papel (A4).

No caso de se optar somente por torres, o programa adotará automaticamente uma distribuição focal e a altura mínima de montagem, que poderão ser alteradas pelo projetista. As alterações

### APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo

feitas em uma torre proporcionarão alterações automáticas nas torres simétricas a ela, em relação ao centro do campo.

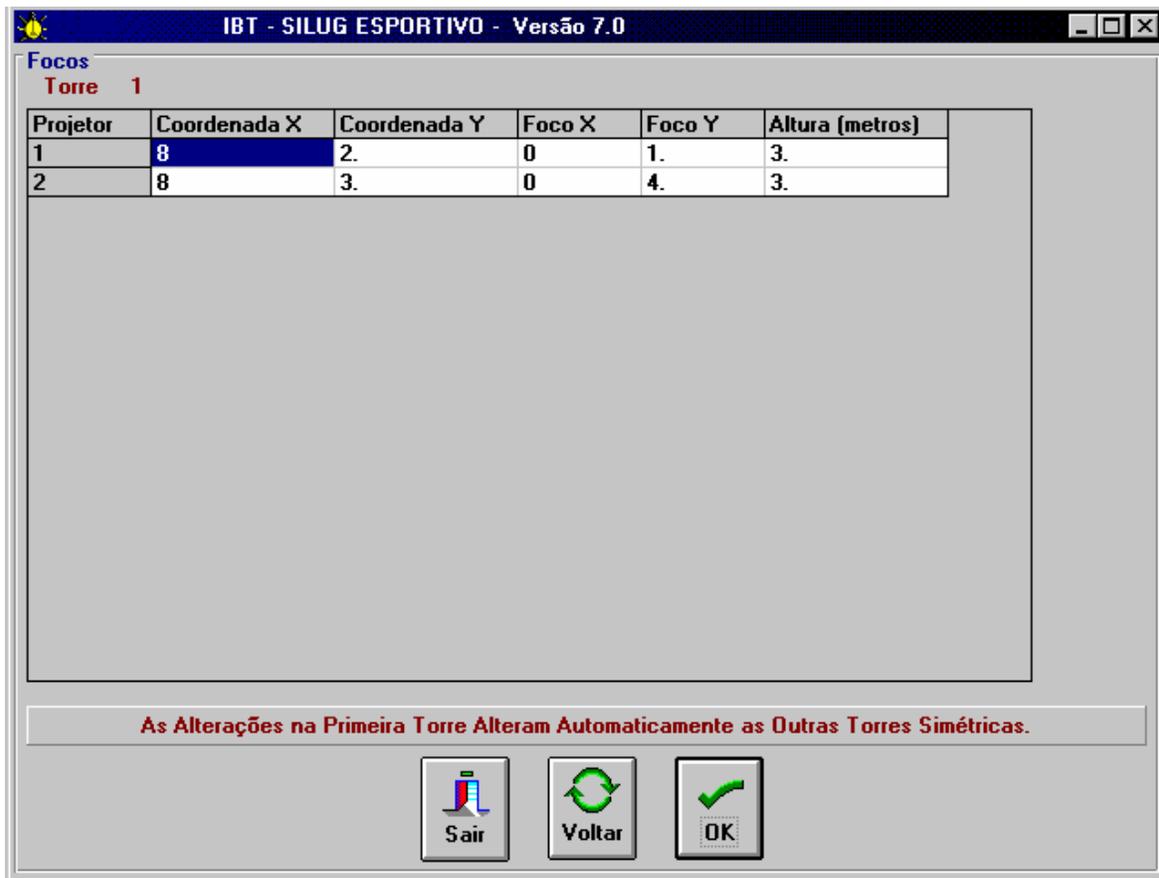
OBS: A altura mínima se refere ao projetor mais baixo. Aos demais deve-se acrescentar a distância desejada, entre elas, na vertical.



Para a escolha dos projetores será perguntado se todos os projetores são iguais, em caso positivo dê um clique no tipo de projetor que o programa completará automaticamente todos os projetores da montagem.

Se a escolha é por projetores diferentes clique no tipo de projetor, posteriormente no tipo (“Tipo 1”, “Tipo 2” ou “Tipo 3”), e no projetor que está disponível na montagem escolhida.

Se o posicionamento dos projetores for “**distribuído**” em estruturas ou marquise lateral, será pedido um a um o tipo de projetor, assim como suas coordenadas e altura de montagem.

*APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo*

APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo

**IBT - SILUG ESPORTIVO - Versão 7.0**

**Escolha do Projetor**

Tipo 1  
TP-258-250HG-E

Tipo 2  
TPE-307-250HG-E

Tipo 3  
TPE-307-250MS-E

**Torre 1**

Montagem 1      Montagem 2

**Tipo de Projetores**

TP-258-215SO-E UNALUX  
TP-258-250HG-E  
TPE-307-250HG-E  
**TPE-307-250MS-E**  
TPE-307-250SO-E  
TPE-307-250SO-T  
TPE-307-400HG-E  
TPE-307-400MV-E

**Projektor**

Referência TPE-307-250MS-E

Fabricante TROPICO

Lâmpada

Tipo MISTA - ELIPSOIDAL

Fabricante

Fluxo Total (FL) 5600 Lumens

Reator

Tipo

Ignitor

Tipo

Simétrico

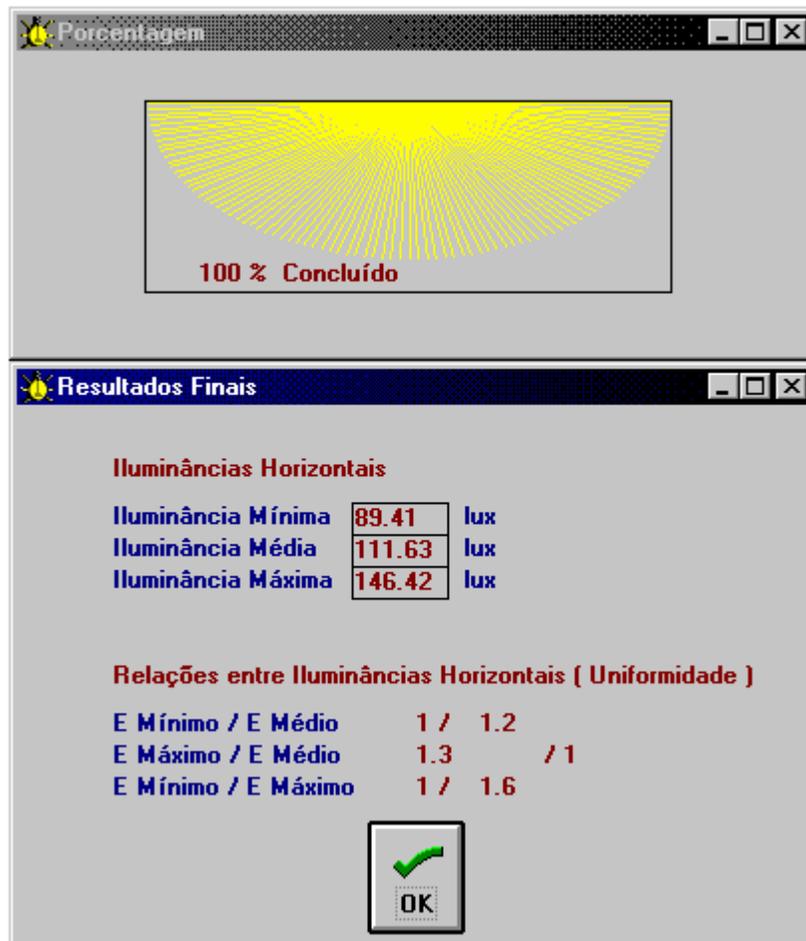
Sair Voltar OK

Como último passo, deve-se informar a depreciação (da lâmpada e projetor), que será adotada para um período de 6 meses. Por exemplo: Caso seja adotado 20% como depreciação do fluxo luminoso emitido pelo projetor, informa-se ao programa o valor 0,8.

Quanto ao fator de utilização, o programa realizará, automaticamente, o seu cálculo. Ambos serão indicados no relatório final. Os resultados obtidos serão automaticamente multiplicados pelo Fator de depreciação, que corresponderá, no exemplo citado, a 80% da situação da instalação nova. Caso se queira o valor das iluminâncias no momento da inauguração da instalação, bastará que se processe o cálculo informando como fator de depreciação o valor " Um " ou < ENTER >.

No final do cálculo, após teclar “OK” para continuar, será apresentada a seguinte tela.

APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo



Esta tela serve para se verificar os níveis de **iluminâncias Mínima, Média, Máxima** e o **Número de Pontos Calculados para os  $E_h$** , além de ser apresentado também as relações entre estes níveis, o que permite que se avalie a uniformidade.

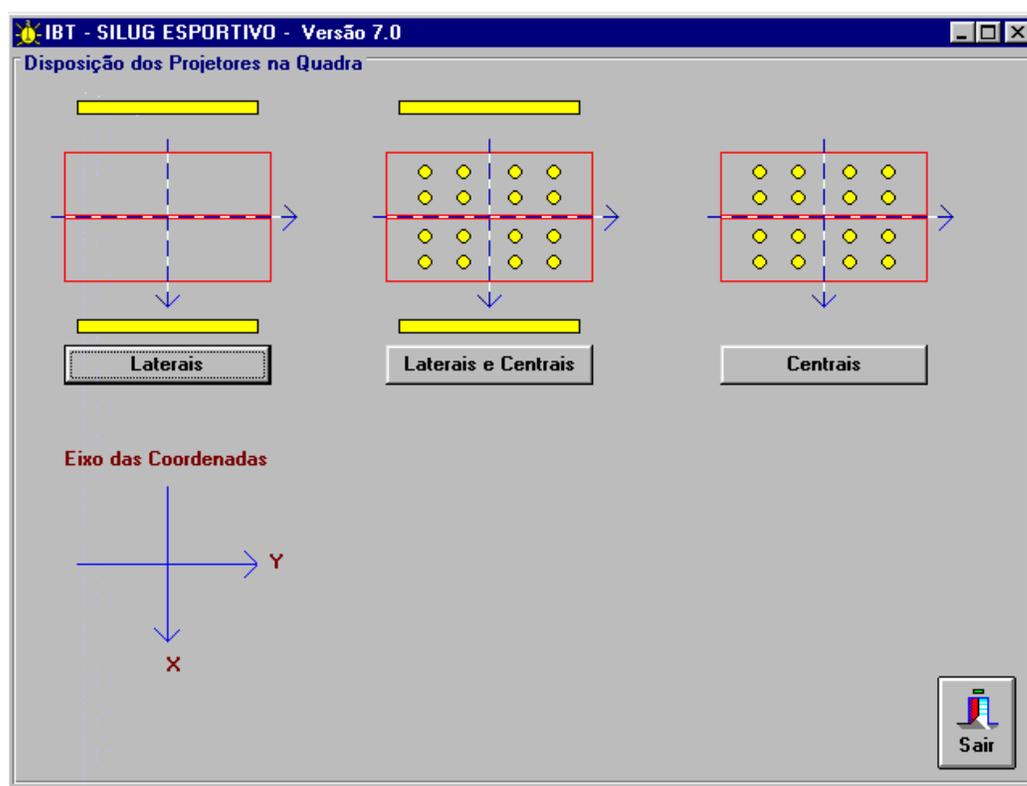
Clique “OK” para confirmar o FIM do cálculo luminotécnico. Isto fará com que o sistema grave os dados de entrada e os valores calculados em seus arquivos para posterior impressão do relatório final.

Após o cálculo da Iluminância Horizontal será dada a opção do cálculo vertical, que é igual para áreas externas quanto internas.

### A.7- Cálculos de Iluminação Horizontal de Quadras Internas

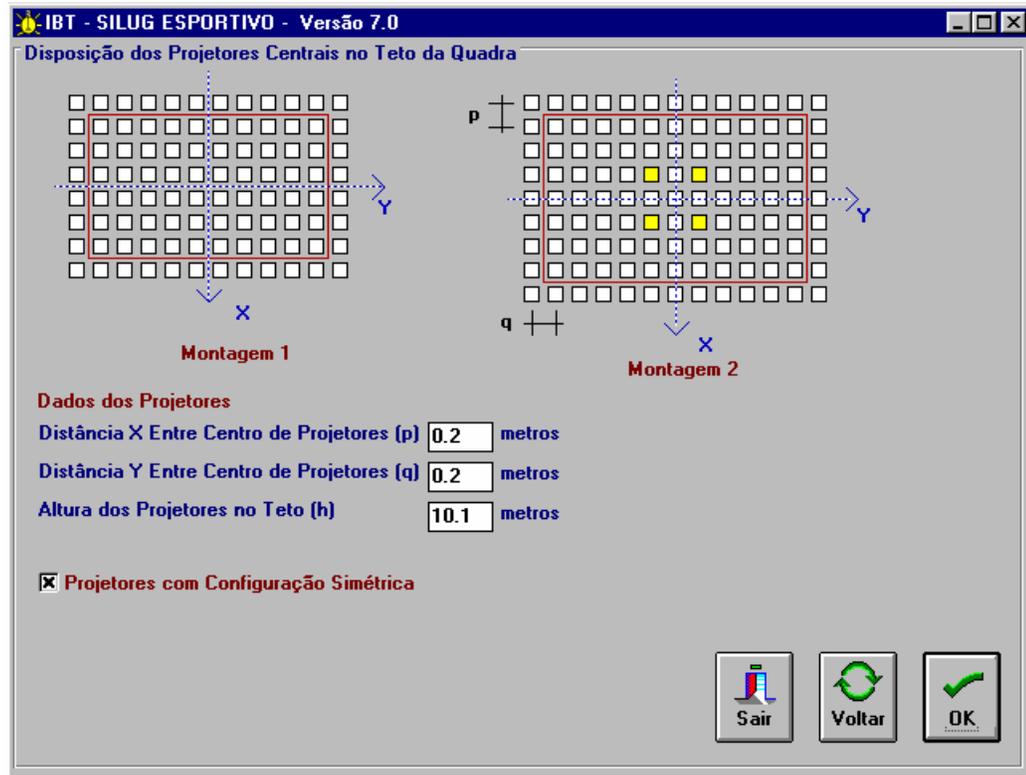
Para o início desta operação digite o Código (alfanumérico, que deve começar obrigatoriamente com uma letra sem espaço), que posteriormente será dado a este projeto; o código (numérico) do Cliente para o qual este projeto será desenvolvido e o código (numérico) do projetista responsável pelo projeto.

Se o nome do projeto já existir no cadastro da máquina, significa que será pedido um recálculo deste projeto. Caso isto ocorra, será dada oportunidade de se refazer este cálculo, conseqüentemente, podendo ser alterado qualquer um dos dados apresentados na tela. No final do cálculo, se forem confirmados os dados apresentados; os novos dados serão gravados sobre os que foram adotados no cálculo original, caso contrário, o último cálculo será ignorado.



## APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo

Logo que a tela a seguir for apresentada, proceda da seguinte maneira para obter os cálculos luminotécnicos:



- O primeiro passo é a escolha da distribuição dos projetores / luminárias na quadra, podendo-se localizá-los em uma estrutura, no teto ou em marquises / Estruturas.

- No caso de fixação em marquises / Estruturas, tem-se a opção “**Laterais**”. Com projetores / luminárias distribuídos no teto tem-se a opção “**Laterais e Centrais**” e quando tem-se somente no teto tem-se a opção “**Centrais**”.

- Quando a opção envolver projetores laterais, todos os dados serão relacionados da mesma maneira como o realizado nos cálculos para áreas externas.

- Toda vez que for escolhido “**cálculos com luminárias ou projetores no teto**” deverá se optar pela “**montagem 1**” (não possui projetor ou luminária no centro da quadra), ou pela “**montagem 2**”, que possui. A distância “**q**” refere-se a distância na direção de **eixo y**, entre os centros dos projetores / luminárias, e “**p**” a distância na direção do **eixo x**, dos mesmos projetores ou luminárias.

- Para que o programa interprete a quantidade de projetores e disposição deles na torre basta clicar nos quadrados representativos que ele se tornará amarelo para projetor / luminária presente e branco para ausente.

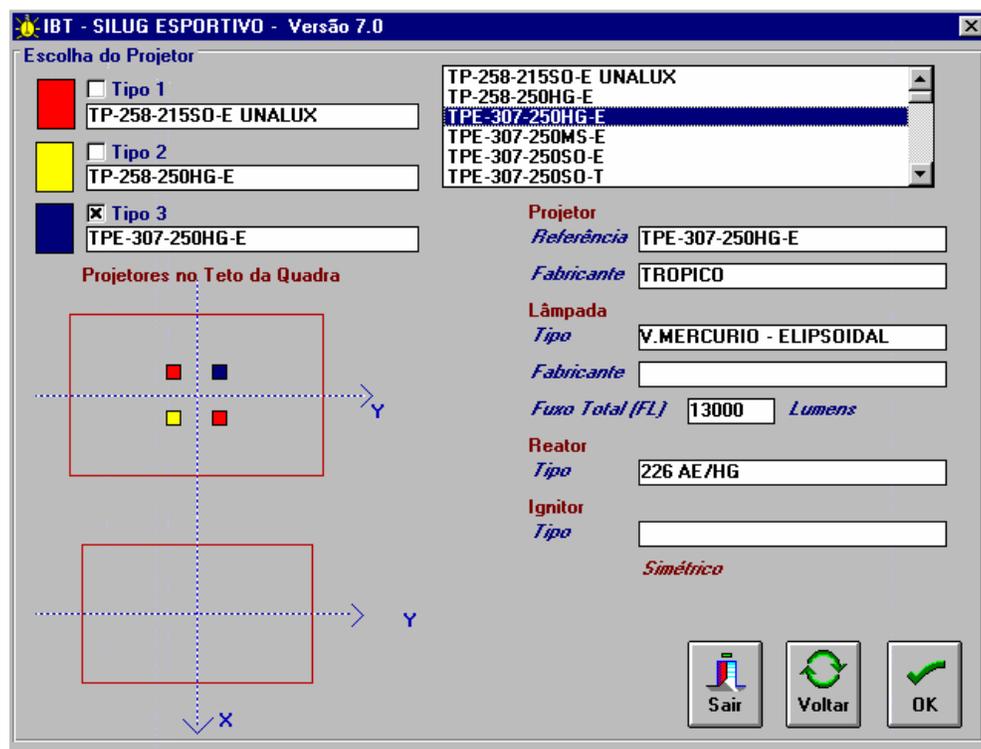
### APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo

- Pode-se escolher uma montagem de projetores / luminárias com a mesma altura ou diferente e, neste caso, o programa solicitará a altura para cada um. Se for escolhido a opção “**Configuração Simétrica**”, deve-se apenas clicar nos projetores do quadrante positivo que os outros automaticamente serão posicionados, caso contrário, será aceito que se clique nos projetores dos outros quadrantes fazendo-se qualquer configuração diferente ou igual à simétrica.

**OBS:** A largura do campo dividido malha na direção “x”, deve ser sempre maior que 7 e o comprimento do campo dividido pela malha na direção “y”, deve ser sempre maior que 25.

Como todos os dados já foram definidos anteriormente, somente o ângulo será um dado alterável. Caso a opção foi para “**projetores / luminárias dispostos de forma assimétrica**”, a altura também pode ser modificada.

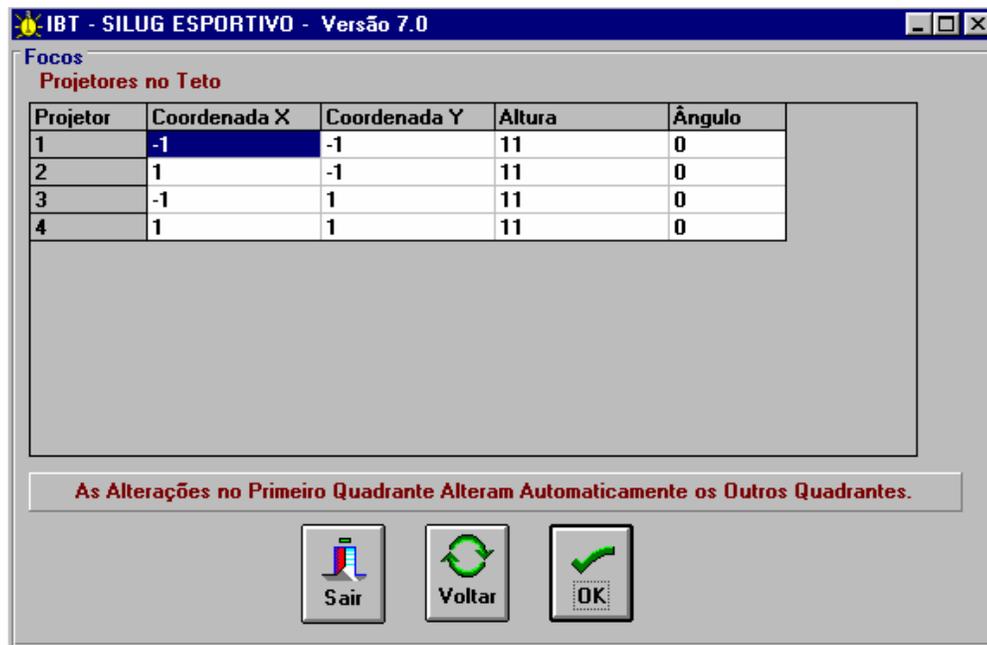
Para a escolha dos projetores / luminárias, será perguntado se todos são iguais. Caso sejam, somente dê um Clique no tipo de projetor / luminária, que o programa completará automaticamente todos os projetores da montagem.



Se a escolha for por projetores diferentes Clique no tipo, posteriormente no tipo (“Tipo 1”, “Tipo 2” ou “Tipo 3”), e no projetor / luminária, que está disponível na montagem escolhida. Se a disposição for distribuída, será pedido, um a um, o tipo de projetor, suas coordenadas e altura de montagem.

### APÊNDICE A – Manual SILUG esportivo

No final do cálculo, após teclar “OK” para continuar, será apresentada a tela de áreas externas. Esta tela serve para ser verificado os níveis de iluminância Mínima, Média, Máxima e o NÚMERO DE PONTOS CALCULADOS para os “ $E_h$ ”, além de ser apresentado também as relações entre estes níveis, o que permite que se avalie a uniformidade. Clique “OK” para confirmar o FIM do cálculo luminotécnico. Isto fará com que o sistema grave os dados de entrada e os valores calculados em seus arquivos para posterior impressão do relatório final.

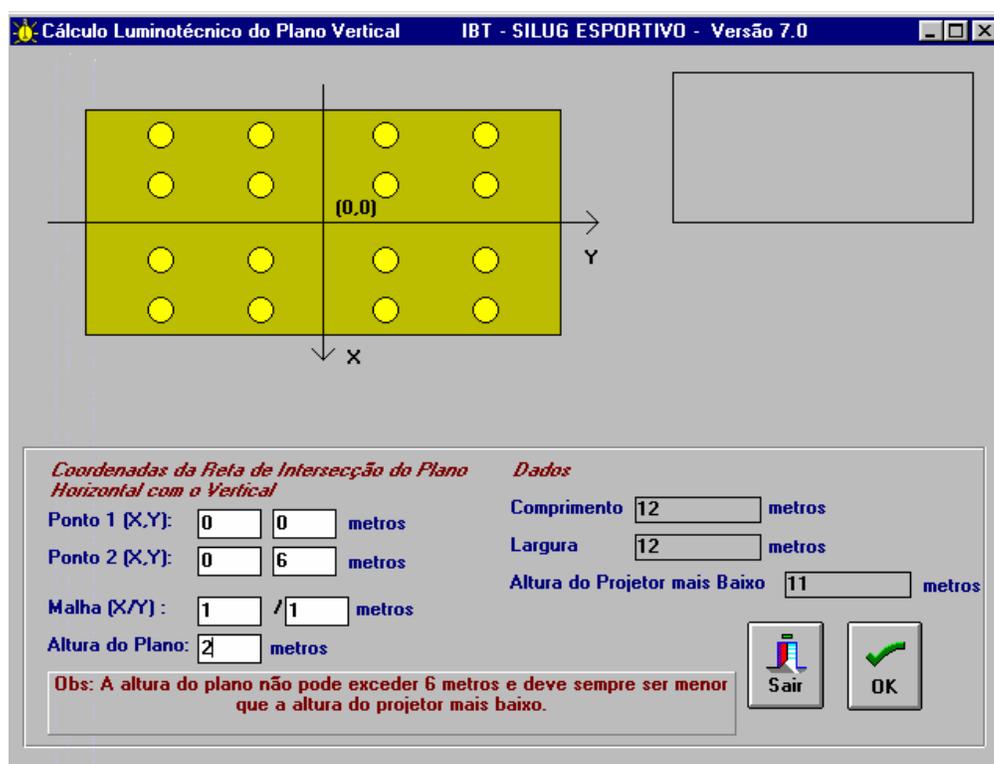


Após o cálculo da Iluminância Horizontal será dado a escolha do cálculo da Iluminância Vertical, que é igual para áreas externas quanto internas.

### A.8- Cálculos de Iluminação Vertical de Campos e Quadras Internas e Externas

O cálculo de iluminação vertical é somente oferecido depois do cálculo de iluminação horizontal, sendo que ele utiliza todos os dados de iluminação horizontal para o cálculo.

O “Ponto 1 (X,Y)” e “Ponto 2 (X,Y)” refere-se aos pontos inicial e final do plano vertical. O plano aparece em vermelho após o início do cálculo, lembrando para que não se esqueça de clicar o lado do plano onde deverá se encontrar o observador. O programa somente considerará os projetores / luminárias que estiverem desse lado, uma vez que os demais nada contribuirão com os resultados.

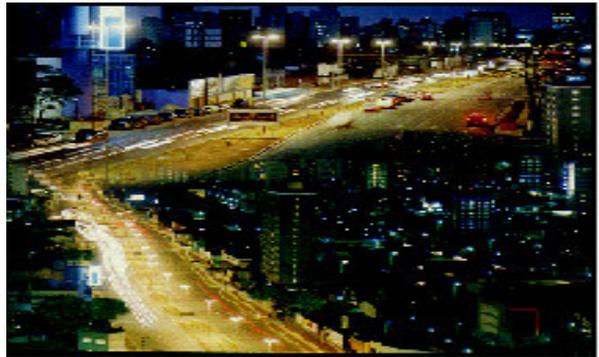


Para o cálculo de quadras o campo aparecerá com a cor marrom. Após o cálculo o programa irá arquivar automaticamente os dados, podendo ser utilizados para recálculo.

# MANUAL SILUG - PÚBLICO

## Sistema de Iluminação PÚBLICA

Maio / 2005



**O SILUG - PÚBLICO foi desenvolvido no IBT, por Wanderley Mauro Dib e possui os seus direitos devidamente registrados, conforme legislação em vigor. Portanto, reprodução ou cópia, por qualquer meio, somente será possível com a autorização exclusiva do autor.**

**IBT - Instituto Barretos de Tecnologia**

Av. Treze, n° 60 Cep: 14780-270 Barretos - SP Fone/Fax: (017) 3325-1549

Email: [wanderleydib@ibt.org.br](mailto:wanderleydib@ibt.org.br)

Site: [www.ibt.org.br](http://www.ibt.org.br)

## **Apresentação**

O programa desenvolvido tem como base as informações disponíveis em catálogos de fabricantes dos equipamentos necessários para se proceder ao cálculo luminotécnico.

Todas as informações necessárias para se operar o programa estão descritas neste manual, desde a configuração mínima do sistema até as explicações de cada tela e listagens emitidas.

O objetivo do projetista é obter a iluminância desejada, com uma boa uniformidade. Como as possibilidades de combinações de LUMINÁRIAS, lâmpadas, altura de montagem e afastamento, são infinitas, o projetista deverá escolher as opções de quantidade, tipo de luminária e lâmpadas, alturas de montagem e afastamentos.

O software permite realizar os cálculos para qualquer configuração de área públicas como Pátios e Praças onde os projetores e/ou luminárias podem assumir qualquer posição.

Permite também, a realização de cálculo de iluminação de Ruas e Avenidas. Em todos os casos pode-se calcular as iluminâncias nos planos horizontal e vertical. As luminárias e/ou projetores são posicionados através da digitação de suas coordenadas e ângulos de posição.

Permite recálculos, cópias em disquetes e imprime relatórios, dispensando-se desenhos e digitação. Permite que se cadastre luminárias, projetores e acessórios de qualquer fabricante, desde que se tenha o levantamento fotométrico do conjunto, realizado em laboratório adequado. Emite lista de luminárias e projetores cadastrados, de projetos, de projetistas e de clientes, inclusive para a mala-direta.

O cadastramento dos dados e os procedimentos dos cálculos seguem uma seqüência lógica, facilitando ao usuário o acompanhamento de todo o processamento.

Por questão de segurança criou-se a necessidade do usuário, ao iniciar o uso do SILUG\_P, digitar uma SENHA. Com esta, somente ele, que passará a ser o projetista MESTRE, terá acesso ao programa.

Para se cadastrar outro projetista, será necessário que o projetista MESTRE libere o acesso. Assim, quando da execução do cálculo, o programa pedirá a SENHA para prosseguir, evitando que um projetista altere ou faça algum projeto utilizando o nome de outro projetista. Cabe ao projetista MESTRE, ou seja, o primeiro que foi cadastrado, a responsabilidade sobre o cadastramento ou exclusão de qualquer projetista.

Com esse programa, os projetistas se sentirão em condições de refazer os cálculos quantas vezes achar necessário, onde podem aumentar altura, mudar PROJETORES e LUMINÁRIAS, alterar quantidades, ângulos de posição e terem respostas rápidas e precisas.

*APÊNDICE B – Manual SILUG público*

Assim o projetista não necessitará recorrer ao fabricante de LUMINÁRIAS para proceder aos seus cálculos. Basta que tenha os levantamentos fotométricos do conjunto, no arquivo do programa.

Outros detalhes poderiam ser incluídos neste programa, entretanto, como são diversas as alternativas e formas de apresentação dos resultados, optou-se pelo lançamento desta versão, a qual certamente apresentará novidades num futuro bem próximo uma vez que a evolução dos recursos de informática deverão oferecer condições para seu enriquecimento.

Wanderley Mauro Dib.  
Maio / 2005

## ÍNDICE

Item	Descrição	Página
B.1 -	Introdução.....	161
B.2 -	Opções do Projetor.....	162
B.2.1 -	Projetor / Luminária - Cadastrar .....	162
B.2.2 -	Projetor / Luminária - Alterar.....	164
B.2.3 -	Projetor / Luminária - Consultar.....	165
B.2.4 -	Projetor / Luminária - Apagar.....	165
B.2.5 -	Projetor / Luminária - Imprimir.....	165
B.3 -	Opções do Cliente.....	166
B.3.1 -	Cliente - Cadastrar.....	166
B.3.2 -	Cliente - Alterar.....	167
B.3.3 -	Cliente - Consultar.....	167
B.3.4 -	Cliente - Apagar.....	167
B.3.5 -	Cliente - Imprimir.....	167
B.3.6 -	Cliente - Cópia.....	167
B.4 -	Opções do Projetista.....	168
B.4.1 -	Projetista - Cadastrar.....	168
B.4.2 -	Projetista - Alterar.....	168
B.4.3 -	Projetista - Consultar.....	169
B.4.4 -	Projetista - Apagar.....	169
B.4.5 -	Projetista - Imprimir.....	169
B.5 -	Opções dos Projetos Finais .....	170
B.5.1 -	Projetos Finais - Relatório Final.....	170
B.5.2 -	Projetos Finais - Manipular.....	170
B.5.3 -	Projetos Finais - Listar.....	171
B.5.4 -	Projetos Finais - Duplicar.....	171
B.6 -	Cálculos de Iluminação Horizontal de Avenidas e Ruas.....	171
B.7 -	Cálculos de Iluminação Horizontal de Praças e Pátios .....	178
B.8 -	Cálculos de Iluminação Vertical .....	183

## **SISTEMA DE CÁLCULO ILUMINAÇÃO DE** **ÁREAS PÚBLICAS - SILUG PÚBLICO**



### **B.1- Introdução**

Este sistema tem por objetivo calcular pelo método ponto a ponto a iluminação de áreas internas, emitindo no final um relatório com todas as informações de entrada e todos os resultados calculados durante o processo. Mantém também um controle dos CLIENTES, bem como um cadastro de todas as LUMINÁRIAS que se desejar (conforme REFERÊNCIA de cada uma delas) com sua tabela de intensidade luminosa em cada direção.

Para se ter acesso ao sistema, o projetista deverá digitar sua SENHA já previamente cadastrada (ver Item - Cadastramento de Projetista).

**B.2- Opções do PROJOTOR / LUMINÁRIA****B.2.1 - Projotor / Luminária - Cadastrar-**

Esta opção é utilizada para realizar o cadastramento de novas LUMINÁRIAS PÚBLICAS nos arquivos do equipamento em uso, o que implicará no uso para os cálculos de iluminação somente destas LUMINÁRIAS cadastradas, com suas respectivas tabelas de intensidade luminosa em cada direção.

Em primeiro lugar será pedida a REFERÊNCIA (código de identificação) do projotor. Será verificado se este projotor já esta cadastrado. Caso esteja, será dada uma mensagem de aviso para que se escolha outra REFERÊNCIA. Após isto, será apresentada uma tela para o cadastramento da tabela de intensidade luminosa em Candelas / 1000 Lumens, referente ao projotor em questão, o qual poderá ser SIMÉTRICO ou ASSIMÉTRICO, que implica em um tipo distinto de tabela para cada um deles. Para uma luminária SIMÉTRICA será apresentada a seguinte tabela em função do ângulo: (Valores obtidos do levantamento fotométrico feito no Goniôfotômetro Inteligente).

*APÊNDICE B – Manual SILUG público***Intensidade Luminosa em Candelas obtidas no Goniôfotômetro  
Inteligente para luminárias simétricas**

Ângulo	0	5	10	15	20	.....	175	180
I (candelas)								

Para uma luminária ASSIMÉTRICA será apresentada a seguinte tabela em função dos ângulos horizontais e verticais: (Valores obtidos dos levantamentos fotométricos feitos no Goniôfotômetro Inteligente).

**Intensidade Luminosa em Candelas obtidas no Goniôfotômetro  
Inteligente para luminárias assimétricas**

Ângulo Horizontal \ Ângulo Vertical	0	5	10	15	20	.....	175	180
0								
5								
10								
15								
20								
25								
:								
:								
:								
90								

Tudo estando correto, responda ' S ' à pergunta, o que fará com que esta luminária seja incluída no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de LUMINÁRIAS.

**OBSERVAÇÃO:-** O sistema fará interpolação nas tabelas dos valores que forem deixados em branco, até o último valor não nulo digitado. Os demais dados da luminária, lâmpada, reator e/ou ignitor, devem ser obtidos dos seus respectivos catálogos.

O programa possui uma opção de cadastramento de projetores, uma vez ser possível o seu uso nos casos de pátios e praças. Esta opção é utilizada para realizar o cadastramento de novos PROJETORES nos arquivos do equipamento em uso, o que implicará no uso para os cálculos de iluminação somente destes PROJETORES cadastrados, com suas respectivas tabelas de intensidade luminosa em cada direção.

## **APÊNDICE B – Manual SILUG público**

Em primeiro lugar será pedido a REFERÊNCIA (código de identificação) do projetor. Será verificado se este projetor já está cadastrado. Caso esteja, será dada uma mensagem de aviso para que se escolha outra REFERÊNCIA. Após isto, será apresentada uma tela para o cadastramento da tabela de intensidade luminosa em Candelas / 1000 Lumens, referente ao projetor em questão, o qual poderá ser SIMÉTRICO ou ASSIMÉTRICO, que implica em um tipo distinto de tabela para cada um deles, como foi solicitado para as luminárias.

Tudo estando correto, responda ' S ' à pergunta, o que fará com que este projetor seja incluído no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de PROJETORES.

Atente para o cadastramento do Fator de depreciação: Imagine que uma lâmpada tenha uma depreciação igual a 20% para 6 meses. Na hora de rodar o programa informe 0.80. O fator de depreciação será indicado no relatório final.

Quanto ao fator de utilização, o programa fará automaticamente o seu cálculo, sendo também indicado no relatório final.

### **B.2.2 - Projetor / Luminária - Alterar**

Aqui tem-se a possibilidade de alterar quaisquer informações dos projetores (exceto REFERÊNCIA) já cadastradas. Em primeiro lugar digite a REFERÊNCIA do projetor que se deseja trabalhar ou clique na lista. Logo em seguida o sistema irá mostrar na tela o tipo deste projetor (SIMÉTRICO / ASSIMÉTRICO) para uma verificação. Então, será apresentado o restante dos dados para posterior alteração. Nos valores que estiverem corretos, tecele somente ' TAB ' , em caso contrário, digite a nova informação.

No caso de não se saber quais projetores estão cadastrados, pode se pedir auxílio através da lista que possui barra de rolagem que mostrará quais projetores estão disponíveis.

Para os projetores SIMÉTRICOS será apresentada uma tela para alteração da tabela de intensidade luminosa idêntica a tela do cadastramento, bastando para alterá-la, agir de maneira igual ao explicado quando da alteração das informações iniciais, ou seja, clicando nos valores que estiverem incorretos e digitando as novas informações no lugar dos valores a serem alterados.

Para as projetores ASSIMÉTRICOS será apresentada a mesma tela de cadastramento, sendo o procedimento semelhante ao citado para projetores SIMÉTRICOS.

Caso tudo esteja de acordo, clique 'OK'. Se a opção for 'Sair', os dados anteriores voltarão a aparecer na tabela.

## *APÊNDICE B – Manual SILUG público*

### **B.2.3 - Projetor / Luminária - Consultar**

As luminárias já estão cadastradas juntamente com as respectivas lâmpadas, reatores e/ou ignitores. Para se saber quais projetores ou luminárias estão cadastrados basta clicar na "lista" que aparecerá uma seqüência de telas mostrando todas as características do projetor inclusive a tabela de intensidade luminosa. Para o procedimento de cálculo basta que se indique com um clique na lista o código do projetor para que o programa continue os cálculos.

### **B.2.4 - Projetor / Luminária - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de luminárias, aquelas que não são mais utilizadas ou ainda os que foram cadastradas por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

### **B.2.5 - Projetor / Luminária - Imprimir-**

Para imprimir “luminária”, basta selecionar a lista e clicar ‘Imprimir’. Pode-se escolher a opção de se “Visualização na Tela”, ou imprimir via impressora.

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

**B.3- Opções do CLIENTE**

Este bloco pode ser utilizado como uma Mala Direta, pois além de manter um cadastro de Clientes com opções de cadastrar, alterar, consultar, apagar, imprimir e copiar, dá a possibilidade de que sejam emitidas etiquetas por ordem de CÓDIGO e NOME .

**B.3.1 - CLIENTE - Cadastrar**

Opção utilizada para inclusão (cadastramento ) de novos Clientes. Em primeiro lugar será pedido o CÓDIGO do Cliente. Será verificado se este Cliente (CÓDIGO) já está cadastrado. Caso esteja, será pedido um novo CÓDIGO; senão será apresentada uma tela pedindo para ser informados os dados acima descritos. Tudo estando correto, clique 'OK', o que fará com que este Cliente seja incluído no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de Clientes.

## *APÊNDICE B – Manual SILUG público*

### **B.3.2 - CLIENTE - Alterar**

Aqui tem-se a possibilidade de alterar qualquer das informações dos Clientes (exceto CÓDIGO), já cadastrados. Em primeiro lugar clique no CÓDIGO do Cliente que se deseja trabalhar. Nos lugares em que as informações estiverem corretas, tecele somente ' TAB ', enquanto que nos lugares onde se necessitar a alteração, digite a nova informação.

### **B.3.3 - CLIENTE - Consultar**

Clique no CÓDIGO do Cliente que se deseja consultar e serão mostrados na tela os dados para a consulta.

### **B.3.4 - CLIENTE - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de Clientes, aqueles que não são mais utilizados ou ainda os que foram cadastrados por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

### **B.3.5 - CLIENTE - Imprimir**

Para imprimir os dados dos clientes, basta selecionar a lista e clicar 'Imprimir'. Caso a opção escolhida seja a de se ordenar por nome ou código, basta escolher a opção 'Nome' ou 'Código'. Caso se desejar imprimir etiquetas para mala direta ou em formulário contínuo ou normal na impressora selecione a opção 'Etiqueta' ou 'Formulário', e caso se deseje imprimir tudo, basta clicar no botão 'Imprimir Geral'.

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

### **B.3.6 - CLIENTE - Cópia**

Esta opção serve para que se tenha uma cópia de segurança, caso ocorra qualquer problema com a máquina. Basta copiar o arquivo guardado no disquete dentro do diretório escolhido para o programa **SILUG - Público**.

## B.4- Opções do PROJETISTA



### B.4.1 - PROJETISTA - Cadastrar

Opção utilizada para inclusão (cadastramento) de novos Projetistas. Em primeiro lugar será pedido o CÓDIGO do Projetista. Será verificado se este Projetista (CÓDIGO) já está cadastrado. Caso esteja, será pedido um novo CÓDIGO; senão será apresentada uma tela pedindo para ser informados os dados acima descritos. Tudo estando correto, clique 'OK', o que fará com que este Projetista seja incluído no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de Clientes.

### B.4.2 - PROJETISTA - Alterar

Aqui tem-se a possibilidade de alterar qualquer das informações dos Projetistas (exceto CÓDIGO) já cadastrados. Em primeiro lugar clique no CÓDIGO do Projetista que se deseja trabalhar. Nos lugares em que as informações estiverem corretas, tecele somente 'TAB', enquanto que nos lugares onde se necessitar a alteração, digite a nova informação.

*APÊNDICE B – Manual SILUG público***B.4.3 - PROJETISTA - Consultar**

Clique no CÓDIGO do Projetista que se deseja consultar e será mostrado na tela os dados para a consulta.

**B.4.4 - PROJETISTA - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de Projetistas, aqueles que não são mais utilizados ou ainda os que foram cadastrados por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

**B.4.5 - PROJETISTA - Imprimir**

Para imprimir os dados dos Projetistas, basta selecionar a lista e clicar 'Imprimir'. Caso a opção escolhida seja a de se ordenar por nome ou código, basta escolher a opção 'Nome' ou 'Código' e caso se deseje imprimir tudo basta Clicar no botão 'Imprimir Geral'.

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

**B.5- Opções dos PROJETOS FINAIS****B.5.1 - PROJETOS FINAIS - Relatório Final -**

Todos os dados e resultados obtidos nos cálculos podem ser vistos aqui, como também podem ser impressos, lembrando que para a impressão será usada a impressora definida no gerenciador de impressão do Windows.

**B.5.2- PROJETOS FINAIS - Manipular**

Pode-se aqui apagar projetos que não possuem mais importância ou que estão somente ocupando espaço nos arquivos. Também tem-se a opção de se fazer uma cópia de segurança, onde através do clique no botão copiar pode-se desde copiar o arquivo, onde contém os dados dos projetos, como também visualizar os projetos já guardados anteriormente. Toda vez que é feito uma cópia de segurança e o arquivo já existir no disco final, o programa irá verificar se no arquivo de destino não existe um projeto com o mesmo nome do registro que está sendo copiado. Caso tenha, o programa irá pedir para renomear o projeto. Isto é feito tanto para cópia de segurança como para restauração de projetos.

## *APÊNDICE B – Manual SILUG público*

### **B.5.3 - PROJETOS FINAIS – Listar**

Esta opção é usada para se saber o código do projetista, nome do projetista, código do cliente e nome do cliente dos projetos já existentes.

### **B.5.4 - PROJETOS FINAIS - Duplicar Projetos**

No caso de se refazer um projeto sem se alterar o original, pode-se duplicá-lo dando um novo código a ele, e assim refazê-lo para posterior comparação com o original e optar-se pela melhor escolha.

### **B.6- Cálculos de Iluminação Horizontal de Avenidas e Ruas**

Para o início desta operação digite o Código (alfanumérico, que deve começar obrigatoriamente com uma letra sem espaço), deste projeto; o código (numérico) do Cliente para o qual este projeto será desenvolvido e o código (numérico) do projetista responsável pelo projeto.

Agora, se o nome do projeto já existir no cadastro da máquina, significa que será pedido um recálculo deste projeto. Caso isto ocorra, será dada oportunidade de se refazer este cálculo, sendo permitido alterar qualquer um dos dados apresentados na tela. No final do cálculo, se forem confirmados os dados apresentados; os novos dados serão gravados sobre os que foram apresentados no projeto inicial, do contrário o último cálculo será ignorado.

Logo que a tela a seguir for apresentada, proceda da seguinte maneira para se obter os cálculos luminotécnicos:

APÊNDICE B – Manual SILUG público

**IBT- SILUG PÚBLICO - Versão 7.0**

**Classificação das Vias Públicas**

**Classe A :**  1 - (A1) / Vias Arteriais  
 2 - (A2) / Vias Coletoras  
 3 - (A3) / Vias Locais

**Classe B :**  4 - (B1) / Vias de Ligação

**Classe C :**  5 - (C1) / Vias Urbanas  
(outras que não da Classe B )

São vias exclusivas para tráfego motorizado, que se caracterizam por grande mobilidade e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista.

**Classificação do Tráfego**

**Tráfego Motorizado :**

Tráfego Leve até 500 veículos por hora  
 Tráfego Médio de 500 até 1200 veículos por hora  
 Tráfego Intenso acima de 1200 veículos por hora

**Tráfego de Pedestres :**

Sem Como nas vias de CLASSE A1  
 Leve Como nas ruas residencias médias  
 Médio Como nas ruas residencias secundárias  
 Intenso Como nas ruas comerciais principais

**Tipo de Calçamento**

Concreto  Asfalto

**Cruzamento**

Sim  Não

Número de Pistas : 2

Número de Calçadas : 3

Sair OK

O Primeiro passo é a escolha da classificação das vias públicas, classificação do tráfego, tipo de calçamento, cruzamento, número de pistas e número de calçadas.

Quando a opção for para cruzamento, o programa inabilitará a opção “Numero de pistas” e “Número de calçadas” e quando a opção não for para cruzamento e número de pistas for 1, não terá a opção de 3 calçadas, opção esta para 2 pistas.

APÊNDICE B – Manual SILUG público

IBT- SILUG PÚBLICO - Versão 7.0

Vértices

**Geral ( Verificação )**

Vértice	Coordenada X (metros)	Coordenada Y (metros)
Pista 1		
1	0	10
2	0	10
3	10	10
4	10	10

**Pista 1 ( Alteração )**

Vértice	Coordenada X (metros)	Coordenada Y (metros)
1	0	10
2	0	10
3	10	10
4	10	10

**Obs: As coordenadas devem seguir um sentido. (Horário ou anti-horário).  
Apenas digite as coordenadas do primeiro e terceiro ponto que as outras se completam automaticamente**

Sair Voltar OK

Após ter se escolhido o número de pistas e o número de calçadas aparecerá a seguinte tela que contém duas listas de coordenadas, sendo que a primeira refere-se às coordenadas gerais das pistas, contendo as coordenadas de todas as pistas, somente para localização e uma melhor visualização do projeto.

A segunda lista refere-se às coordenadas da pista em questão, onde é feita a alteração, sendo que para a inclusão das coordenadas basta preencher a primeira e terceira coordenada que o programa automaticamente completará as outras, lembrando-se que as coordenadas devem seguir o sentido de inclusão horário.

## APÊNDICE B – Manual SILUG público

**IBT- SILUG PÚBLICO - Versão 7.0**

**Vértices**

**Geral ( Verificação )**

Vértice	Coordenada X (metros)	Coordenada Y (metros)
Calçada 1		
1	0	0
2	0	10
3	10	10
4	10	0

**Calçada 1 ( Alteração )**

Ponto	Coordenada X1 (metros)	Coordenada Y1 (metros)
1	0	0
2	0	10
3	10	10
4	10	0

**Obs: As coordenadas devem seguir um sentido. (Horário ou anti-horário).  
Apenas digite as coordenadas do primeiro e terceiro ponto que as outras se completam automaticamente**

**Sair**   **Voltar**   **OK**

Após ter inserido as coordenadas das pistas aparecerá a seguinte tela que contém duas listas de coordenadas, sendo que a primeira refere-se às coordenadas gerais das calçadas, contendo as coordenadas de todas as calçadas somente para localização e uma melhor visualização do projeto.

A segunda lista refere-se às coordenadas da calçada em questão, onde é feita a alteração, sendo que para a inclusão das coordenadas basta preencher a primeira e a terceira coordenada que o programa automaticamente completará as outras, lembrando-se que as coordenadas devem seguir o sentido de inclusão horário.

APÊNDICE B – Manual SILUG público

IBT- SILUG PÚBLICO - Versão 7.0

**Afastamento dos Projetores**

**Luminárias**

Referência: TP-204-250HG-E

Fabricante: TROPICO

**Lâmpada**

Tipo: V.MERCURIO -

Fabricante:

Fuxo Total: 13000 Lumens

**Reator**

Tipo: 226 AE/HG

**Ignitor**

Tipo:

**Tipo de Luminárias Públicas**

- TP-204-250HG-E
- TP-204-250MS-E
- TP-204-250SO-E
- TP-204-400HG-E
- TP-204-400SO-E
- TP-204-500MS-E
- TP-205-250HG-E
- TP-205-250MS-E
- TP-205-250SO-E
- TP-205-400HG-E
- TP-205-400SO-E
- TP-206-125HG-E
- TP-206-160MS-E
- TP-206-250MS-E
- TP-206-250HG-E
- TP-206-70SO-E

Número de Luminárias: 1

Coordenadas e altura em metros. Ângulo em graus

Projetor	Coordenada X	Coordenada Y	Altura	Ângulo	Tipo
1	5	5	6	0	TP-204-250MS-E

Sair

Voltar

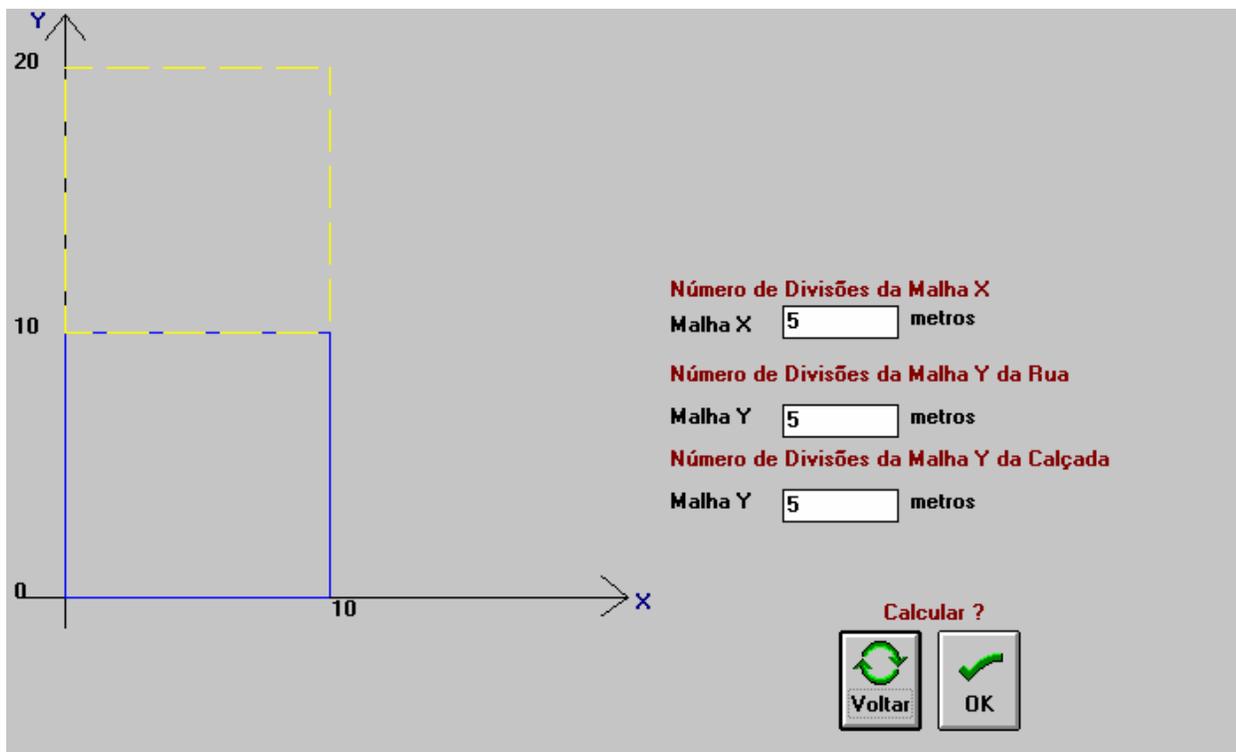
OK

Com as coordenadas das pistas e calçadas cadastradas pode-se escolher as luminárias que serão utilizadas. O programa não admite o uso de projetores.

A escolha das luminárias é simples, basta escolher a luminária na lista e clicar na área correspondente ao tipo e número da luminária.

Deve ser lembrado que o ângulo de cada luminária é somente válido para luminárias assimétricas, não tendo nenhum efeito matemático no caso de uso de luminárias simétricas, onde o ângulo é sempre relacionado como zero no eixo "X", devido à sua simetria.

## APÊNDICE B – Manual SILUG público



O programa possui uma tela gráfica que desenhará o local o qual está sendo calculado, onde as linhas amarelas referem-se às pistas e a linha azuis referem-se às calçadas.

Caso se tenha colocado as coordenadas de alguma pista ou calçada de forma errada, basta clicar em “Voltar” e corrigí-la. Lembrando que o número de divisões da malha “x” não deve ultrapassar o valor de 12 e o número de divisões da malha “y” conforme segue:

### 1 pista

número de divisões da malha “y” da pista não deve ultrapassar o valor de 20  
 número de divisões da malha “y” da calçada não deve ultrapassar o valor de 5

### 2 pistas

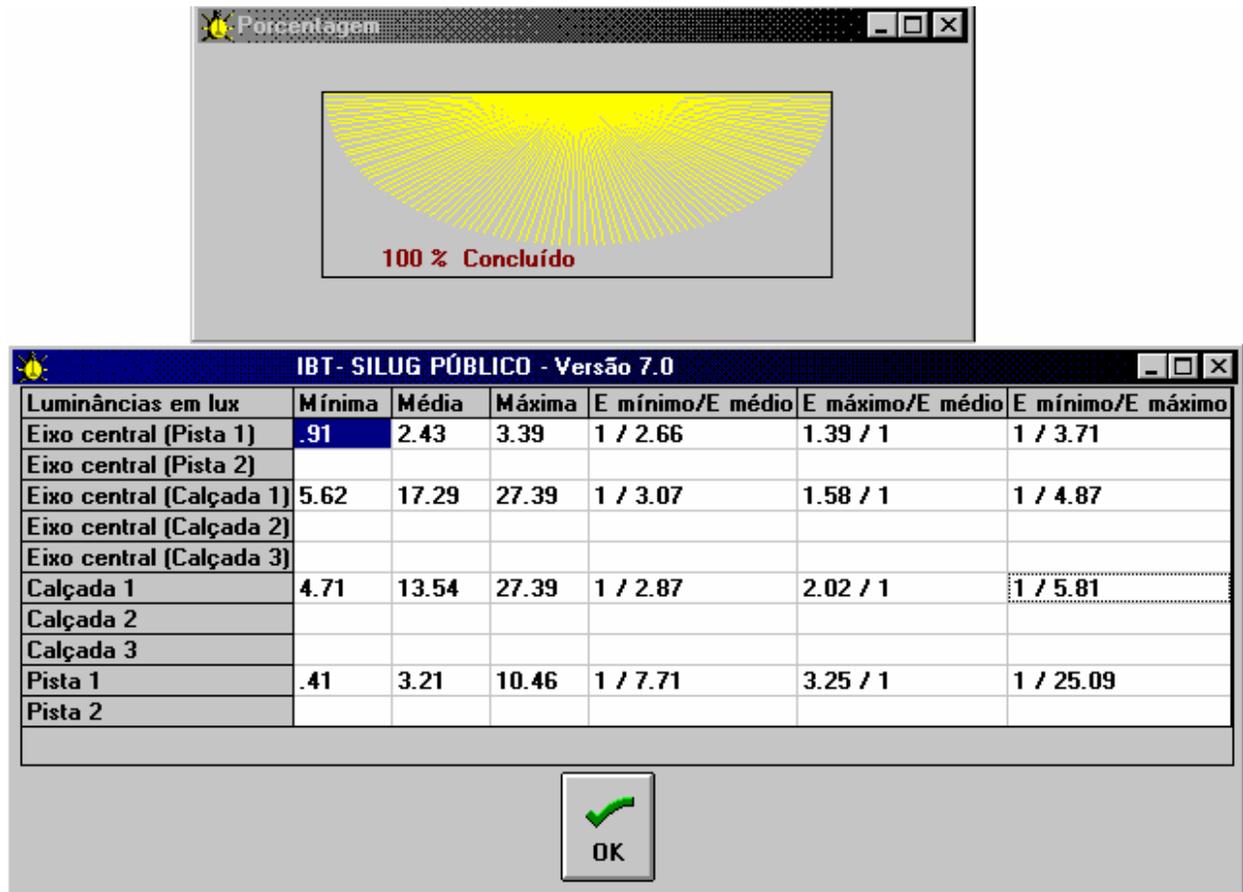
número de divisões da malha “y” da pista não deve ultrapassar o valor de 9  
 número de divisões da malha “y” da calçada não deve ultrapassar o valor de 4

Como último passo, deve-se informar o fator de depreciação (da lâmpada e luminária) que será adotado para um período de 6 meses. Por exemplo: Caso seja adotado 20% como depreciação do fluxo luminoso emitido pelo projetor, informa-se ao programa o valor 0,8.

Quanto ao fator de utilização, o programa realizará, automaticamente, o seu cálculo. Ambos, serão indicados no relatório final. Os resultados obtidos serão automaticamente multiplicados pelo Fator de depreciação, que corresponderá, no exemplo citado, a 80% da situação da instalação nova. Caso se queira o valor das iluminâncias no momento da inauguração da instalação, bastará que se processe o cálculo informando como fator de depreciação o valor "Um " ou “OK”.

## APÊNDICE B – Manual SILUG público

No final do cálculo, após teclar “OK” para continuar, será apresentada a seguinte tela.



Esta tela serve para se verificar os níveis de **iluminância Mínima, Média, Máxima** e o **número de Pontos Calculados para os  $E_h$** , além de serem apresentadas também as relações entre estes níveis, o que permite que se avalie a uniformidade tanto para a área global como para o eixo das pistas e calçadas.

Clique “OK” para confirmar o FIM do cálculo luminotécnico. Isto fará com que o sistema grave os dados de entrada e os valores calculados em seus arquivos para posterior impressão do relatório final. Após o cálculo da Iluminância Horizontal será dado a opção para a realização do cálculo da iluminância vertical.

**B.7 - Cálculos de Iluminação Horizontal de Praças e Pátios**

IBT- SILUG PÚBLICO - Versão 7.0

Forma da Praça

Local Retangular

Comprimento do Local : [ ] metros

Largura do Local : [ ] metros

Local Irregular

Número de Sub-Áreas : 1 [ ] metros

Sair OK

O primeiro passo é a escolha do local, podendo ser Retangular ou Irregular. Caso optar por local retangular, basta preencher os campos de comprimento e largura que o programa automaticamente completará os quatro primeiros pontos da área. Se a escolha for por áreas Irregulares e esta tiver concavidade deve-se dividi-la em sub-áreas de modo a garantir que cada uma delas esteja livre de concavidades.

APÊNDICE B – Manual SILUG público

IBT- SILUG PÚBLICO - Versão 7.0

Vértices

Sub-Área 1

Número de Vértices  Área

Vértice	Coordenada X (metros)	Coordenada Y (metros)
1	0	0
2	0	10
3	10	10
4	10	0

Obs: As coordenadas devem seguir um sentido. (Horário ou anti-horário).

Sair Voltar OK

Definidas a área e as sub-áreas, tem-se a seguinte tela que contém o número de vértices (mínimo de 3) e as coordenadas de cada vértice, onde o número de vértices pode ser alterado no decorrer da digitação das coordenadas.

Após ter digitado todas as coordenadas dá-se um clique em “OK” que a área será calculada e a próxima tela aparecerá. Para o caso de escolha de área retangular as coordenadas já estarão preenchidas automaticamente.

IBT- SILUG PÚBLICO - Versão 7.0

**Afastamento dos Projetores**

**Luminárias**  
Referência: TP-204-250HG-E  
Fabricante: TROPICO  
Lâmpada  
Tipo: V.MERCURIO -  
Fabricante:  
Fluxo Total: 13000 Lumens  
Reator  
Tipo: 226 AE/HG  
Ignitor  
Tipo:

**Tipo de Luminárias Públicas**  
TP-204-250HG-E  
TP-204-250MS-E  
TP-204-250SO-E  
TP-204-400HG-E  
TP-204-400SO-E  
TP-204-500MS-E  
TP-205-250HG-E  
TP-205-250MS-E

**Tipo de Projetores**  
TPE-314-500MS-E  
TPE-314-250SO-E  
TPE-314-400MV-T  
TPE-314-400SO-E  
TPE-314-400SO-T  
TPE-307-250SO-T  
TPE-307-400MV-T  
TPE-307-500MS-E

**Projetores**  
Referência: TPE-314-500MS-E  
Fabricante: TROPICO  
Lâmpada  
Tipo: MISTA -  
Fabricante:  
Fluxo Total: 14000 Lumens  
Reator  
Tipo:  
Ignitor  
Tipo:

Número de Luminárias: 2

Coordenadas e altura em metros. Ângulo em graus

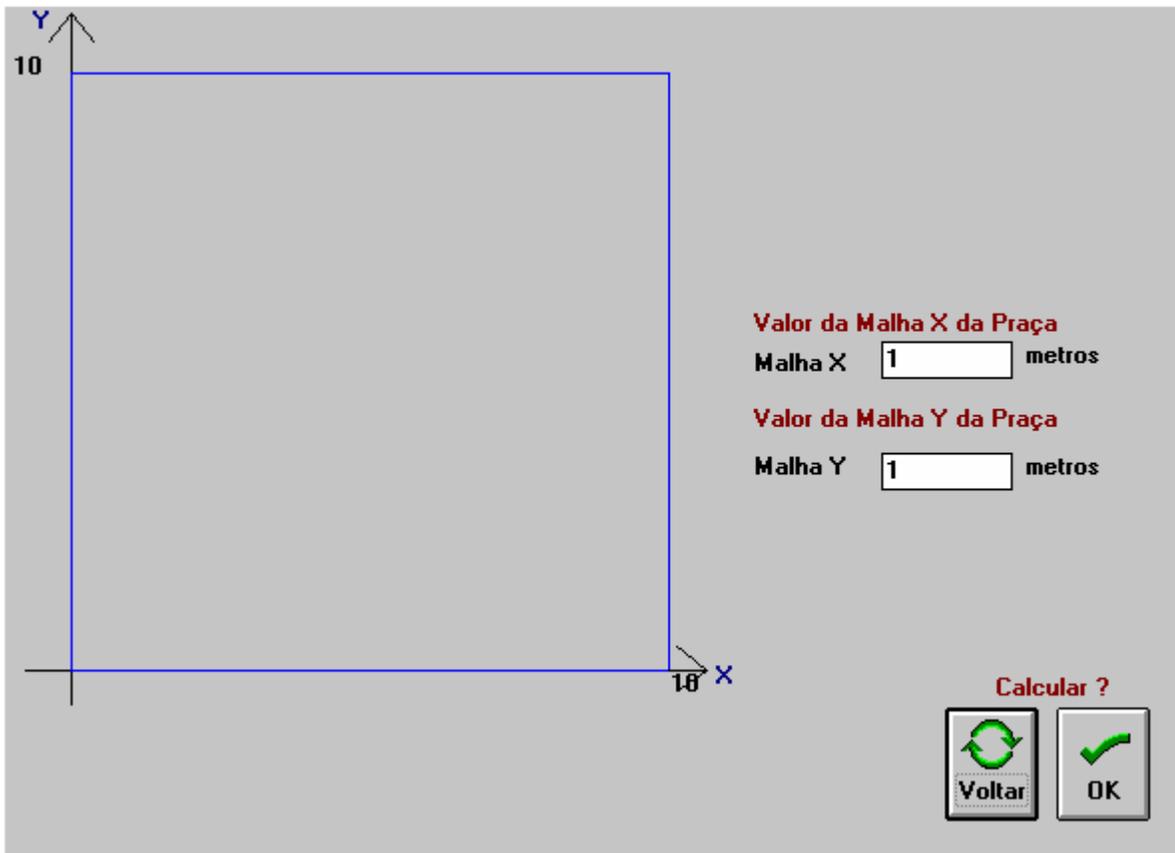
Projektor	Coordenada X	Coordenada Y	Altura	Ângulo	Tipo	Foco X	Foco Y
1	5	5	6	0	TP-204-250HG-E		
2	0	0	6	0	TPE-314-500MS-E	5	5

Sair  
Voltar  
OK

O programa admite o uso de Projetores e luminárias para o caso de Praças e Pátios. Com as áreas definidas e digitadas, passa-se à escolha das luminárias e/ou projetores.

A escolha das luminárias e/ou projetores é simples, basta escolher a luminária ou projetores na lista apresentada na tela e clicar na área correspondente ao tipo e número da luminária / projetores.

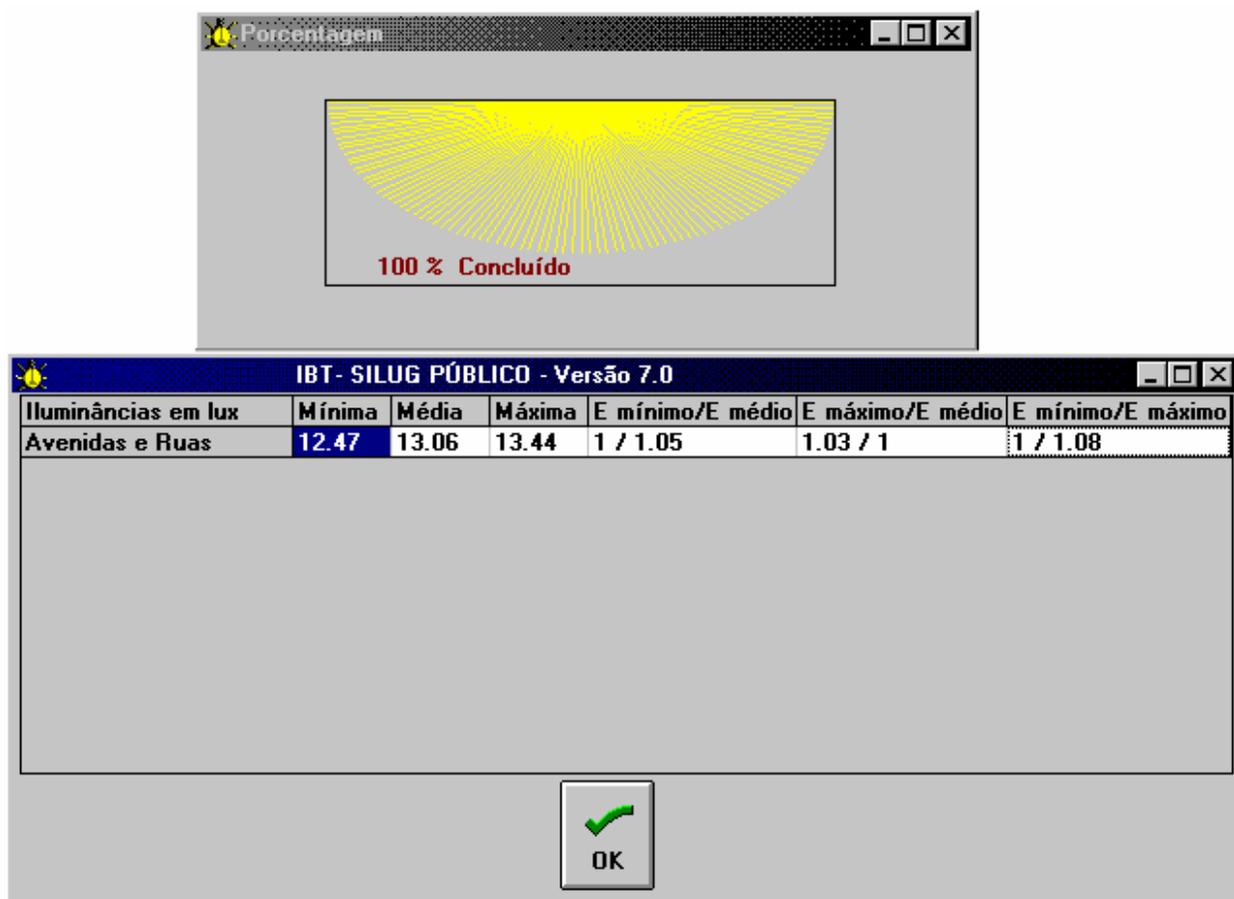
Deve ser lembrado que o ângulo de cada luminária é somente válido para luminárias assimétricas, não tendo nenhum efeito matemático no caso de uso de luminárias simétricas, onde o ângulo é sempre relacionado como zero no eixo "X". Para o caso de uso de luminárias públicas não é habilitada a opção de escolha do foco, que é permitida somente para projetores. Para o caso de uso de projetores não é habilitado o ângulo de posição, como se faz para as luminárias.

*APÊNDICE B – Manual SILUG público*

O programa possui uma tela gráfica que desenhará o local no qual está sendo realizado o cálculo, onde as linhas azuis referem-se às praças ou pátios.

No caso de digitação errada de alguma praça ou pátio basta clicar em “Voltar” e corrigí-la, lembrando que o valor da largura do papel (A4) dividido pelo valor de “x” da malha de cálculo não deve ser superior a 12 e que a maior dimensão do papel (A4) dividido pela dimensão “y” da malha de cálculo não deve ultrapassar o valor 30.

## APÊNDICE B – Manual SILUG público



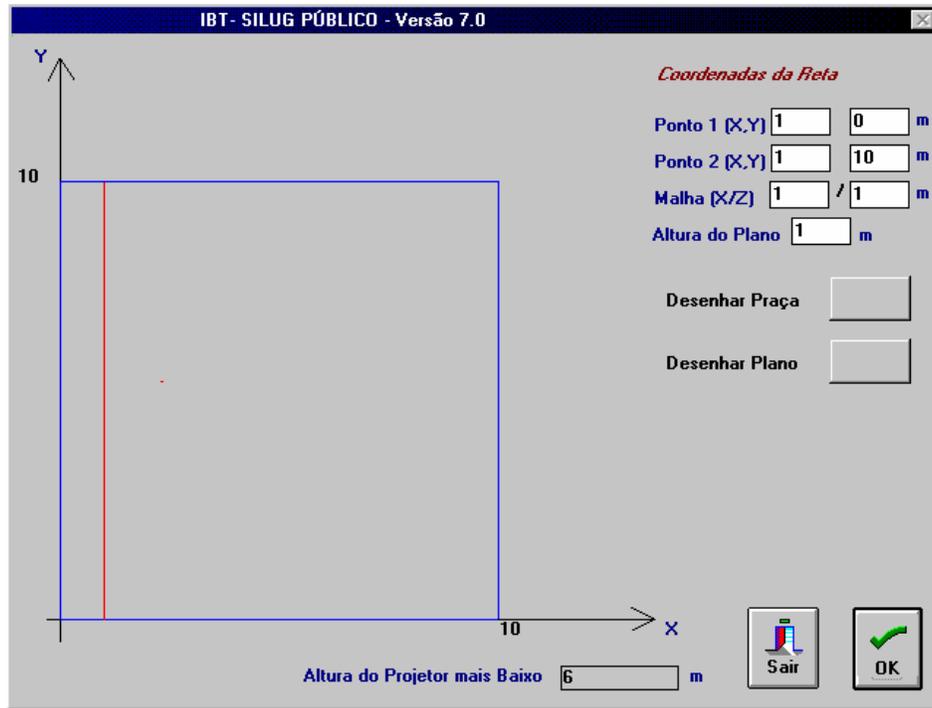
Esta tela serve para se verificar os níveis de **iluminância Mínima, Média e Máxima** e o **Número de Pontos Calculados para os “ $E_h$ ”**, além de ser apresentado também as relações entre estes níveis, o que permite que se avalie a uniformidade.

Clique “OK” para confirmar o FIM do cálculo luminotécnico. Isto fará com que o sistema grave os dados de entrada e os valores calculados em seus arquivos para posterior impressão do relatório final. Após o cálculo da Iluminância Horizontal será dada a opção para realização do cálculo das iluminâncias nos planos verticais.

*APÊNDICE B – Manual SILUG público*

**B. 8- Cálculos de Iluminação Vertical de Campos e Quadras Internas e Externas**

O cálculo de iluminação vertical é somente oferecido depois do cálculo de iluminação horizontal, sendo que ele utiliza todos os dados de iluminação horizontal para o cálculo. O “Ponto 1 (X,Y)” e “Ponto 2 (X,Y)” refere-se aos pontos inicial e final do plano vertical.



O plano aparece em vermelho após o início do cálculo, lembrando que não se deve esquecer de clicar o lado do plano onde deverá se encontrar o observador. O programa somente considerará os projetores / luminárias que estiverem desse lado, uma vez que os demais nada contribuirão com os resultados.

Após o cálculo o programa irá arquivar automaticamente os dados, podendo ser utilizados para recálculo. O cálculo de Iluminação Vertical é de igual procedimento para Ruas, Avenidas, Praças ou Pátios.

Wanderley Mauro Dib  
Maio / 2005

# MANUAL SILUG - INTERNO

## Sistema de Iluminação INTERNA

Maio / 2005



**O SILUG - INTERNO foi desenvolvido no IBT, por Wanderley Mauro Dib e possui os seus direitos devidamente registrados, conforme legislação em vigor. Portanto, reprodução ou cópia, por qualquer meio, somente será possível com a autorização exclusiva do autor.**

**IBT - Instituto Barretos de Tecnologia**

Av. Treze, n° 60 Cep: 14780-270 Barretos - SP Fone/Fax: (17) 3325-1549

Email: [wanderleydib@ibt.org.br](mailto:wanderleydib@ibt.org.br)

Site: [www.ibt.org.br](http://www.ibt.org.br)

## **Apresentação**

O programa desenvolvido tem como base as informações disponíveis em catálogos de fabricantes dos equipamentos necessários para se proceder ao cálculo luminotécnico.

Todas as informações necessárias para se operar o programa estão descritas neste manual, desde a configuração mínima do sistema até as explicações de cada tela e listagens emitidas. O objetivo do projetista é obter a iluminância desejada, com uma boa uniformidade.

Como as possibilidades de combinações de LUMINÁRIAS, lâmpadas, altura de montagem e afastamento, são infinitas, o projetista deverá escolher as opções de quantidade, tipo de luminária e/ou projetores e lâmpadas, alturas de montagem e afastamentos.

O software permite realizar os cálculos para qualquer configuração de área de escritórios e galpões onde as luminárias podem assumir qualquer posição. O software prevê a inclusão de paredes divisórias de qualquer comprimento, altura e posição. As luminárias são posicionadas pela indicação de suas coordenadas e posição de giro. Os cálculos poderão ser realizados nos planos horizontal e vertical.

Permite recálculos, cópias em disquetes e imprime relatórios, dispensando-se desenhos e digitação. Permite que se cadastre luminárias e acessórios de qualquer fabricante, desde que se disponha dos levantamentos fotométricos do conjunto, em laboratórios adequados. Emite lista das luminárias cadastradas, de projetos realizados, de projetistas e de clientes, inclusive para mala-direta.

O cadastramento dos dados e os procedimentos dos cálculos seguem uma seqüência lógica, facilitando ao usuário o acompanhamento de todo o processamento.

Por questão de segurança ao iniciar o uso do SILUG\_I, é necessário que o usuário crie uma SENHA. Com esta, somente ele, que passará a ser o projetista MESTRE, terá acesso ao programa. Para se cadastrar outro projetista, será necessário que o projetista MESTRE libere o acesso. Assim, quando da execução do cálculo, o programa pedirá a SENHA para prosseguir, evitando que um projetista altere ou faça algum projeto utilizando o nome de outro projetista.

Cabe ao projetista MESTRE, ou seja, o primeiro que for cadastrado, a responsabilidade sobre o cadastramento ou exclusão de qualquer projetista. Com esse programa, os projetistas se sentirão em condições de refazer os cálculos quantas vezes achar necessário, onde podem aumentar altura, mudar LUMINÁRIAS, alterar quantidades, ângulos de posição e terem respostas rápidas e precisas, se comparadas com as metodologias disponíveis hoje em dia no mercado.

*APÊNDICE C – Manual SILUG interno*

Assim o projetista não necessitará recorrer ao fabricante de LUMINÁRIAS para proceder aos seus cálculos. Basta que tenha os levantamentos fotométricos do conjunto, no arquivo do programa.

Outros detalhes poderiam ser incluídos neste programa, entretanto, como são diversas as alternativas e formas de apresentação dos resultados, optou-se pelo lançamento desta versão, a qual certamente apresentará novidades num futuro bem próximo uma vez que a evolução dos recursos de informática deverão oferecer condições para seu enriquecimento.

Wanderley Mauro Dib.  
Maio / 2005

## ÍNDICE

Ítem	Descrição	Página
C.1 -	Introdução.....	189
C.2 -	Opções do Projetor.....	190
C.2.1 -	Projetor / Luminária - Cadastrar .....	190
C.2.2 -	Projetor / Luminária - Alterar.....	192
C.2.3 -	Projetor / Luminária - Consultar.....	192
C.2.4 -	Projetor / Luminária - Apagar.....	192
C.2.5 -	Projetor / Luminária - Imprimir.....	193
C.3 -	Opções do Cliente.....	193
C.3.1 -	Cliente - Cadastrar.....	194
C.3.2 -	Cliente - Alterar.....	194
C.3.3 -	Cliente - Consultar.....	194
C.3.4 -	Cliente - Apagar.....	194
C.3.5 -	Cliente - Imprimir.....	194
C.3.6 -	Cliente - Cópia.....	195
C.4 -	Opções Projetistas.....	195
C.4.1 -	Projetista - Cadastrar.....	195
C.4.2 -	Projetista - Alterar.....	196
C.4.3 -	Projetista - Consultar.....	196
C.4.4 -	Projetista - Apagar.....	196
C.4.5 -	Projetista - Imprimir.....	196
C.5 -	Opções do Projetos Finais .....	197
C.5.1 -	Projetos Finais - Relatório Final.....	197
C.5.2 -	Projetos Finais - Manipular.....	197
C.5.3 -	Projetos Finais - Listar.....	198
C.5.4 -	Projetos Finais - Duplicar.....	198
C.6 -	Cálculos de Iluminação Horizontal pelo Método do Ponto a Ponto.....	198
C.7 -	Cálculos de Iluminação Horizontal de Método dos Rendimentos.....	206
C.8 -	Cálculos de Iluminação Vertical .....	209

## **SISTEMA DE CÁLCULO ILUMINAÇÃO DE** **ÁREAS INTERNAS - SILUG INTERNO**



### **C.1- Introdução**

Este sistema tem por objetivo calcular pelo método ponto a ponto a iluminação de áreas internas, emitindo no final um relatório com todas as informações de entrada e todos os resultados calculados durante o processo. Mantém também um controle dos CLIENTES, bem como um cadastro de todas as LUMINÁRIAS que se desejar (conforme REFERÊNCIA de cada uma delas) com sua tabela de intensidade luminosa em cada direção.

Para se ter acesso ao sistema, o projetista deverá digitar sua SENHA já previamente cadastrada (ver item - Cadastramento de Projetista).

## C.2- Opções do PROJETOR / LUMINÁRIA



### C.2.1 - Projetor / Luminária - Cadastrar -

Esta opção é utilizada para realizar o cadastramento de novas LUMINÁRIAS nos arquivos do equipamento em uso, o que implicará no uso para os cálculos de iluminação somente destas LUMINÁRIAS cadastradas, com suas respectivas tabelas de intensidade luminosa em cada direção.

Em primeiro lugar será pedida a REFERÊNCIA (código de identificação) do projetor. Será verificado se este projetor já está cadastrado. Caso esteja, será dada uma mensagem de aviso para que se escolha outra REFERÊNCIA. Após isto, será apresentada uma tela para o cadastramento da tabela de intensidade luminosa em Candelas / 1000 Lumens, referente ao projetor em questão, o qual poderá ser SIMÉTRICO ou ASSIMÉTRICO, que implica em um tipo distinto de tabela para cada um deles. Para um projetor SIMÉTRICO será apresentada a seguinte tabela em função do ângulo: (Valores obtidos do levantamento fotométrico feito no Goniôfotômetro).

*APÊNDICE C – Manual SILUG interno*

**Intensidade Luminosa em Candelas obtidas no Goniofotômetro  
Inteligente para luminárias simétricas**

Ângulo	0	5	10	15	20	.....	175	180
I (candelas)								

Para luminárias ASSIMÉTRICAS será apresentada a seguinte tabela em função dos ângulos horizontais e verticais: (Valores obtidos dos levantamentos fotométricos feitos no Goniofotômetro Inteligente).

**Intensidade Luminosa em Candelas obtidas no Goniofotômetro  
Inteligente para luminárias assimétricas**

Ângulo Horizontal \ Ângulo Vertical	0	5	10	15	20	.....	175	180
0								
5								
10								
15								
20								
25								
:								
:								
:								
90								

Tudo estando correto, responda ' S ' à pergunta, o que fará com que a luminária seja incluída no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de LUMINÁRIAS.

OBSERVAÇÃO:- O sistema fará interpolação nas tabelas dos valores que forem deixados em branco, até o último valor não nulo digitado. Os demais dados da luminária, lâmpada, reator e/ou ignitor, devem ser obtidos dos seus respectivos catálogos.

Atente para o cadastramento do Fator de depreciação: Imagine que uma lâmpada tenha uma depreciação igual a 20% para 6 meses. Na hora de rodar o programa informe 0.80. O fator de depreciação será indicado no relatório final.

Quanto ao fator de utilização, o programa fará automaticamente o seu cálculo, sendo também indicado no relatório final.

**C.2.2 - Projetor / Luminária - Alterar**

Aqui tem-se a possibilidade de alterar qualquer das informações dos projetores (exceto REFERÊNCIA) já cadastradas. Em primeiro lugar digite a REFERÊNCIA da luminária que se deseja trabalhar ou clique na lista. Logo em seguida o sistema irá mostrar na tela o tipo desta luminária (SIMÉTRICA / ASSIMÉTRICA) para uma verificação. Então, será apresentado o restante dos dados para posterior alteração. Nos valores que estiverem corretos, tecle somente 'TAB', em caso contrário, digite a nova informação. No caso de não se saber quais projetores estão cadastrados, pode-se pedir auxílio através da lista que possui barra de rolagem que mostrará quais projetores estão disponíveis.

Para as luminárias SIMÉTRICAS será apresentado uma tela para alteração da tabela de intensidade luminosa idêntica a tela do cadastramento, bastando para alterá-la, agir de maneira semelhante ao explicado quando da alteração das informações iniciais, ou seja, clicando nos valores que estiverem incorretos e digitando as novas informações nos lugares dos valores a serem alterados. Para as luminárias ASSIMÉTRICAS será apresentada a mesma tela de cadastramento, sendo o procedimento semelhante ao citado para as luminárias SIMÉTRICAS.

Caso tudo esteja de acordo, clique 'OK'. Se a opção for 'Sair', os dados anteriores voltarão a aparecer na tabela.

**C.2.3 - Projetor / Luminária - Consultar**

As luminárias já estão cadastradas juntamente com as respectivas lâmpadas, reatores e/ou ignitores. Para se saber quais projetores estão cadastrados basta clicar na "lista" que aparecerá uma seqüência de telas mostrando todas as características da luminária inclusive a tabela de intensidade luminosa. Para o procedimento de cálculo basta que se indique com um clique na lista, o código do projetor para que o programa continue os cálculos.

**C.2.4 - Projetor / Luminária - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de luminárias, aquelas que não são mais utilizadas ou ainda as que foram cadastradas por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

## APÊNDICE C – Manual SILUG interno

### C.2.5 - Projetor / Luminária - Imprimir-

Para imprimir “luminária”, basta selecionar a lista e clicar ‘Imprimir’. Pode-se escolher a opção de se “visualizar na Tela”, ou imprimir via impressora.

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

### C.3 - Opções do CLIENTE



Este bloco pode ser utilizado como uma Mala Direta, pois além de manter um cadastro de Clientes com opções de cadastrar, alterar, consultar, apagar, imprimir e copiar, dá a possibilidade de que sejam emitidas etiquetas por ordem de CÓDIGO e NOME .

**C.3.1 - CLIENTE - Cadastrar**

Opção utilizada para inclusão (cadastramento) de novos Clientes. Em primeiro lugar será pedido o CÓDIGO do Cliente. Então será verificado se este Cliente (CÓDIGO) já está cadastrado. Caso esteja, será pedido um novo CÓDIGO; senão será apresentada uma tela pedindo para serem informados os dados acima descritos. Tudo estando correto, clique 'OK', o que fará com que este Cliente seja incluído no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de Clientes.

**C.3.2 - CLIENTE - Alterar**

Aqui tem-se a possibilidade de alterar qualquer das informações dos Clientes (exceto o CÓDIGO), já cadastrados. Em primeiro lugar clique no CÓDIGO do Cliente que se deseja trabalhar. Nos lugares em que as informações estiverem corretas, tecele somente 'TAB', enquanto que nos lugares onde se necessitar a alteração, digite a nova informação.

**C.3.3 - CLIENTE - Consultar**

Clique no CÓDIGO do Cliente que se deseja consultar e será mostrado na tela os dados para a consulta.

**C.3.4 - CLIENTE - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de Clientes, aqueles que não são mais utilizados ou ainda os que foram cadastrados por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

**C.3.5 - CLIENTE - Imprimir**

Para imprimir os dados dos clientes, basta selecionar a lista e clicar 'Imprimir'. Caso a opção escolhida seja a de se ordenar por nome ou código, basta escolher a opção 'Nome' ou 'Código'. Caso se desejar imprimir etiquetas para mala direta ou em formulário contínuo ou normal na impressora, selecione a opção 'Etiqueta' ou 'Formulário', e caso se desejar imprimir tudo, basta Clicar no botão 'Imprimir Geral'.

## APÊNDICE C – Manual SILUG interno

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

### C.3.6 - CLIENTE - Cópia

Esta opção serve para que se tenha uma cópia de segurança, caso ocorra qualquer problema com a máquina. Basta copiar o arquivo guardado no disquete / CD, dentro do diretório escolhido para o programa **SILUG - Interno**.

## C.4- Opções do PROJETISTA



### C.4.1 - PROJETISTA - Cadastrar

Opção utilizada para inclusão (cadastramento) de novos Projetistas. Em primeiro lugar será pedido o CÓDIGO do Projetista. Será verificado se este Projetista (CÓDIGO) já está cadastrado. Caso esteja, será pedido um novo CÓDIGO; senão será apresentada uma tela pedindo para se informar os dados acima descritos. Tudo estando correto, clique 'OK', o que fará com que este Projetista seja incluído no cadastro da máquina. Após isto, o sistema retornará para o início da tela de cadastramento de Clientes.

**C.4.2 - PROJETISTA - Alterar**

Aqui tem-se a possibilidade de alterar quaisquer informações dos Projetistas (exceto o CÓDIGO) já cadastrados. Em primeiro lugar clique no CÓDIGO do Projetista que se deseja trabalhar. Nos lugares em que as informações estiverem corretas, tecele somente 'TAB', enquanto que nos lugares onde se necessitar a alteração, digite a nova informação.

**C.4.3 - PROJETISTA - Consultar**

Clique no CÓDIGO do Projetista que se deseja consultar e serão mostrados na tela os dados para a consulta.

**C.4.4- PROJETISTA - Apagar**

Nesta opção tem-se a possibilidade de eliminar do cadastro de Projetistas, aqueles que não são mais utilizados, ou ainda, os que foram cadastrados por engano ou teste. Esta opção deve ser utilizada para "aliviar / descarregar" os arquivos da máquina, eliminando os espaços ociosos.

**C.4.5 - PROJETISTA - Imprimir**

Para imprimir os dados dos Projetistas, basta selecionar a lista e clicar 'Imprimir'. Caso a opção escolhida seja a de se ordenar por nome ou código, basta escolher a opção 'Nome' ou 'Código' e caso se deseje imprimir tudo basta clicar no botão 'Imprimir Geral'.

OBS.: SEMPRE QUE ALGO TIVER QUE SER IMPRESSO O PROGRAMA IRÁ UTILIZAR A IMPRESSORA DEFINIDA COMO PADRÃO NO GERENCIADOR DE IMPRESSÃO DO WINDOWS.

## APÊNDICE C – Manual SILUG interno

### C.5- Opções dos PROJETOS FINAIS



#### C.5.1 - PROJETOS FINAIS - Relatório Final -

Todos os dados e resultados obtidos nos cálculos podem ser vistos aqui, como também podem ser impressos, lembrando que para a impressão será usada a impressora definida no gerenciador de impressão do Windows.

#### C.5.2- PROJETOS FINAIS - Manipular

Pode-se aqui apagar projetos que não possuem mais importância ou que estão somente ocupando espaço nos arquivos. Também tem-se a opção de se fazer uma cópia de segurança, onde através do clique no botão copiar pode-se desde copiar o arquivo onde contém os dados dos projetos como também visualizar os projetos já guardados anteriormente. Toda vez que é feito uma cópia de segurança e o arquivo já existir no disco final, o programa irá verificar se no arquivo de destino não existe um projeto com o mesmo nome do registro que está sendo copiado, caso tenha, o programa irá pedir para renomear o projeto. Isto é feito tanto para cópia de segurança como para restauração de projetos.

**C.5.3 - PROJETOS FINAIS - Listar**

Esta opção é usada para se saber o código do projetista, nome do projetista, código do cliente e nome do cliente dos projetos já existentes.

**5.4 - PROJETOS FINAIS - Duplicar Projetos**

No caso de se refazer um projeto sem se alterar o original, pode-se duplicá-lo dando um novo código a ele, e assim refazê-lo para posterior comparação com o original e optar-se pela melhor escolha.

**C.6 - Cálculos de Iluminação pelo Método do Ponto a Ponto.**

Para o início desta operação digite o código (alfanumérico, que deve começar obrigatoriamente com uma letra sem espaço), deste projeto; o código (numérico) do Cliente para o qual este projeto será desenvolvido e o código (numérico) do projetista responsável pelo projeto.

Se o nome do projeto já existir no cadastro da máquina, significa que será pedido um recálculo do mesmo. Caso isto ocorra, será dada a oportunidade de se refazer este cálculo, sendo permitido alterar quaisquer dados apresentados na tela. No final do cálculo, se forem confirmados os dados apresentados; os novos dados serão gravados sobre os que foram apresentados no projeto inicial, do contrário o último cálculo será ignorado.

*APÊNDICE C – Manual SILUG interno*

Logo que a tela a seguir for apresentada, proceda da seguinte maneira para se obter os cálculos luminotécnicos:

IBT- SILUG INTERNO Versão 7.0

Dados do Local

Altura : 5

Plano Útil : 0

Altura de Montagem : 3 metros  Altura das Luminárias Iguais

Local Retangular  Local Irregular

Comprimento :

Largura :

Número de Sub-Áreas : 1

Sair OK

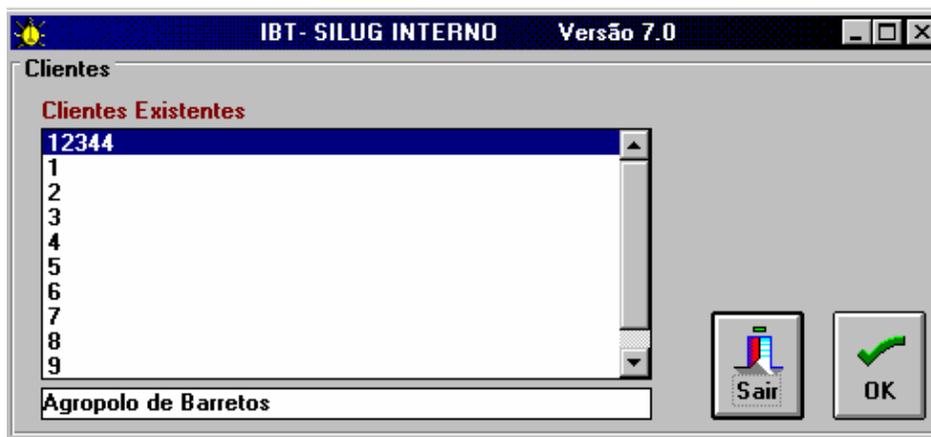
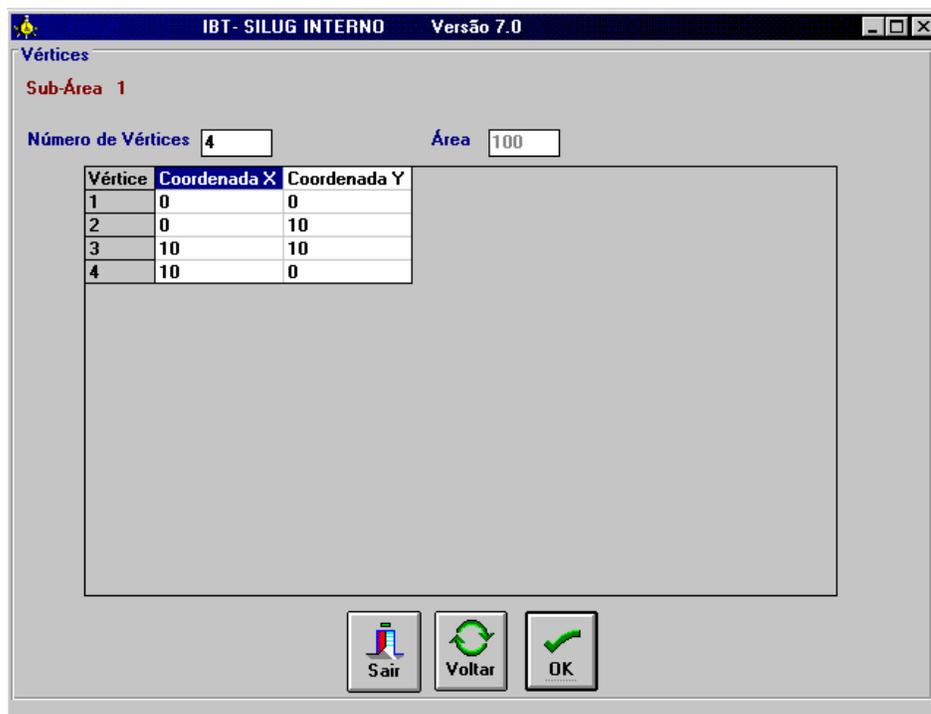
O primeiro passo é a escolha do local, podendo ser área Regular ou Irregular. No caso de se optar por local retangular basta preencher os campos de comprimento e largura que o programa automaticamente completará os quatros primeiros pontos da área e se a área tiver mais de quatro paredes pode-se alterar o número de paredes e acrescentar a parede faltante.

Se a escolha for por Irregular e tiver concavidade, deve-se criar sub-áreas que eliminem essas concavidades.

Para a opção “Altura das Luminárias Iguais” significa que todas as luminárias ficarão fixadas a uma mesma altura em relação ao piso e com isso a opção “Altura de montagem” será habilitada.

Após a opção de escolha do cliente será perguntado se se deseja calcular a iluminância pelo método dos rendimentos.

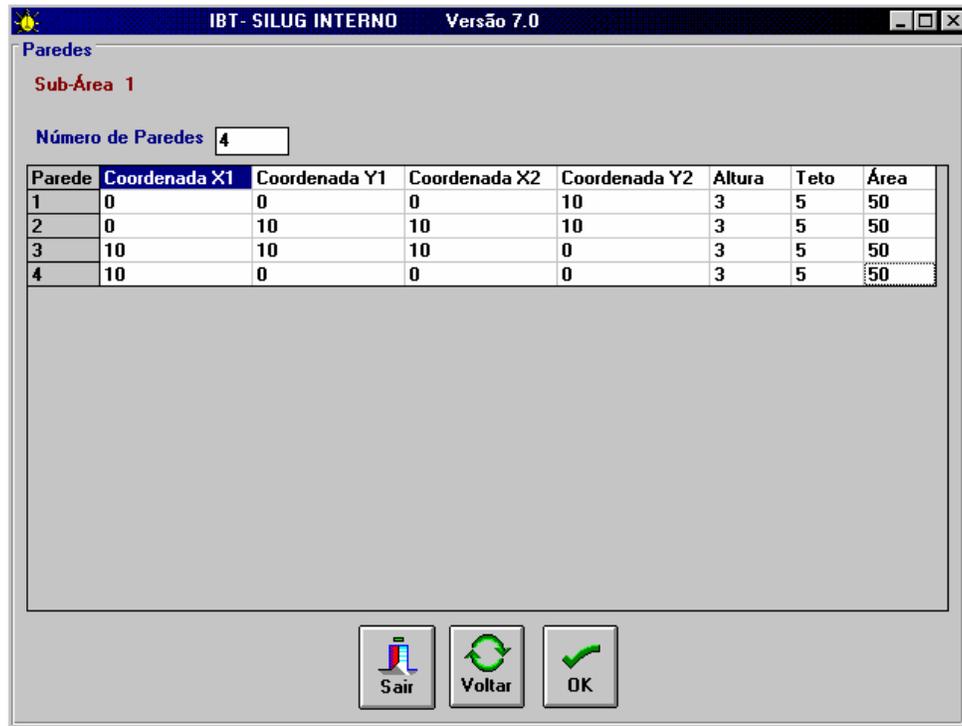
## APÊNDICE C – Manual SILUG interno



Quando a opção de método de cálculo não for pelo método de rendimentos, tem-se a seguinte tela que contém o número de vértices (inicia com mínimo de 3) e as coordenadas de cada vértice, onde o número de vértices e suas coordenadas poderão, se necessário, ser alterados no decorrer da digitação.

### APÊNDICE C – Manual SILUG interno

Após ter digitado todas as coordenadas dá-se um clique em “OK” que a área será calculada e a próxima tela aparecerá.



O Programa admite a inclusão de paredes divisórias e, portanto mesmo em áreas retangulares pode-se ter mais de 4 paredes. Essas divisórias podem ser consideradas como paredes e o número de paredes deverá ser aumentado conforme conveniência do projeto.

Após serem digitadas as coordenadas de cada parede o programa automaticamente calculará a respectiva área.

A escolha das luminárias é um procedimento simples, basta escolher na lista e clicar na área correspondente ao tipo e número da luminária.

Caso a escolha no início tenha sido para uso de luminárias, com a mesma altura de montagem, o programa adotará a altura de montagem informada no início e o campo será inabilitado para esta operação.

APÊNDICE C – Manual SILUG interno

IBT- SILUG INTERNO Versão 7.0

Afastamento das Luminárias

Número de Luminárias:

Tipo de Luminárias

Luminária	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Ângulo	Tipo
1	10	5	3	0	TBL-605/1-100IN-E

TBL-605/1-100IN-E  
 TBL-605/1D1-100IN-E  
 TBL-605/1R1-100IN-E  
 TBL-605/2-125HG-E  
 TBL-605/2-150IN-E  
 TBL-605/2-160MS-E  
 TBL-605/2-70SD-E  
 TBL-605/2-80HG-E

Luminária  
 Referência:   
 Fabricante:   
 Lâmpada  
 Tipo:   
 Fabricante:   
 Fluxo Total:  Lumens  
 Reator  
 Tipo:   
 Ignitor  
 Tipo:

Obs: Coordenadas em metros

Sair Voltar OK

Deve ser lembrado que o ângulo de cada luminária é somente válido para luminárias assimétricas, não tendo nenhum efeito matemático em luminárias simétricas, onde o ângulo é sempre relacionado como zero no eixo “X”.

Pergunta

Usar as reflexões do Teto, Parede e Piso nos cálculos

Yes No

Após a tela anterior é perguntado se as reflexões de teto, parede e piso exercem alguma influência nos cálculos luminotécnicos.

APÊNDICE C – Manual SILUG interno

**IBT- SILUG INTERNO**      **Versão 7.0**

**Índice de Reflexões**

<b>Material</b>	<b>Cor</b>
<input type="checkbox"/> Mármore claro : 70%	<input type="checkbox"/> Branca : 80%
<input type="checkbox"/> Cimento claro : 50%	<input type="checkbox"/> Cinza claro : 50%
<input type="checkbox"/> Concreto claro : 30%	<input type="checkbox"/> Cinza médio : 30%
<input type="checkbox"/> Concreto escuro : 10%	<input type="checkbox"/> Cinza escuro : 10%
<input type="checkbox"/> Granito : 10%	<input type="checkbox"/> Amarelo : 70%
<input type="checkbox"/> Tijolo claro : 30%	<input type="checkbox"/> Ocre : 30%
<input type="checkbox"/> Tijolo escuro : 10%	<input type="checkbox"/> Marrom : 10%
<input type="checkbox"/> Madeira claro : 30%	<input type="checkbox"/> Verde claro : 30%
<input type="checkbox"/> Madeira escura : 10%	<input type="checkbox"/> Verde escuro : 10%
<input type="checkbox"/> Reboque claro : 30%	<input type="checkbox"/> Rosa : 50%
<input type="checkbox"/> Reboque escuro : 10%	<input type="checkbox"/> Vermelho claro : 30%
<input type="checkbox"/> Ladrilho claro : 30%	<input type="checkbox"/> Vermelho escuro : 10%
<input type="checkbox"/> Ladrilho escuro : 10%	<input type="checkbox"/> Azul claro : 30%
<input type="checkbox"/> Mármore branco : 50%	<input type="checkbox"/> Azul escuro : 10%
<input type="checkbox"/> Alumínio : 50%	<input type="checkbox"/> Creme : 70%
<input type="checkbox"/> Alumínio brilhante: 80%	

**Locais de Reflexões**

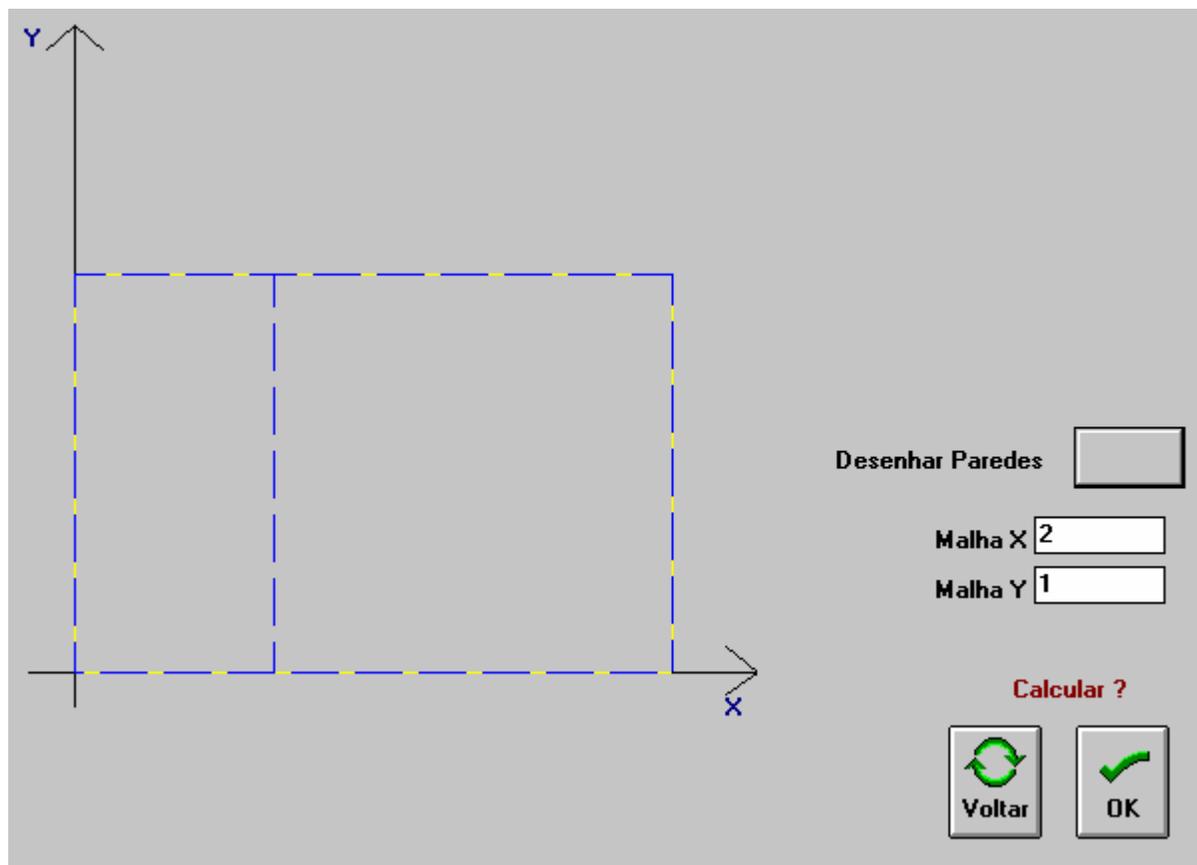
Reflexão no Teto : 70 %       Reflexão na Parede : 70 %       Reflexão no Piso : 70 %

**Para ajustar as reflexões apenas click o local da reflexão e posteriormente click o material ou cor**

Se a opção for positiva para as influências das reflexões nos cálculos, pode-se indicar aqui o valor dessa influência, clicando-se o valor correspondente para cada área como : teto, parede e piso.

Fazendo-se isso para cada opção, teto, parede e piso, o programa irá escrever o valor escolhido ao lado de cada opção, faltando somente um clique em “OK”.

*APÊNDICE C – Manual SILUG interno*

O programa possui uma tela gráfica que desenhará o local o qual está sendo calculado, onde as linhas amarelas referem-se ao encontro dos vértices e a linha serrilhada refere-se às paredes.

Caso se tenha colocado as coordenadas de alguma parede de forma errada, basta clicar em “Voltar” e corrigí-la. Lembrando que o valor da maior ordenada “x”, dividido pela malha “x” não deve ultrapassar o valor de 12 devido á impressão.

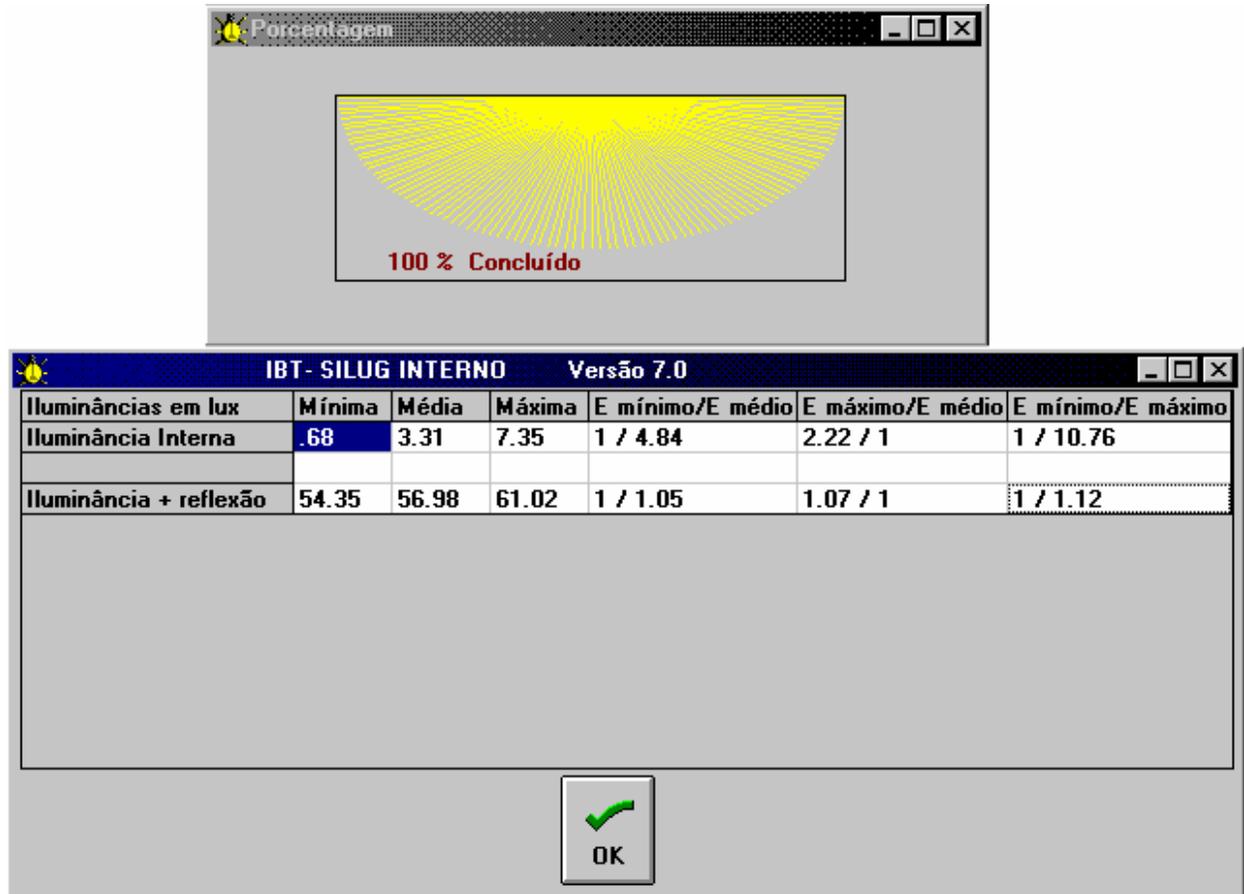
Como último passo, deve-se informar o fator depreciação (da lâmpada e luminária ) que será adotado para um período de 6 meses. Por exemplo: Caso seja adotado 20% como depreciação do fluxo luminoso emitido pelo projetor, informa-se ao programa o valor 0,8.

Quanto ao fator de utilização, o programa realizará, automaticamente, o seu cálculo. Ambos, serão indicados no relatório final. Os resultados obtidos serão automaticamente multiplicados pelo Fator de depreciação, que corresponderá, no exemplo citado, a 80% da situação da instalação nova.

Caso se queira o valor das iluminâncias no momento da inauguração da instalação, bastará que se processe o cálculo informando como fator de depreciação o valor " Um " ou “OK”.

*APÊNDICE C – Manual SILUG interno*

No final do cálculo, após teclar “OK” para continuar, será apresentada a seguinte tela.



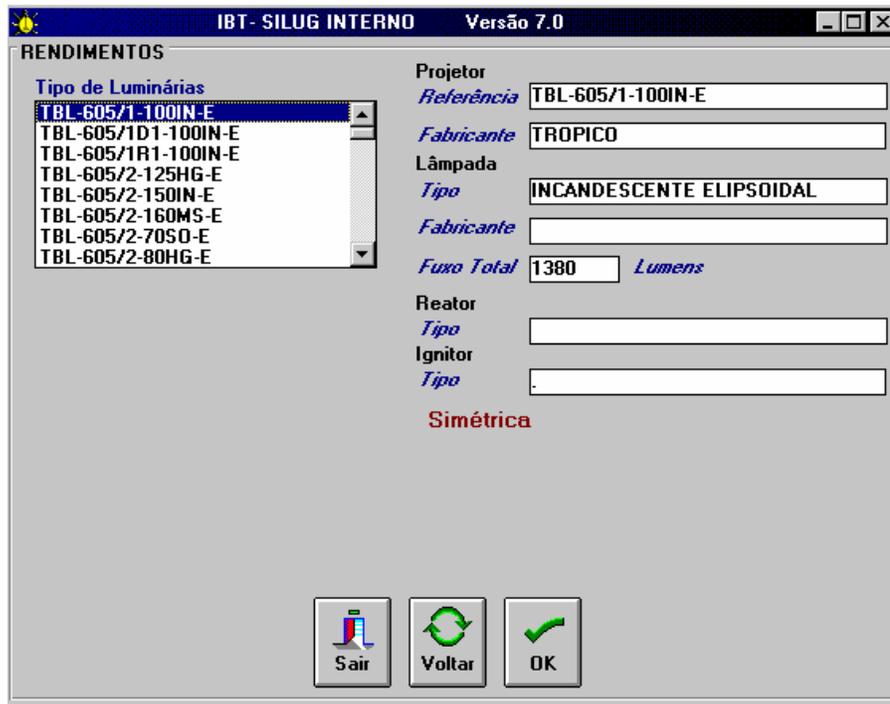
Esta tela serve para se verificar os níveis de **iluminância Mínima, Média e Máxima** e o **Número de Pontos Calculados para os Eh**, além de ser apresentado também as relações entre estes níveis, o que permite que se avalie a uniformidade.

Clique “OK” para confirmar o FIM do cálculo luminotécnico. Isto fará com que o sistema grave os dados de entrada e os valores calculados em seus arquivos para posterior impressão do relatório final.

Após o cálculo da Iluminância Horizontal será dada a opção para se proceder ao cálculo da iluminância no plano vertical.

### C.7- Cálculo de Iluminação Horizontal pelo Método dos Rendimentos

Após a opção de escolha do cliente será perguntado se quer que se calcule pelo método dos rendimentos.



Para o método dos rendimentos é necessário que se escolha apenas a luminária para o cálculo, e para isso escolha a luminária na lista e clique "OK".

*APÊNDICE C – Manual SILUG interno*

Com a influência das reflexões nos cálculos, pode-se indicar aqui o seu valor especificando-os para o Teto, Parede e Piso. Fazendo-se isso para cada opção, o programa irá escrever o valor escolhido ao lado de cada opção, faltando somente um clique em “OK”.

**IBT- SILUG INTERNO**      **Versão 7.0**

**Índice de Reflexões**

<b>Material</b>	<b>Cor</b>
<input type="checkbox"/> Mármore claro : 70%	<input type="checkbox"/> Branca : 80%
<input type="checkbox"/> Cimento claro : 50%	<input type="checkbox"/> Cinza claro : 50%
<input type="checkbox"/> Concreto claro : 30%	<input type="checkbox"/> Cinza médio : 30%
<input type="checkbox"/> Concreto escuro : 10%	<input type="checkbox"/> Cinza escuro : 10%
<input type="checkbox"/> Granito : 10%	<input type="checkbox"/> Amarelo : 70%
<input type="checkbox"/> Tijolo claro : 30%	<input type="checkbox"/> Ocre : 30%
<input type="checkbox"/> Tijolo escuro : 10%	<input type="checkbox"/> Marrom : 10%
<input type="checkbox"/> Madeira claro : 30%	<input type="checkbox"/> Verde claro : 30%
<input type="checkbox"/> Madeira escura : 10%	<input type="checkbox"/> Verde escuro : 10%
<input type="checkbox"/> Reboque claro : 30%	<input type="checkbox"/> Rosa : 50%
<input type="checkbox"/> Reboque escuro : 10%	<input type="checkbox"/> Vermelho claro : 30%
<input type="checkbox"/> Ladrilho claro : 30%	<input type="checkbox"/> Vermelho escuro : 10%
<input type="checkbox"/> Ladrilho escuro : 10%	<input type="checkbox"/> Azul claro : 30%
<input type="checkbox"/> Mármore branco : 50%	<input type="checkbox"/> Azul escuro : 10%
<input type="checkbox"/> Alumínio : 50%	<input type="checkbox"/> Creme : 70%
<input type="checkbox"/> Alumínio brilhante: 80%	

**Locais de Reflexões**

Reflexão no Teto : 70 %     
 Reflexão na Parede : 70 %     
 Reflexão no Piso : 70 %

**Para ajustar as reflexões apenas click o local da reflexão e posteriormente click o material ou cor**

*APÊNDICE C – Manual SILUG interno*

O projetista deve indicar a iluminância média desejada (em lux) e com isso o programa irá indicar o número de luminárias necessário para se ter uma boa uniformidade.

Caso o projetista escolha um número de luminárias inferior ao necessário, programa irá indicar a situação da uniformidade, mas não irá interromper o prosseguimento da operação.

IBT- SILUG INTERNO Versão 7.0

Iluminância média desejada : Emd =  lux

Numero mínimo de luminárias para se obter uma boa uniformidade

Número Calculado de Luminárias :

Situação de Uniformidade: SATISFATÓRIA

Número de luminárias adotado para cálculo

Iluminância média calculada (Emed)

**Situação de Uniformidade: SATISFATÓRIA**

Sair Voltar OK

Após isso o programa irá pedir o número de colunas desejado, sendo que o número de luminárias dividido pelo número de colunas deve ser sempre inteiro.

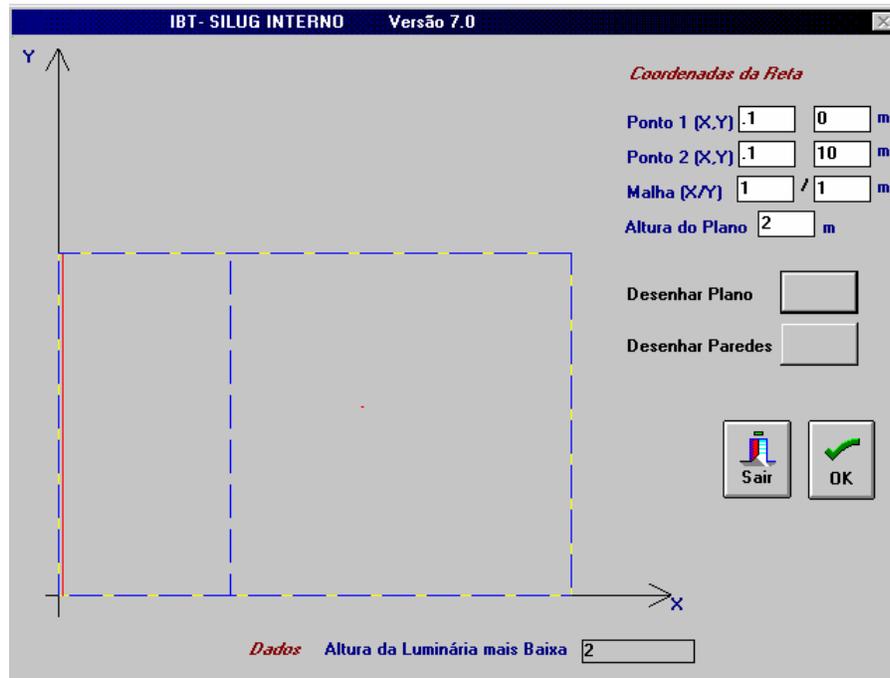
Depois de aceito os cálculos o programa irá armazenar o projeto e voltar ao início.

*APÊNDICE C – Manual SILUG interno*

### C.8- Cálculos de Iluminação Vertical

O cálculo de iluminação vertical é somente oferecido depois do cálculo de iluminação horizontal, sendo que ele utiliza todos os dados de iluminação horizontal para o cálculo.

O “Ponto 1 (X,Y)” e “Ponto 2 (X,Y)” referem-se aos pontos inicial e final do plano vertical.



O plano aparece em vermelho após o início do cálculo, lembrando-se para não se esquecer de clicar o lado do plano onde deverá se encontrar o observador. O programa somente considerará os projetores / luminárias que estiverem desse lado, uma vez que os demais nada contribuirão com os resultados.

Após o cálculo o programa irá arquivar automaticamente os dados, podendo ser utilizados para recálculo.

Wanderley Mauro Dib  
Maio / 2005

## **Manual do Software Supervisorio**

### **D.1 – Introdução**

O *Software QQ Revoluz LightMonitor 1.0* foi desenvolvido para monitorar e indicar a potência elétrica (ativa, reativa e aparente) do conjunto luminária, lâmpadas, reatores e/ou ignitores, assim como criar tabelas de posição (graus) versus iluminância (lux) e intensidade luminosa (Candelas / 1000 Lumens), para posterior tratamento dos dados em softwares de engenharia apropriados.

O *software QQ Revoluz LightMonitor 1.0* utiliza o *software* de programação **Labview 5.01** da **National Instruments**, e para a aquisição e controle de dados foram usados aparelhos **Data Quest®**, disponíveis no mercado brasileiro.

O *Software QQ Revoluz LightMonitor 1.0* tem sob seu domínio uma série de aparelhos que monitoram e controlam toda a cinética e aquisição de dados do sistema, assim a potência elétrica das lâmpadas, a intensidade luminosa, a posição angular do sistema são verificados para executar o ensaio com a mais alta fidelidade.

Sob o *software* estão três interfaces de comunicação serial RS232 que são solicitadas para leitura do luxímetro **ICEL**, placa de aquisição **DATA QUEST** e para leitura de medidor de potência **KRON MKD**.

Assim é calculado o tamanho da tabela a ser preenchida, permitindo o monitoramento e controle do ensaio. Não sendo detectado erro algum durante este processo é entregue ao usuário uma tabela em arquivo de formato \*.txt para posterior análise e visualização.

No Sistema **QQ Revoluz LightMonitor 1.0** foi usado um aparelho **Data Quest®** com a seguinte programação:

- **11 entradas digitais.**
- **6 saídas digitais.**
- **3 entrada analógica**

### *APÊNDICE D – Manual do software supervisorio*

No *Software QQ Revoluz LightMonitor 1.0* foram usadas as entradas digitais para monitorar a posição do braço principal da máquina (elevação), da luminária através (azimute), do motor de passo (conectado ao corpo da luminária para executar a rotação do mesmo), encoders absoluto e do inversor de frequência do acionamento do motor de indução.

As saídas digitais comandam o controlador do motor de passo e uma interface a relê que chaveia bornes de controle no inversor de frequência **CFW08** da **WEG** que é o responsável pelo movimento do braço principal do sistema.

#### **Especificações:**

Fonte de alimentação:	+5 Vdc.
Número de canais analógicos:	1
Número de canais digitais (I/O) por módulo:	13 IN e 6 OUT.
Entradas analógicas:	0-5Volts ou 4-20mA.
Entradas digitais e saídas (I/O) digitais:	Nível TTL.
Interface de comunicação:	Protocolo RS-232.

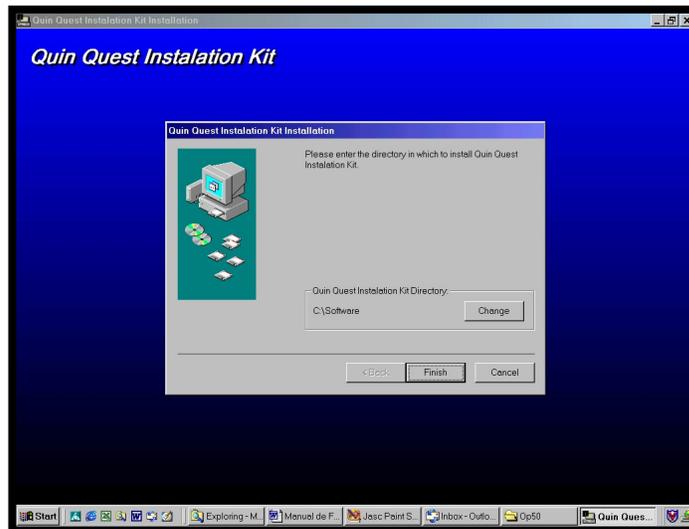
## **D.2 – Funcionamento do Software**

O *Software QQ Revoluz LightMonitor 1.0* é instalado no microcomputador em um arquivo de instalação com nome de “**Setup.exe**”, juntamente com 2 (dois) arquivos de dados com os seguintes nomes “Data.001” e “Data.002”.

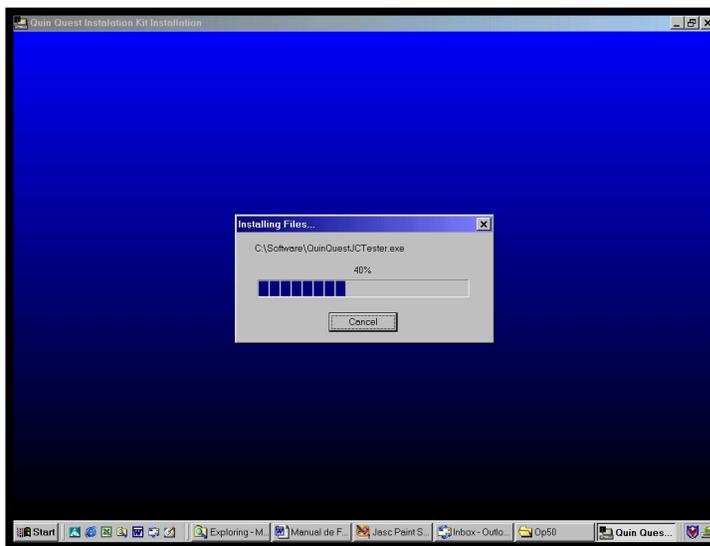
Para a instalação do *Software* deve-se proceder da seguinte forma:

- Copie todos os 3 (três) arquivos acima em uma mesma pasta;
- Execute o arquivo “*Setup.exe*” e a seguinte tela se abrirá:

*APÊNDICE D – Manual do software supervisorio*



- Clique sobre o botão **“Finish”**, a instalação se iniciará com a seguinte tela;



Quando a instalação se encerrar a seguinte mensagem será indicada, clique em **“OK”**;



- A instalação estará concluída.

*APÊNDICE D – Manual do software supervisorio*

A partir desse passo basta executar o programa que se encontrará no diretório “C:\Windows\Desktop\Programa\Programa Final\Final\Revoluz Iluminação.vi” com nome de “QQ Revoluz LightMonitor 1.0”. Assim procedendo a tela inicial do software aparecerá.



**Figura D.1 - Tela inicial do Software de Ensaio QQ Revoluz LightMonitor 1.0**

Antes de iniciar o ensaio deve-se colocar o braço principal na posição inicial, caso contrário o ensaio não começa, por isso foram criados controles manuais que manipulam a rotação da luminária e a posição do braço principal.



**Figura D.2 - Controles Manuais e Indicadores de Posição**

*APÊNDICE D – Manual do software supervisorio*

É necessário ajustar os dois indicadores de posição para zero atuando sobre os botões virtuais “Gira”, “Sobe” e “Desce”.

Para iniciar o ensaio o operador deve entrar com as **informações iniciais** para que o software calcule o tamanho da tabela:

<b>Giro de Luminária</b>	Posição	Limite de Giro	Int.Aquisição (2,5)	Tempo de Leitura(s)
	0,0	90,0	22,5	1
<b>Braço Principal</b>	Posição	Limite de Giro	Interv. Aquisição	Faixa de Medida
	0,00	90	10	Até 200 Lux <input checked="" type="radio"/> Até 2000 Lux

**Figura D.3 - Variáveis necessárias para início de ensaio**

1. Faixa de Medida do Luxímetro (0 – 20 lux, 0 – 200 lux, 0 – 2000 lux);
2. Limite de Subida do braço principal (em graus);
3. Intervalo de Medida no Braço Principal (em graus);
4. Limite de giro de luminária;
5. Giro de Luminária (em graus e número divisível por 2,5);

Ao iniciar o ensaio o operador é questionado sobre a certeza da faixa de medida selecionada do Luxímetro. Após a seleção da faixa e sua confirmação, o ensaio se inicia, do contrário o sistema fica pronto para tentar iniciar o ensaio novamente.

Ao clicar sobre o botão “Iniciar” o *software QQ Revoluz LightMonitor 1.0* calcula o tamanho da tabela a ser preenchida com valores em lux que serão obtidos ao longo do processo, por exemplo:

Limite de giro do Braço Pantográfico	90 Graus
Intervalo de giro do Braço Pantográfico	30 Graus
Limite de giro da Luminária:	200 Graus
Intervalo de giro de luminária	10 Graus

Como a tabela tem a configuração de salvar em colunas a posição da luminária e em linhas a posição do braço principal o exemplo formará uma tabela com o seguinte rosto:

**Tabela formada do tipo: 4 x 20 (quatro linhas e vinte colunas)**

*APÊNDICE D – Manual do software supervisorio*

Durante o ensaio o *software* **QQ Revoluz LightMonitor 1.0** monitora a tensão de alimentação e a potência absorvida pela luminária (conjunto lâmpada, reator e/ou ignitor), isso para garantir que durante todo o processo de aquisição de dados a lâmpada tenha o mesmo fluxo luminoso para que o resultado do ensaio não seja influenciado por variações além das permitidas. Também é indicado na mesma tela o valor da Iluminância, em lux, que irá preencher a tabela, para cada ângulo.



**Figura D.4 – Indicadores na Tela Principal do Software**

O indicador “**Lux (L)**” apresenta o valor em lux lido no último intervalo de aquisição. Este indicador é atualizado a cada intervalo configurado no início do processo. Existe também um gráfico que mostra este valor ao longo do tempo para um monitoramento visual que tem o nome de “**Registrador temporal de Iluminância**”

Para o traçamento da curva de distribuição luminosa, os valores de iluminância, em “**lux**”, devem ser convertidos para “**candelas / 1000 Lumens**”, através da Lei de Lambert, levando-se em consideração a distância entre a luminária e a fotocélula conforme reflexões dos espelhos.

Quando o Software terminar de preencher a tabela a que se destina fazer, apresenta ao operador uma caixa de diálogo padrão do **Windows**, para que este entre com o um nome e um local para que arquivo, que acabara de ser gerado, seja salvo.

Este arquivo é um arquivo **\*.TXT** que pode ser aberto em **MICROSOFT WORD** ou **MICROSOFT EXCEL** e em uma larga faixa de programas que aceitem o formato ASCII.

*APÊNDICE D – Manual do software supervisorio*

**Figura D.5 - Exemplo de caixa de diálogo que será aberta ao final do ensaio.**

O Software pode ser fechado como qualquer outro programa do **Windows** sem maiores cuidados.