

MARIA DOLORES RIPOLL TAVARES LEITE

**ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMINOSO DE ABERTURAS E
BASES PARA A CONSTRUÇÃO DE UM AMBIENTE
HIPERMÍDIA DE APRENDIZAGEM**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina,
como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Mestre em Engenharia Civil.**

**Florianópolis
2001**

ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMINOSO DE ABERTURAS E BASES PARA A CONSTRUÇÃO DE UM AMBIENTE HIPERMÍDIA DE APRENDIZAGEM

MARIA DOLORES RIPOLL TAVARES LEITE

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Fernando Oscar Ruttkay Pereira, PhD

**Florianópolis
2001**

ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMINOSO DE ABERTURAS E BASES PARA A CONSTRUÇÃO DE UM AMBIENTE HIPERMÍDIA DE APRENDIZAGEM

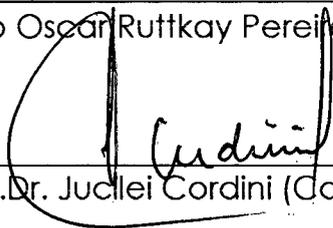
Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

Especialidade ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

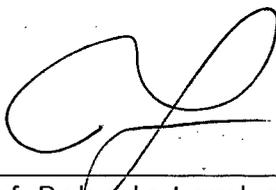


Prof. Fernando Oscar RuttKay Pereira, PhD. (Orientador-Moderador)



Prof. Dr. Judlei Cordini (Coordenador do Curso)

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Roberto Lamberts, PhD



Profª. Alice Theresinha Cybis Pereira, PhD



Profª. Sílvia Morel Correa, Drª

**Ao meu esposo Luiz,
companheiro e incentivador**

**Aos meus queridos filhos
Leonardo, Marina e Gabriel**

Agradecimentos

Ao Prof. Fernando Pereira, que orientou este trabalho com competência, paciência e compreensão.

À Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), em particular a Pró - Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento (PROPLAN), pela minha liberação do trabalho durante o período do mestrado.

Ao Prof. Roberto Lamberts pela orientação durante o Curso; à Prof^a Silvia Morel Correa pela colaboração no início da pesquisa e a Prof^a Allce Theresinha Cybis Pereira pelo apoio na finalização desta e a todos por aceitarem participar da Banca Examinadora contribuindo para a finalização do trabalho.

À toda minha família pelo incentivo e carinho sempre recebidos.

Sumário

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xiv
Lista de Abreviaturas e Siglas	xv
Lista de Símbolos	xvi
Resumo	xvii
Abstract	xviii
1 Introdução	1
1.1 Delimitação do Tema	2
1.2 Hipóteses	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo Geral	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Limitações do Trabalho	5
1.5 Estrutura do Trabalho	5
2 Iluminação Natural no Ambiente Construído	7
2.1 Iluminação Natural	8
2.2 Fontes de Luz Natural	8
2.2.1 Luz do Sol	9
2.2.2 Luz do Céu	9
2.2.3 Luz de Fontes Indiretas	10
2.3 Iluminação Natural e o Uso de Energia na Edificação	11
2.4 Função das Aberturas	13
2.5 Sistemas de Iluminação Natural	14
2.5.1 Aberturas Laterais	20
2.5.2 Aberturas Zenitais	22
2.6 Conforto Visual e os Níveis de Iluminação	24

2.7 Ferramentas de Avaliação e Projeto.....	27
2.7.1 Zonas de Iluminação	29
2.7.2 Métodos de Estudo	31
2.8 Parâmetros de Avaliação.....	32
3 Hipermídia e Aprendizagem	36
3.1 Sistemas Hipermídia para o Ensino.....	37
3.1.1 Realidade Virtual	39
3.2 Teorias de Aprendizagem no Uso Computacional.....	41
3.3 Desenvolvimento de Sistemas Hipermídia.....	44
3.4 Design da Interface	47
4 Metodologia de Avaliação do Desempenho Luminoso	50
4.1 Definição do Modelo.....	51
4.1.1 Parâmetros do Modelo	52
4.1.2 Padrões de Aberturas.....	53
4.2 Estudo Piloto.....	57
4.2.1 Parâmetros do Estudo Piloto	57
4.2.2 Coleta de Dados para o Estudo Piloto.....	57
4.2.3 Análise dos Dados do Estudo Piloto	58
4.3 Método Gráfico para Avaliação do Desempenho Luminoso	59
4.3.1 Coleta de Dados para o Método Gráfico	59
4.3.2 Mapeamento dos Dados para o Método Gráfico	60
4.3.3 Parâmetros de Desempenho.....	60
4.3.4 Construção do Zoneamento	63
4.3.5 Avaliação do Desempenho.....	63

5 Análises dos Resultados	65
5.1 Escolha dos Métodos Computacionais.....	66
5.2 Análise sobre o Estudo Piloto	68
5.3 Resultados Gráficos do Estudo Piloto.....	70
5.3.1 Diagramas isolux – Céu Encoberto – Equinócio	70
5.3.2 Diagramas isolux – Céu Encoberto – Inverno.....	72
5.3.3 Diagramas isolux – Céu Encoberto –Verão	74
5.3.4 Renderizações e Diagramas isolux – Céu Claro – Equinócio – Orientação Norte	76
5.3.5 Renderizações e Diagramas isolux – Céu Claro – Inverno – Orientação Norte	78
5.3.6 Renderizações e Diagramas isolux – Céu Claro – Verão – Orientação Norte	79
5.3.7 Diagramas isoFLD – Céu Encoberto	81
5.4 Aplicação do Método Gráfico.....	82
5.5 Apresentação dos Resultados do Método Gráfico.....	86
5.5.1 Aberturas Laterais Padrão P	87
5.5.2 Aberturas Laterais Padrão M.....	90
5.5.3 Aberturas Laterais Padrão G	93
5.5.4 Aberturas Zenitais Padrão P	96
5.5.5 Aberturas Zenitais Padrão M	99
5.5.6 Aberturas Zenitais Padrão G	102
5.5.7 Desempenho em função da Posição – Aberturas Laterais.....	105
5.5.8 Desempenho em função da Posição – Aberturas Zenitais.....	106
5.5.9 Desempenho em função da Forma – Aberturas Laterais e Zenitais.....	107
5.5.10 Desempenho em função do Tamanho – Aberturas Laterais e Zenitais	108
5.5 Análise Comparativa do Zoneamento.....	109
5.5.1 Aberturas Laterais Padrão P.....	110
5.5.2 Aberturas Laterais Padrão M.....	111

5.5.3	Aberturas Laterais Padrão G.....	112
5.5.4	Aberturas Laterais – todos os Padrões	113
5.5.5	Aberturas Zenitais Padrão P	114
5.5.6	Aberturas Zenitais Padrão M	115
5.5.7	Aberturas Zenitais Padrão G	116
5.5.8	Aberturas Zenitais – todos os Padrões.....	116
6	Estrutura do Aplicativo	118
6.1	Desenvolvimento da Estrutura do Aplicativo HiperMídia.....	119
6.2	Desenho da Interface do HiperLUX.....	124
6.3	A Navegação no HiperLUX.....	131
7	Conclusões	142
7.1	Considerações Finais	143
7.2	Conclusões.....	144
7.3	Limitações do Trabalho	145
7.3	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	146
	Referências Bibliográficas.....	147
	Anexo A.....	153

Listas de Figuras

FIGURA 2-1	Parâmetros de 1ºNível - Ambiente	17
FIGURA 2-2	Classificação das aberturas.....	19
FIGURA 2-3	Determinação das zonas de iluminação	31
FIGURA 2-4	Diagrama isolux bi e tridimensional em escala de cores.....	35
FIGURA 2-5	Diagrama isoFLD bi e tridimensional em escala de cores	35
FIGURA 4-1	Modelos laterais: FormaxDimensões	54
FIGURA 4-2	Modelos laterais: PosiçãoxDimensões	55
FIGURA 4-3	Modelos zenitais: Forma e PosiçãoxDimensões.....	56
FIGURA 5-1	Isolux-8h-equinócio-vista em planta e tridimensional	70
FIGURA 5-2	Isolux-10h-equinócio-vista em planta e tridimensional	70
FIGURA 5-3	Isolux-12h-equinócio-vista em planta e tridimensional	70
FIGURA 5-4	Isolux-14h-equinócio-vista em planta e tridimensional	71
FIGURA 5-5	Isolux-16h-equinócio-vista em planta e tridimensional	71
FIGURA 5-6	Isolux-18h-equinócio-vista em planta e tridimensional	71
FIGURA 5-7	Isolux-8h-inverno-vista em planta e tridimensional	72
FIGURA 5-8	Isolux-10h-inverno-vista em planta e tridimensional	72
FIGURA 5-9	Isolux-12h-inverno-vista em planta e tridimensional	72
FIGURA 5-10	Isolux-14h-inverno-vista em planta e tridimensional	73
FIGURA 5-11	Isolux-16h-inverno-vista em planta e tridimensional	73
FIGURA 5-12	Isolux-8h-verão-vista em planta e tridimensional	74
FIGURA 5-13	Isolux-10h-verão-vista em planta e tridimensional	74
FIGURA 5-14	Isolux-12h-verão-vista em planta e tridimensional	74
FIGURA 5-15	Isolux-14h-verão-vista em planta e tridimensional	75
FIGURA 5-16	Isolux-16h-verão-vista em planta e tridimensional	75
FIGURA 5-17	Isolux-18h-verão-vista em planta e tridimensional	75
FIGURA 5-18	Render-isolux-equinócio-8 horas	76
FIGURA 5-19	Render-isolux-equinócio-10 horas	76
FIGURA 5-20	Render-isolux-equinócio-12 horas	76
FIGURA 5-21	Render-isolux-equinócio-14 horas	76

FIGURA 5-22	Render-isolux-equinócio-16 horas.....	77
FIGURA 5-23	Render-isolux-equinócio-18 horas.....	77
FIGURA 5-24	Render-isolux-inverno-8 horas.....	78
FIGURA 5-25	Render-isolux-inverno-10 horas.....	78
FIGURA 5-26	Render-isolux-inverno-12 horas.....	78
FIGURA 5-27	Render-isolux-inverno-14 horas.....	78
FIGURA 5-28	Render-isolux-inverno-16 horas.....	79
FIGURA 5-29	Render-isolux-verão-8 horas.....	79
FIGURA 5-30	Render-isolux-verão-10 horas.....	79
FIGURA 5-31	Render-isolux-verão-8 horas.....	79
FIGURA 5-32	Render-isolux-verão-8 horas.....	80
FIGURA 5-33	Render-isolux-verão-8 horas.....	80
FIGURA 5-34	Render-isolux-verão-18 horas.....	80
FIGURA 5-35	Diagrama isoFLD-8h-vista em planta e tridimensional.....	81
FIGURA 5-36	Mod PIC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	87
FIGURA 5-37	Mod PH-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	87
FIGURA 5-38	Mod PV-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	87
FIGURA 5-39	Mod PIL-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	88
FIGURA 5-40	Mod PI2L-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	88
FIGURA 5-41	Mod PIBI-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	88
FIGURA 5-42	Mod PCC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	89
FIGURA 5-43	Mod PIM-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	89
FIGURA 5-44	Mod MIC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	90
FIGURA 5-45	Mod MH-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	90
FIGURA 5-46	Mod MV-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	90
FIGURA 5-47	Mod MIL-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	91
FIGURA 5-48	Mod MI2L-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	91
FIGURA 5-49	Mod MIBI-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	91
FIGURA 5-50	Mod MCC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	92
FIGURA 5-51	Mod MIM-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	92
FIGURA 5-52	Mod GIC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	93

FIGURA 5-53	Mod GH-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	93
FIGURA 5-54	Mod GV-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	93
FIGURA 5-55	Mod GIL-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	94
FIGURA 5-56	Mod GI2L-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	94
FIGURA 5-57	Mod GIBI-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	94
FIGURA 5-58	Mod GCC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	95
FIGURA 5-59	Mod GIM-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	95
FIGURA 5-60	Mod ZPIC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	96
FIGURA 5-61	Mod ZP4C-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	96
FIGURA 5-62	Mod ZPM-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	96
FIGURA 5-63	Mod ZPTC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	97
FIGURA 5-64	Mod ZPTD-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	97
FIGURA 5-65	Mod ZPLC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	97
FIGURA 5-66	Mod ZPLD-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	98
FIGURA 5-67	Mod ZMIC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	99
FIGURA 5-68	Mod ZM4C-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	99
FIGURA 5-69	Mod ZMM-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	99
FIGURA 5-70	Mod ZMTC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	100
FIGURA 5-71	Mod ZMTD-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	100
FIGURA 5-72	Mod ZMLC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	100
FIGURA 5-73	Mod ZMLD-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	101
FIGURA 5-74	Mod ZGIC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	102
FIGURA 5-75	Mod ZG4C-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	102
FIGURA 5-76	Mod ZGM-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	102
FIGURA 5-77	Mod ZGTC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	103
FIGURA 5-78	Mod ZGTD-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	103
FIGURA 5-79	Mod ZGLC-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral	103
FIGURA 5-80	Mod ZGLD-Zonas de Luz-vista em planta e vista lateral.....	104
FIGURA 5-81	Influência da posição para aberturas laterais Padrão P	105
FIGURA 5-82	Influência da posição para aberturas laterais Padrão M.....	105
FIGURA 5-83	Influência da posição para aberturas laterais Padrão G	105

FIGURA 5-84	Influência da posição para aberturas zenitais Padrão P.....	106
FIGURA 5-85	Influência da posição para aberturas zenitais Padrão M.....	106
FIGURA 5-86	Influência da posição para aberturas zenitais Padrão G.....	106
FIGURA 5-87	Influência da forma para aberturas laterais Padrão M.....	107
FIGURA 5-88	Influência da forma para aberturas zenitais Padrão M.....	107
FIGURA 5-89	Influência da tamanho para aberturas laterais.....	108
FIGURA 5-90	Influência da tamanho para aberturas zenitais.....	108
FIGURA 6-1	Fluxograma HiperLUX.....	122
FIGURA 6-2	Fluxograma HiperLUX (continuação).....	123
FIGURA 6-3	Tela inicial de Apresentação do HiperLUX.....	125
FIGURA 6-4	Tela Background Padrão.....	126
FIGURA 6-5	Exemplo de tela texto.....	127
FIGURA 6-6	Exemplo de tela com janela de conexão ao glossário.....	128
FIGURA 6-7	Exemplo de tela com foto.....	128
FIGURA 6-8	Exemplo de tela com gráfico.....	129
FIGURA 6-9	Exemplo de tela com renderização.....	129
FIGURA A-1	Telas 1, 2, 3 e 4 do story-board.....	154
FIGURA A-2	Telas 5, 6, 7 e 8 do story-board.....	155
FIGURA A-3	Telas 9, 10, 11 e 12 do story-board.....	156
FIGURA A-4	Telas 13, 14, 15 e 16 do story-board.....	157
FIGURA A-5	Telas 17, 18, 19 e 20 do story-board.....	158
FIGURA A-6	Telas 21, 22, 23 e 24 do story-board.....	159
FIGURA A-7	Telas 25, 26, 27 e 28 do story-board.....	160
FIGURA A-8	Telas 29, 30, 31 e 32 do story-board.....	161
FIGURA A-9	Telas 35, 36, 37, 38, 39 e 40 do story-board.....	162
FIGURA A-10	Telas 41, 42, 43, 44, 45 e 46 do story-board.....	163

Lista de Tabelas

TABELA 4-1	Padrões de Aberturas.....	53
TABELA 4-2	Classificação das Zonas de Luz em função do gradiente de 3:1	62
TABELA 4-3	Classificação das Zonas de Luz em função do gradiente de 6:1	62
TABELA 5-1	Fatores de Luz Diurna(%) e áreas(%) por Zona de Luz para aberturas laterais de Padrão P.....	83
TABELA 5-2	Fatores de Luz Diurna(%) e áreas(%) por Zona de Luz para aberturas laterais de Padrão M	83
TABELA 5-3	Fatores de Luz Diurna(%) e áreas(%) por Zona de Luz para aberturas laterais de Padrão G	84
TABELA 5-4	Fatores de Luz Diurna(%) e áreas(%) por Zona de Luz para aberturas zenitais de Padrão P	84
TABELA 5-5	Fatores de Luz Diurna(%) e áreas(%) por Zona de Luz para aberturas zenitais de Padrão M.....	85
TABELA 5-6	Fatores de Luz Diurna(%) e áreas(%) por Zona de Luz para aberturas zenitais de Padrão G	85

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIBSE	<i>The Chartered Institution of Building Services Engineers</i>
GMT	<i>Greenwich Meridian Time</i>
IHC	Interface Homem-Computador
Mod	Modelo

Lista de Símbolos

Z0	Região com insuficiente iluminação natural
ZA	Região iluminada naturalmente com gradiente de luz de 3:1
ZB	Região iluminada naturalmente com gradiente de luz de 6:1
ZC	Região iluminada naturalmente com gradiente de luz de, >6
ZAB	Região iluminada naturalmente com gradiente de luz de 6:1
FLD'	Fator de Luz Diurna superior da Zona 0
FLDA _{máx}	Fator de Luz Diurna superior da Zona A
FLDB _{máx}	Fator de Luz Diurna superior da Zona B
FLD _{máx}	Fator de Luz Diurna máximo
FLD _{mín}	Fator de Luz Diurna mínimo

Resumo

A pesquisa introduz um método gráfico de análise quantitativa do comportamento da luz natural admitida nos ambientes internos através de aberturas laterais e zenitais, e sua apresentação através de tecnologias computacionais para uso educacional.

As principais variáveis de estudo são a tipologia da abertura quanto à sua forma, tamanho e posição, e variáveis que intervêm no comportamento da luz natural como a condição de céu, a orientação da abertura e as variações horária e sazonal. O parâmetro de análise refere-se ao Fator de Luz Diurna e sua distribuição espacial no ambiente interno, resultando num método gráfico de avaliação de desempenho luminoso de aberturas.

Utiliza-se de programas computacionais para a criação de modelos, para a simulação da iluminação natural e para a geração de imagens e diagramas.

Define zonas de luz associadas a morfologias de aberturas laterais e zenitais. Gera um banco de imagens e resultados de uma forma apropriada para a estruturação de um aplicativo hipermídia educacional para apoio ao ensino de Iluminação Natural, baseado em Teorias de Aprendizagem.

Abstract

The research introduces a graphical method of quantitative analysis of the behavior of the admitted natural light in the internal environments through lateral and zenithal openings, and its presentation through computer technologies for educational use.

The main parameters of study are the opening tipology as to its form, size and position, and variable changes that intervene in the behavior of the natural light such as the sky condition, the orientation of the opening and the hourly and seasonal variations. The analysis parameter is the Daylight Factor and space distribution in the internal environment, resulting in a graphical method of evaluation of luminous performance of openings.

Computer software are used for the creation of models, the simulation of the natural illumination and for the generation of pictures and diagrams.

It defines light zones associated with the morphologies of lateral and zenithal openings. It generates a bank of pictures and results in an appropriate form for the structure of an applicable hypermedia education as a basis for the teaching of Natural Illumination, based on Theories of Learning.

Introdução

1.1 Delimitação do tema	2
1.2 Hipóteses	4
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo geral.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Limitações do trabalho	5
1.5 Estrutura do trabalho	5

1.1 Delimitação do Tema

Os profissionais das áreas de arquitetura e iluminação são os maiores responsáveis pela qualidade ambiental final do espaço arquitetônico e é a partir da sua formação e atuação que a condição atual das nossas edificações poderá começar a ser modificada. O potencial de eficientização energética dos edifícios, já identificado por diversos estudos realizados, passa necessariamente pela qualificação da formação destes profissionais.

Os parâmetros relativos ao conforto ambiental são decisivos no sentido de estabelecer o bom desempenho do projeto de arquitetura, porém não é prática usual a caracterização do Conforto Ambiental em edificações como suporte referencial quando da determinação das diretrizes que nortearão o desenrolar de um projeto.

Este trabalho insere-se como uma tentativa de preencher esta lacuna com a elaboração de referenciais arquitetônicos como uma importante fonte de dados qualitativos e quantitativos especialmente no início do projeto, enfocando, dentre os vários aspectos ligados à questão ambiental na arquitetura, a iluminação natural, considerada pelos arquitetos como um componente essencial na produção do espaço.

A iluminação natural pode ser usada como principal elemento em um projeto ou como elemento auxiliar. Alguns arquitetos como Wright , Le Corbusier , Nervi , Rudolph e Aalto utilizaram de forma muito eficiente a luz natural para valorizar seus projetos, colocando-a, em alguns deles, como elemento definidor do partido do projeto.

A combinação e localização das aberturas necessárias para prover o ambiente de uma distribuição de luz adequada têm grande influência no desempenho global das edificações , exigindo um projeto adequado, visto que as aberturas influenciam não só no desempenho luminoso, como também visual , térmico e acústico. Todos esses critérios partem do pressuposto de que o

projetista deva usar o envelope da construção como um filtro através do qual a luz natural atingirá o espaço interno.

O tema das variáveis e estratégias de desenho de iluminação natural tem merecido especial atenção na literatura especializada, especialmente no que diz respeito ao potencial de economia de energia elétrica associado ao correto aproveitamento da luz natural. A idéia de desenvolver módulos práticos de estudos de performance de diferentes tipologias de aberturas que possam ser experimentados pelo estudante será eficiente como forma de assimilar conceitos vistos em aulas teóricas, assim como forma de aplicação nos próprios trabalhos desenvolvidos no atelier de projetos.

É importante que um trabalho que se proponha a ser um banco de dados identifique as possibilidades arquitetônicas através da exibição da multiplicidade de opções de modelos, no caso, de aberturas e que proporcione a análise e informação dos aspectos relevantes e as lições decorrentes do uso dos casos de estudo e como estes podem aperfeiçoar a qualidade dos projetos das edificações. Pretendendo-se ainda tornar da forma mais acessível possível o seu manuseio e prática de aplicação utiliza-se a ferramenta de apoio atual, o microcomputador e da poderosa ferramenta de transmissão da informação que é a hipermídia.

A utilização de tecnologias da informação e de comunicação estão sendo cada vez mais empregadas na educação, favorecendo o desenvolvimento de novos métodos e práticas de ensino-aprendizagem.

A veloz transformação que a microinformática se desenvolve aliado ao fato de estarem sendo colocadas ao público linguagens interativas, fará cada vez mais do microcomputador um instrumento indispensável à formação e à capacitação de pessoas. A hipermídia ao aproximar-se da realidade torna a divulgação da informação produtiva, atraente e eficaz, sobremaneira na capacidade de transmitir ensinamentos através principalmente da interação com o estudante, despertando no aluno a sua participação efetiva no processo ensino-aprendizagem.

1.2 Hipóteses

- A distribuição da luz natural é função da orientação, das condições de céu, da forma, posição e do tamanho da abertura;
- O uso do zoneamento do Fator de Luz Diurna proporciona uma avaliação visual, prática e eficaz das condições de iluminação em um ambiente;
- O uso da hipermídia apresenta um potencial para aquisição do conhecimento e, a metodologia desenvolvida poderá ser implementada em um ambiente hipermídia para aprendizagem e facilitará ao aluno a construção do seu conhecimento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma ferramenta metodológica que proporcione aos projetistas as considerações para o estabelecimento do conceito de iluminação natural no ambiente em função de um desejado nível de uniformidade de luz, e apresentá-la sob a forma de um aplicativo hipermídia para melhoria do processo ensino-aprendizado de Iluminação Natural.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um estudo piloto para avaliar variáveis intervenientes no comportamento da luz natural;
- Estabelecer a relação entre uma dada morfologia de abertura e o padrão de distribuição de iluminação, gerando um banco de imagens que possa ser experimentado através dos recursos da hipermídia;
- Relacionar o desempenho luminoso com o tamanho, com a forma e com a posição das aberturas;

- Desenvolver um aplicativo hipermídia para apresentação do método proposto.

1.4 Limitações do Trabalho

A análise desenvolvida sobre o modelo de estudo parte do pressuposto de que o gradiente de luz, representado pela variação do Fator de Luz Diurna, permita avaliar o comportamento da luz natural em termos de uniformidade na distribuição da luz no ambiente.

Por não se estender o trabalho até a implementação do aplicativo através de um programa de autoria, a validação do protótipo não é realizada.

1.5 Estrutura do Trabalho

Buscando o alcance dos objetivos propostos, este trabalho foi estruturado da seguinte forma:

-Capítulo 1 - neste primeiro capítulo é desenvolvida uma apresentação do tema proposto através da formulação do problema, as hipóteses, os objetivos geral e específicos, as limitações do trabalho e a estrutura da dissertação.

-Capítulo 2 - é apresentada a revisão bibliográfica sobre a Iluminação Natural.

-Capítulo 3 - é apresentada a revisão bibliográfica sobre Hipermídia e Aprendizagem.

-Capítulo 4 - este capítulo é dividido em três etapas, iniciando com um estudo sobre as características de um modelo que permita a avaliação do desempenho luminoso de aberturas. A segunda etapa apresenta um estudo piloto para verificar a influência de variáveis intervenientes no comportamento da luz natural no ambiente. A terceira etapa mostra o desenvolvimento da ferramenta metodológica para o estabelecimento do conceito de iluminação natural no ambiente em função de um desejado nível de uniformidade de luz.

-**Capítulo 5** - apresenta e discute os resultados obtidos com o estudo piloto e os resultados obtidos com a aplicação do Método Gráfico para avaliação de Desempenho Luminoso de Aberturas.

-**Capítulo 6** – é apresentado a proposta de desenvolvimento de forma teórica do aplicativo hipermídia que visa mostrar a metodologia desenvolvida para avaliação do Desempenho Luminoso de Aberturas em um ambiente hipermídia de Aprendizagem.

-**Capítulo 7** – neste último capítulo são apresentadas as conclusões encontradas com o trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

Iluminação Natural no Ambiente Construído

2.1 Iluminação Natural	8
2.2 Fontes de Luz Natural	8
2.2.1 Luz do Sol	9
2.2.2 Luz do Céu	9
2.2.3 Luz de Fontes Indiretas.....	10
2.3 Iluminação Natural e o Uso de Energia na Edificação	11
2.4 Função das Aberturas	13
2.5 Sistemas de Iluminação Natural	14
2.5.1 Aberturas Laterais	20
2.5.2 Aberturas Zenitais.....	22
2.6 Conforto Visual e os Níveis de Iluminação	24
2.7 Ferramentas de Avaliação e Projeto	27
2.7.1 Zonas de Iluminação	29
2.7.2 Métodos de Estudo	31
2.8 Parâmetros de Avaliação	32

2.1 Iluminação Natural

“A luz é somente um dos muitos aspectos da arquitetura. Mas luz revela o edifício, suas intenções, seu local, sua forma, seu espaço e seu significado. Luz revela arquitetura e, nos melhores momentos, a arquitetura revela a luz” (MILLET, 1996, p.3).

A luz natural que é admitida no interior das edificações consiste em luz proveniente diretamente do sol, luz difundida na atmosfera (abóbada celeste) e luz refletida no entorno.

A magnitude e distribuição da luz no ambiente interno depende de um conjunto de variáveis, tais como: da disponibilidade da luz natural (quantidade e distribuição variáveis com relação às condições atmosféricas locais), de obstruções externas, do tamanho, orientação, posição, forma e detalhes de projeto das aberturas, das características óticas dos elementos envidraçados, do tamanho e geometria do ambiente e das refletividades das superfícies internas.

Um bom projeto de iluminação natural tira proveito e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. As decisões mais críticas, a este respeito, são tomadas nas etapas iniciais de projeto.

2.2 Fontes de Luz Natural

Dentro do estudo da iluminação, destaca-se o uso da iluminação natural como fonte primeira de iluminação, usada desde os primórdios da arquitetura e a qual se deve dar atenção especial por suas características e potencial de aproveitamento. As fontes de luz natural, para fins de projeto, podem ser caracterizadas como diretas (luz do sol e luz difusa do céu), e indiretas (luz de

difusores refletivos ou translúcidos que foram originalmente iluminados por outras fontes primárias ou secundárias).

2.2.1 Luz do Sol

A luz do sol fornece de 60 a 110 klx no plano horizontal (10 a 15 vezes maior que a luz proporcionada por um céu encoberto). Por tal, ela é intensa demais para ser usada como iluminação de tarefa. A alta eficiência luminosa e a excelente reprodução de cores da luz solar associado ao fato de que a mesma é abundante durante a maior parte do horário de trabalho e ao longo do transcurso do ano conduz ao seu aproveitamento como fonte de luz para iluminação de ambientes internos. Como sugere SOUZA, R. (1997), pode-se usar recursos para torná-la uma fonte refletida o que faria com que os níveis de iluminação fossem menores do que os obtidos pelos raios solares diretos e fazendo com que o foco direcional desta fonte de luz seja mais uniformemente distribuído pelo ambiente que se deseja iluminar.

2.2.2 Luz do Céu

A luz do céu é o resultado da refração e da reflexão da luz solar ao passar pela atmosfera. Enquanto a luz solar é uma fonte pontual, a luz do céu é uma fonte superficial. Ela produz uma iluminação suave, não direcional, relativamente sem sombras. Os níveis de iluminação resultantes são menores do que os produzidos pela luz solar direta; podendo variar de 5 a 20 klx. Segundo PEREIRA (1995), a distribuição das luminâncias da abóbada celeste varia de acordo com as condições atmosféricas, e as condições de céu empregadas nas técnicas de simulação são: céu claro, céu parcialmente encoberto e céu encoberto.

Numa condição de céu claro (inexistência de nuvens e baixa nebulosidade), as reduzidas dimensões das partículas de água provocam que apenas os comprimentos de onda da porção azul do espectro emirjam em

direção à superfície da terra, conferindo esta cor ao céu. Sob estas condições, o céu apresenta sua porção mais escura a 90° do sol e sua parte mais brilhante ao redor deste. Além deste efeito, o céu tende a ser mais brilhante nas regiões próximas da linha do horizonte, devido a maior espessura da massa de ar que a luz tem de atravessar. Esta condição também se encontra normalizada, com possíveis correções para a consideração de diferentes tipos de nuvens.

O céu encoberto resulta da reflexão/refração da luz direta do sol (todos os comprimentos de onda) em grandes partículas de água em suspensão na atmosfera. O resultado é uma abóbada cinza-claro, com a porção zenital apresentando uma luminância três vezes maior que a da porção próxima à linha do horizonte. Cabe salientar que, de uma certa forma, a altura solar afeta a luminância de céus encobertos - em qualquer latitude um céu encoberto pode ser duas vezes mais brilhante no verão do que no inverno PEREIRA (1995).

No céu parcialmente encoberto tem-se a abóbada encoberta com a presença sazonal do sol alternada por períodos de nebulosidade variável. É próprio do clima temperado úmido ou quente úmido MASCARÓ (1981).

2.2.3 Luz de Fontes Indiretas

Quando uma superfície refletiva fosca é iluminada por uma fonte primária, sua luminância resultante a torna uma fonte indireta de iluminação. Uma vez que esta superfície pode ser considerada como difusora ela se torna então, uma fonte distribuída - a qualidade e distribuição de sua luz sendo virtualmente idêntica à luz direta do céu admitida através de uma abertura de tamanho similar. Se iluminada diretamente pelo sol, a iluminação refletida por uma superfície branca pode chegar a 50 klx ou 100 klx, substancialmente maior que a luminância da abóbada celeste. De modo similar, materiais translúcidos de vidro podem ser utilizados como fontes indiretas.

2.3 Iluminação Natural e o Uso de Energia na Edificação

Dentro do cenário brasileiro de energia, onde é mostrada a participação das diversas fontes de energia que atuam na Matriz Energética Nacional, enfocando os setores da economia (residencial, comercial e pública) é a edificação o lugar comum e consumidor maior de energia.

Sabe-se que o consumo de energia de um edifício está condicionado ao seu projeto arquitetônico, e que um edifício será mais eficiente energeticamente que outro quando proporcionar as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

É preciso que os projetistas tenham conhecimento da eficiência energética na arquitetura e para isto, pesquisas importantes vêm sendo conduzidas nas escolas de arquitetura e engenharia para auxiliar na elaboração dos projetos.

Frente ao desenvolvimento tecnológico dos sistemas de iluminação artificial e dos sistemas de controle, e com o agravamento da crise de energia elétrica através da falta de investimentos no setor, além dos elevados custos financeiro e ambiental necessários para sua ampliação, obrigam os profissionais projetistas de edificações a buscarem soluções cada vez mais eficazes para seus projetos.

Segundo GHISI (1997) "Um elevado potencial de economia de energia pode ser alcançado se a iluminação natural for utilizada como uma fonte de luz para iluminar os ambientes internos. No entanto, a iluminação natural não resulta diretamente em economia de energia. A economia só ocorre quando a carga de iluminação artificial pode ser reduzida através de sua utilização. Existem poucas edificações em que a iluminação natural possa suprir o total de iluminação necessária, da mesma forma, existem poucas edificações em que a iluminação natural não possa contribuir significativamente na iluminância do ambiente."

Segundo Souza (1995) o aproveitamento da luz natural poderá reduzir o consumo de energia elétrica gasta no sistema de iluminação artificial em

prédios de escritórios de 35% a 70%, representando no consumo total da edificação uma redução de 10% a 35%.

No que diz respeito ao aproveitamento da luz natural é certo lembrar da variabilidade da sua disponibilidade em relação à posição geográfica do local, situação do entorno, época do ano, horário do dia, condições de céu, das variáveis arquitetônicas inerentes à edificação tais como forma, função, fechamentos e sistemas de iluminação e das variáveis humanas inerentes ao conforto visual, nível de iluminação, contraste e ofuscamento.

Conforme ressaltava AMARAL (1999) existem tarefas que exigem níveis de iluminação especiais e uniformes para seu desenvolvimento, por vezes não proporcionados apenas pela utilização da luz natural, exigindo o uso de iluminação artificial suplementar, através de sistemas de iluminação artificial que devem ser concebidos de forma integrada e apropriada à utilização da luz natural.

Ainda segundo AMARAL (1999, p.15): "O princípio básico da iluminação suplementar baseia-se na garantia de iluminância necessária e exigida pela função em questão, na totalidade do ambiente e na relação de luminância entre os locais iluminados natural ou artificialmente. Atendendo a estes requisitos a técnica possibilitará um nível constante de iluminância, luz necessária para aumentar a luminosidade aparente do local até um nível tal que assegure que não haja áreas escuras no ambiente, sem grande consumo de energia elétrica e uma luminância adequada que contrabalance o desconforto causado pelo céu visível através da janela."

A utilização de cores claras nas superfícies de ambientes internos, além de possibilitarem a redução da potência instalada em iluminação artificial, tornam os espaços mais claros e interferem diretamente também no rendimento da iluminação natural no ambiente.

2.4 Função das Aberturas

O projeto da edificação e a seleção das aberturas estão relacionados intimamente e para a definição da escolha da abertura é necessária a determinação da função a ser desempenhada pela mesma. Estas são:

- Proporcionar a visão do exterior
- Proporcionar luz natural
- Proporcionar ventilação natural
- Diminuir os ganhos de calor no verão
- Diminuir as perdas de calor no inverno
- Proporcionar ganhos de calor solar no inverno

As três primeiras funções – proporcionar vistas, luz, e ar fresco – representam as funções tradicionais da janela que não mudam fundamentalmente com as novas tecnologias que são introduzidas, embora a capacidade de proporcionar mais luz natural, por exemplo, sem um significativo custo de energia está agora disponível. Entretanto, os outros três objetivos são influenciados consideravelmente pela habilidade de escolha de janelas de alta performance energeticamente (CARMODY, 1996, p.112).

Algumas dessas novas tecnologias ainda não estão disponibilizadas pela indústria nacional, mas o projeto integrado dos sistemas de iluminação natural considerando não só o elemento do ponto de vista da arquitetura como também da eficiência energética permite a obtenção de resultados que auxiliam a conservação de energia da edificação. Cite-se a utilização de elementos de controle como, por exemplo, as superfícies de separação, as telas flexíveis e as rígidas, os filtros e as proteções solar.

Ainda com respeito à função desempenhada pela janela sugere BAKER et al (1993, p.5.7) que, se a função mais importante é a iluminação, é usualmente melhor localizá-la numa posição alta e dimensioná-la para otimizar a entrada de luz natural. Por outro lado se o aspecto ventilação será

favorecido, sua posição na parede é mais importante do que o seu tamanho enquanto que para uma melhor vista do exterior, o tamanho da janela e a altura do peitoril são extremamente importantes, pois quanto mais baixa a janela mais favorável será para a visão. Na prática estas três funções estão combinadas na maioria dos tipos de aberturas.

2.5 Sistemas de Iluminação Natural

Um sistema de iluminação natural compreende tudo o que é necessário para que a iluminação natural funcione como um sistema ambiental – tais como aberturas, meio transparente (envidraçados), dispositivos de controle da insolação e controle da iluminação artificial. Um conceito de iluminação natural é a combinação de aberturas de luz natural necessárias para proporcionar a desejada distribuição de luz natural no ambiente ou edificação (ROBBINS, 1986).

O projeto da edificação iluminada naturalmente é baseado sobremaneira nas relações entre o ambiente ou espaço iluminado e os tamanhos, formas, e localizações das várias aberturas de luz natural que proporcionam ao recinto iluminação natural.

O projeto de iluminação deve proporcionar um entorno visual seguro e confortável para a realização da tarefa visual levando em consideração o nível de iluminação suficiente para o plano de trabalho e para os demais pontos do ambiente, o problema do ofuscamento, a correta distribuição das luminâncias das superfícies interiores e a correta alocação, tamanho e forma das aberturas visando às condições adequadas da distribuição da luz pelo ambiente.

De uma forma otimizada PEREIRA (1995) apresenta uma proposta de categorização dos componentes de iluminação natural, que compreendem dois grupos básicos:

- componentes de condução da luz
- componentes de passagem da luz

O primeiro grupo, que na sua configuração mais simples é o próprio espaço, serve de guia e distribuição da luz no espaço interno, servindo de conexão dos componentes de passagem; estes, por sua vez, são elementos que permitem a passagem da luz de um ambiente iluminado para outro, sendo a abertura o exemplo mais comum.

Os componentes de passagem são classificados em:

- lateral, localizado em superfícies verticais do envoltório, admitindo penetração de luz lateral;
- zenital, localizado, em geral, na cobertura, permitindo penetração de luz zenital;
- global, é parte do envoltório, pode envolver o espaço interno parcial ou totalmente e proporciona iluminação lateral e zenital.

Em metodologia elaborada por BAKER et al (1993) 3 níveis são definidos para caracterização da edificação iluminada naturalmente, quais sejam:

- nível I: o ambiente
- nível II: o edifício
- nível III: o layout do espaço urbano

O ambiente é definido como o primeiro nível tipológico do sistema arquitetônico, ver FIGURA 2-1, e os parâmetros que o caracterizam são:

- A- Lay-out da planta do ambiente, cujas variantes são (A1) unilateral, (A2) bilateral, (A3) ambiente profundo, (A4) outros.
- B- Posição do coletor de luz, cujas variantes são (B1) dentro do plano central, (B2) dentro do plano zenital, (B3) entre planos, (B4) entre planos de canto, (B5) paredes janela, (B6) outros.
- C- Áreas coletoras e difusoras de luz, cujas variantes são (C1) iluminação lateral até 15%, (C2) iluminação lateral de 15% a 30%, (C3) iluminação lateral acima de 30%, (C4) iluminação zenital até 15%, (C5) iluminação zenital de 15% a 30%, (C6) iluminação zenital acima de 30%, (C7) outros.
- D- Forma da abertura, cujas variantes são (D1) janela intermediária, (D2) abertura horizontal, (D3) abertura vertical, (D4) parede total envidraçada, (D5) abertura no teto, (D6) teto total envidraçado, (D7) outros.
- E- Elementos de controle do ofuscamento, cujas variantes são (E1) filtros de luz, (E2) telas rígidas, (E3) outros.

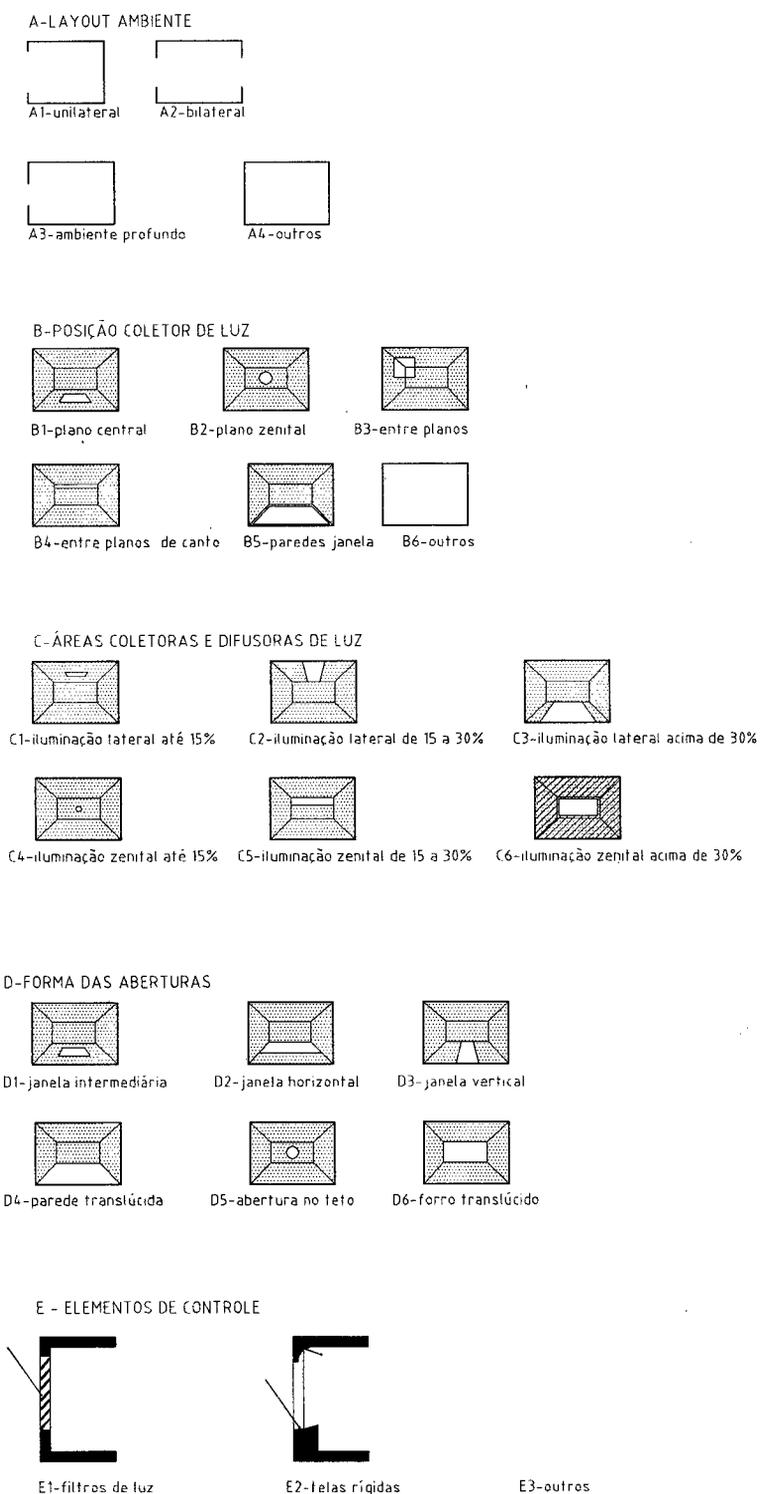


FIGURA 2-1 – Parâmetros de 1ª Nível – Ambiente
 Fonte: Baker et al, 1993

Os parâmetros do segundo nível tipológico caracterizam a estrutura da edificação e são:

- F- Lay-out da planta do edifício, cujas variantes são (F1) planos profundos, (F2) um andar, (F3) blocos unilaterais/bilaterais, (F4) pátios internos, (F5) átrios, (F6) edifícios em conchas duplas, (F7) outros.
- G- Razão parede/abertura, cujas variantes são (G1) 25% de aberturas, (G2) 50% de aberturas, (G3) 75% de aberturas, (G4) outros.
- H- Distribuição das aberturas nas paredes, cujas variantes são (H1) fachadas simétricas, (H2) fachadas solar assimétricas, (H3) fachadas assimétricas no espaço urbano, (H4) outros.
- I- Elementos de controle solar, cujas variantes são (I1) pórtico, (I2) brise-soleil, (I3) beirais, (I4) outros.
- J- Aberturas no telhado, cujas variantes são (J1) zenitais, (J2) telhado monitor, (J3) clerestório, (J4) envidraçados, (J5) vidros escalonados, (J6) outros.

Estes dois níveis de análise caracterizam a abertura e seu entorno na edificação.

A abertura na sua concepção básica - a janela - é classificada em função das suas variáveis geométricas: tamanho, formato e posição, ver FIGURA 2-2.

Quanto ao tamanho em relação a sua área absoluta (m^2), classifica-se em:

- pequena: área menor do que $0,5 m^2$
- média: área entre $0,5$ e $2 m^2$
- grande: área maior do que $2 m^2$

Quanto a sua forma classifica-se em:

- horizontal: razão altura/largura de 1:2
- vertical: razão 2

- intermediária: razão entre 1:2 e 2

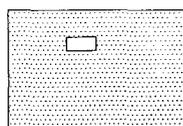
Quanto à posição, em relação à altura:

- alta
- média
- baixa

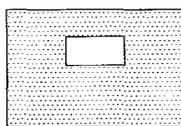
Quanto à largura :

- central
- lateral
- de canto

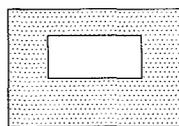
TAMANHO



P-pequena

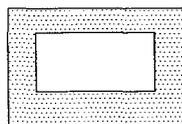


M-média

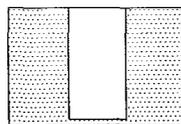


G-grande

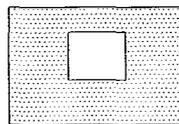
FORMA



H-horizontal

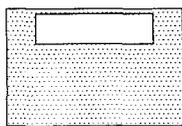


V-vertical

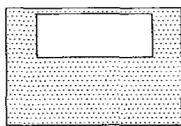


I-intermediária

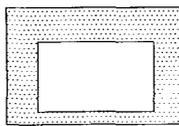
POSIÇÃO / ALTURA



A-alta

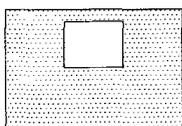


M-média

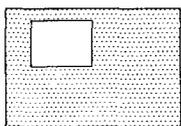


B-baixa

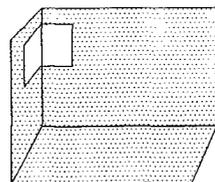
POSIÇÃO / LARGURA



C-central



L-lateral



D- de canto

FIGURA 2-2 – Classificação das aberturas

Fonte: autora

Ainda com relação à orientação geográfica que tem grande influência sobre a iluminação natural, são consideradas como aberturas orientadas:

- ao Norte
- à Leste e Oeste
- ao Sul

2.5.1 Aberturas Laterais

O conceito de iluminação lateral segundo ROBBINS (1986) usa as paredes da edificação como local das aberturas de luz natural, normalmente destinadas a proporcionar luz que atinge plano horizontal de trabalho.

A iluminação lateral é a forma mais comumente usada de iluminação natural, e acontece efetivamente nas regiões próximas às janelas; como a iluminância produzida reduz-se à medida que se afasta da fonte, este sistema provoca uma distribuição de iluminâncias inadequada na maioria dos casos.

Tanto a luminância excessiva proveniente da abóbada celeste e do sol, como o calor por estes emitidos, devem ser controlados através do uso de elementos de controle. Os elementos de controle, como por exemplo os fatores de sombra, colocados externamente na abertura fornecem proteção termoluminosa, os colocados internamente só controlam a luz que entra no local.

O controle da luminância das superfícies iluminantes é fundamental para se obter uma boa iluminação, como salienta CORREA (1997), os sistemas clássicos que evitam o ofuscamento como por exemplo as cortinas ao reduzirem a luminância produzem também uma redução na transmitância e obstruem a visão do exterior. Diz a autora: “..o redirecionamento da luz incidente para o teto, mantém quase a mesma quantidade de luz e a luminância excessiva pode ser reduzida ao gradiente desejado”, com o uso de sistemas que fazem uso deste princípio.

As aberturas laterais compreendem a janela, a janela balcão, a parede translúcida e a parede cortina.

- **Janela**

A janela é uma abertura na superfície vertical da edificação, a qual permite uma relação entre o exterior e o interior e constitui-se na forma mais utilizada de abertura. A janela permite agrupar todas as funções esperadas de uma abertura, ou seja, permite o intercâmbio lumínico, térmico e acústico, assim como a ventilação natural e a visão do exterior.

As dimensões mais usuais são de 1,2 a 1,8 m de altura e 0,8 a 2,5 m de largura. Seu fechamento pode ser feito com material transparente ou translúcido, em uma, duas ou mais camadas de revestimento, incorporando no seu interior novas tecnologias de isolamento térmico e também barreiras para isolamento acústico.

Conforme salienta CORREA (1997, p.84) a separação das funções pode ser indicada em alguns casos, por exemplo à janela para iluminação e ventilação natural pode ser uma janela alta distinta da janela que permita a visualização do exterior.

- **Janela balcão**

Similar a janela, pode permitir a passagem de pessoas além de proporcionar visão favorecida do meio-ambiente. Suas dimensões variam entre 1 e 3m na largura e entre 2 e 3 m na altura. Seu fechamento pode ser feito com superfícies transparentes ou translúcidas. Os níveis de iluminação junto à janela balcão são bastante elevados.

- **Parede translúcida**

São paredes construídas com materiais que deixam passar a luz e ocupam parcial ou totalmente um fechamento e fazem parte do fechamento vertical da edificação. Podem ocupar a área lateral inteiramente do piso até o teto separando dois ambientes luminosos de forma a permitir a penetração

lateral da luz difusa e homogênea, impedindo a visão do exterior. Normalmente os materiais empregados são os tijolos de vidro e blocos acrílicos, sendo uma alternativa combina-los com material transparente e partes móveis que proporcionem ventilação.

- **Parede cortina**

A parede cortina é uma superfície vertical transparente ou translúcida sem função estrutural que constitui o fechamento externo de uma edificação. Permite ganhos térmicos e superaquecimento nas fachadas com incidência da luz solar direta. Geralmente consiste de uma estrutura metálica, a qual sustenta uma superfície transparente ou translúcida cuja espessura é normalmente menor do 5 cm.

2.5.2 Aberturas Zenitais

Segundo CABÚS (1997), a iluminação zenital fornece, em geral, uma maior uniformidade na distribuição da luz sobre o campo de trabalho, quando comparada a sistemas laterais com mesma área de abertura. Além disso, sua capacidade em captar a radiação luminosa, quer do sol, quer da abóbada celeste é outro aspecto a ser ressaltado. No entanto, não fornece uma visão do entorno, necessidade básica na grande maioria dos ambientes. Somado a essa questão, outro problema dos zenitais é a limitação do seu uso a edificações de um pavimento ou ambientes de cobertura.

A enorme carga térmica existente sobre a cobertura do edifício, própria das regiões tropicais e subtropicais, deve ser considerada no projeto de iluminação zenital, sendo necessário limitar a superfície a valores que não comprometam o desempenho térmico do ambiente.

As aberturas zenitais podem ser classificadas em clarabóia, dente-de-serra, monitor, domo, teto transparente e lanternin.

- **Clarabóia**

São aberturas transparentes ou translúcidas situadas na cobertura da edificação. Inclínadas ou verticais permitem uma penetração de zenital de luz no ambiente. Dependendo da sua distribuição podem proporcionar um espaço com iluminação difusa e uniforme, e podem evitar e/ou alterar a direção da radiação solar direta, em função da sua orientação e/ou inclusão de elementos de controle.

- **Dente-de serra**

As aberturas dente-de-serra são formadas por sucessivas aberturas paralelas, verticais ou inclinadas, com cobertura inclinada na direção oposta. Estas aberturas permitem a entrada zenital da luz difusa e uniforme quando orientadas à sul, evitando contrastes no espaço inferior, e, quando orientadas à norte permitir a entrada da luz solar direta; podem proporcionar ventilação.

- **Monitor**

Um monitor é uma seção elevada do telhado, consiste de uma cumeeira com aberturas laterais; pode dispor de ventilação. Este tipo de cobertura permite a penetração da luz natural no ambiente interno. Geralmente seu comprimento é semelhante ao do ambiente interno.

- **Domo**

É uma abertura formada por uma superfície hemisférica, normalmente de material translúcido. Sua área é variável e apresenta uma variedade de formas.

- **Teto transparente**

São fechamentos horizontais, parcialmente construídos com material translúcido. Estes sistemas permitem a entrada de luz zenital difusa gerando uma iluminação homogênea no ambiente interno. Apresentam problema de

superaquecimento durante o período quente e deve ser provido de ventilação.

- **Lanternin**

É uma elevação de parte do telhado, normalmente no ponto mais alto, com aberturas verticais para a entrada de luz. Permite a entrada da luz natural na zona diretamente abaixo, e se adequadamente posicionado e móvel proporciona efetiva ventilação natural.

2.6 Conforto Visual e os Níveis de Iluminação

Um bom projeto de iluminação natural tira proveito e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. As decisões mais críticas, a este respeito, são tomadas nas etapas iniciais de projeto.

O problema mais crítico refere-se à iluminação natural nos edifícios modernos, quando se prevê a presença de grande número de pessoas realizando tarefas visuais de diferentes exigências ao mesmo tempo.

Na definição de uma prioridade em termos de exposição à luz natural, valores de iluminâncias e o tipo de distribuição necessária para as atividades em cada ambiente devem ser estabelecidas. Em alguns ambientes a iluminação uniforme é mais recomendada, em outros é desejável uma maior variação. Em ambientes nos quais os usuários ocupam posições fixas, o critério deve ser diferente daquele onde as pessoas podem mover-se livremente na direção das aberturas ou para longe delas. A NBR 5413 fixa níveis de iluminação recomendados para diferentes tipos de atividades, baseados numa iluminação constante e uniforme sobre um plano de trabalho.

A localização das tarefas com maiores exigências visuais próximas das janelas, onde a iluminância natural é maior, trará uma otimização do uso da luz natural. Devendo ser complementada com o controle da luminância da janela

e da radiação solar direta sobre o plano de trabalho. A escolha do sistema de iluminação lateral ou zenital se faz tendo em vista as características do edifício, a forma e a disposição dos ambientes.

Segundo LAMBERTS et al (1997): "Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes".

Estas condições que estão relacionadas aos requisitos necessários para a ocorrência tranqüila do processo visual (visão), podem ser classificadas como seguem:

- Iluminância suficiente;
- Boa distribuição de iluminâncias;
- Ausência de ofuscamento;
- Contrastes adequados (proporção de luminâncias);
- Bom padrão e direção de sombras.

Deve-se ressaltar que uma boa distribuição de iluminação não é sinônimo de uniformidade, e que o contraste e o padrão de sombras dependem da tarefa visual.

Complementando "Quando o correto desempenho de tarefa visual, visando máximo conforto do indivíduo, não liga necessariamente ao conceito eficiência/produzividade, pode-se então abordar o aspecto proporção de luminâncias de uma forma mais livre, muito comprometida com a Arquitetura/Arte" em MASCARÓ (1980).

O olho humano pode perceber somente superfícies, objetos e as pessoas através da luz que é emitida por eles. Características da superfície, fatores de reflexão e a quantidade e qualidade de luz determinam o aparecimento do ambiente.

A habilidade para ver graus de detalhe é substancialmente determinada pelo tamanho do objeto, contraste e a visão do observador. Melhoramentos no sistema de iluminação em quantidade e qualidade consistem em uma contribuição importante para um bom desempenho visual e geralmente melhoram o desempenho da tarefa, sendo essencial um bom contraste entre os elementos da tarefa e o fundo .

A princípio um aumento nos níveis de iluminação é capaz de aumentar o desempenho da tarefa. Em uma pesquisa realizada por MILLS e BORG (1998) onde compararam os níveis de iluminação recomendados em 19 países, foi constatada uma variação muito grande. As variações mais dramáticas foram verificadas nas atividades de leitura (75 a 1000 lux), de desenho detalhado (200 a 3000 lux), nos quartos de hospitais (30 a 300 lux), em salas de teste e montagem de componentes eletrônicos (200 a 5000 lux). Estes pesquisadores acreditam que a explicação para esta enorme diferença entre os níveis recomendados nos diversos países pesquisados seja o fato de que o nível de iluminação tem grandes implicações no consumo de energia.

A Bélgica, o Brasil e o Japão são os países que recomendam os níveis de iluminação mais elevados. A Austrália, a China, o México e a Rússia (antiga União Soviética) têm os níveis mais baixos. As recomendações Norte Americanas sugerem níveis de iluminação que representam a média na maioria dos casos (MILLS e BORG, 1998).

Um outro aspecto importante diz respeito ao tipo de iluminação que está sendo utilizada, natural ou artificial. A Alemanha, por exemplo, possui duas Normas de Iluminação, a DIN 5035 que recomenda os níveis de iluminação artificial e a DIN 5034 que trata dos níveis de iluminação quando há a integração da luz natural com a artificial. Os valores recomendados pela DIN 5034 são aproximadamente 40% menores que os recomendados quando se utiliza apenas luz artificial.

Fatores que complicam ainda mais a escolha do nível de iluminação adequado é o fato de que as pessoas diferem quanto a suas preferências de qualidade e intensidade da iluminação, podendo estas ser determinadas por

fatores sociais, culturais e econômicos. A idade, o gênero, a hora dia e o período do ano também afetam os níveis de iluminação desejáveis.

O projetista de iluminação deve ter bem claro que a iluminância é apenas um dos fatores que determinam a qualidade do sistema. Fatores tais como: iluminância horizontal x iluminância vertical, brilho das superfícies, contraste entre tarefa e fundo e características das fontes (índice de reprodução de cores e temperatura da cor correlata) são fatores que jamais poderão ser negligenciados, sob pena dos resultados esperados não serem alcançados. Porém, quando se pretende realizar uma análise da eficiência energética da edificação, o nível de iluminação torna-se um fator chave no processo.

2.7 Ferramentas de Avaliação e Projeto

É prática usual na Arquitetura o uso de projeto existente como objeto de análise e estudo durante o desenvolvimento de um processo projetual. Para tal são coletados projetos referenciais como precedentes arquitetônicos que auxiliam o projetista na elaboração do seu trabalho. Não faz parte deste contexto, a caracterização do Conforto Ambiental nas edificações como suporte referencial quando da determinação das diretrizes que nortearão o desenrolar de um projeto.

Poucos estudos neste sentido têm sido desenvolvidos, representando uma lacuna que pode ser habilmente preenchida, entre eles, cita-se o trabalho desenvolvido por LASSANCE (1997) o qual reporta-se a considerar o papel dos precedentes arquitetônicos como uma importante fonte de dados qualitativos e quantitativos especialmente no início do projeto. Este trabalho salienta, entre os vários aspectos ligados à questão ambiental na arquitetura, a iluminação natural, considerada pelos arquitetos como componente essencial na produção do espaço. Analisa os diversos modelos de procedimentos de referência que são experimentados pelo projetista, na tentativa de identificar o

modo das intenções de iluminação natural e as soluções prévias tomadas pretendo assim estabelecer a natureza das informações sobre o referido assunto, necessárias na etapa inicial dos projetos.

Segundo BAKER et al (1993) e LASSANCE (1997) os arquitetos projetam freqüentemente utilizando como referenciais, precedentes arquitetônicos e enfatizam a necessidade do uso de precedentes de edificações que incorporem os princípios e conceitos de iluminação natural.

Um recente trabalho buscando identificar a performance visual de edificações, iluminadas naturalmente, está reunido em FONTOYNONT (1999), onde 60 estudos de caso foram analisados. A pesquisa compreendeu vários tipos de edificações, desde aquelas destinadas a escritórios até museus, de bibliotecas a igrejas indo até aeroportos e prédios industriais. Do passado até o presente, o trabalho contempla os prédios históricos, marcos da Arquitetura, como a Igreja de Ronchamp de Le Corbusier e o Pantheon em Roma edificado em 128AD, até edificações mais recentes, como o Stansted Air Terminal de Foster & Associates revelando o comportamento da luz natural nos seus interiores.

Ainda sob o aspecto do uso de exemplos sentidos, vistos ou lembrados, afirma MILLET (1996) que se nós como projetistas tencionamos criar um certo efeito de iluminação, é normalmente porque nós experimentamos este efeito e sabemos ser o adequado para uma certa colocação.

Reportando-nos ao trabalho realizado por DEMERS (1994), onde a análise da performance de distintas tipologias de aberturas, é realizada através da imagem com a utilização de modelos e fotografias. Estas últimas, digitalizadas através de programa computacional servem como suporte principal da análise quantitativa do contraste de luz, além de ilustrar qualitativamente o conceito, permitindo o estabelecimento da relação entre uma dada morfologia de abertura e o contraste de intensidade. A pesquisa gera um banco de imagens com a função de base para a composição, constituindo-se de guia orientativo para o projeto encima de um conceito baseado na natureza da luz.

2.7.1 Zonas de Iluminação

Na busca de parâmetros para caracterizar o desempenho luminoso de um sistema de iluminação chega-se a ROBBINS (1986) que sugere a determinação de zonas de iluminação.

Zonas de iluminação são definidas como áreas que apresentam características de distribuição de iluminação similares. Como a luz natural pode variar consideravelmente ao longo do ano, e diferentes níveis de iluminação podem ser alcançados em uma única zona, recomenda este autor que o projeto deve procurar padrões de desempenho que possam ser agrupados em zonas de iluminação, não por iluminâncias de tarefa ou por variações de iluminâncias ao longo do ano. A elaboração destas zonas através de dados tridimensionais serviria de apoio ao projeto de iluminação.

Confiar na experiência do passado e na intuição para definir as zonas poderá ser muito perigoso e não render os resultados esperados, devido a complexidade e a qualidade dinâmica da luz natural. O tamanho da zona dependerá da configuração da abertura, das condições de céu, e do período (mês, dia e hora). É recomendado que o arquiteto e/ou projetista de iluminação trabalhe com modelos em escala ou utilize programas computacionais para estimar os níveis de iluminação natural do ambiente.

Utilizando-se de códigos computacionais, o projetista de iluminação deverá simular o ambiente projetado para a condição de céu predominante nos dias representativos de cada período analisado, tais como: verão, primavera, inverno e outono. Após definidos os dias representativos de cada período, recomenda-se que a estimativa da distribuição de iluminâncias seja realizada para três horários: um ao meio dia (12h00min) e os outros, três horas antes (09h00min) e três horas depois do meio dia (15h00min). Estes horários são recomendados por não ser uma boa idéia estabelecer as zonas para os piores horários de desempenho, ou seja, o início e o término do período de expediente.

Deve-se evitar a entrada da radiação solar direta dentro da sala, por que os pontos que forem atingidos por ela terão altos níveis de iluminâncias,

que além de desnecessários, irão distorcer os parâmetros de análise da distribuição de iluminâncias, tais como a iluminância máxima, mínima e média do ambiente. Sempre que um controle destes se fizer necessário, dispositivos deverão atuar sobre a abertura de iluminação, redistribuindo de maneira uniforme a radiação solar direta.

Depois de estimados os níveis de iluminação da sala para as diversas situações citadas anteriormente, deve-se procurar, não os pontos que possuem os níveis de projeto ou variações ao longo do ano e sim, por padrões de distribuição de iluminâncias que possam ser agrupados em zonas de iluminação.

Dentro de uma zona de iluminação, a razão entre a iluminância máxima e a iluminância mínima deverá ser sempre menor que 3:1 ($E_{m\acute{a}x}/E_{m\acute{i}n} \leq 3$), isto garantirá uma relação de contraste razoável dentro da zona. Esta recomendação poderá variar de acordo com a atividade visual que será desenvolvida na zona, nunca sendo superior a 9:1 ($E_{m\acute{a}x}/E_{m\acute{i}n} \leq 9$).

Um maior número de zonas em uma sala, possibilitará um melhor controle da iluminação e conseqüentemente uma maior oportunidade de economia de energia. Porém, os custos iniciais podem aumentar com o aumento do número de zonas. Quando uma sala é dividida em um pequeno número de zonas, a redução no desempenho do sistema integrado de iluminação é compensado pela redução nos custos iniciais do sistema. Como em qualquer outro sistema de engenharia, uma combinação de desempenho, custos iniciais, custos de operação e manutenção devem ser avaliados a fim de obter a estratégia de controle ótima para a edificação e para o seu proprietário.

Para a definição da largura da zona, verifica-se a distribuição de iluminâncias partindo-se da parede que contem a abertura de iluminação até que a razão de iluminâncias seja 3, quando isto acontecer, tem-se definida a largura da primeira zona de iluminação. Continua-se o procedimento em busca da segunda, terceira e quantas zonas possam existir na sala.

Segundo o método sugerido por ROBBINS (1986), apresenta-se visualmente o sugerido na FIGURA 2-3, salientando que outros critérios podem ser utilizados para a determinação das zonas.

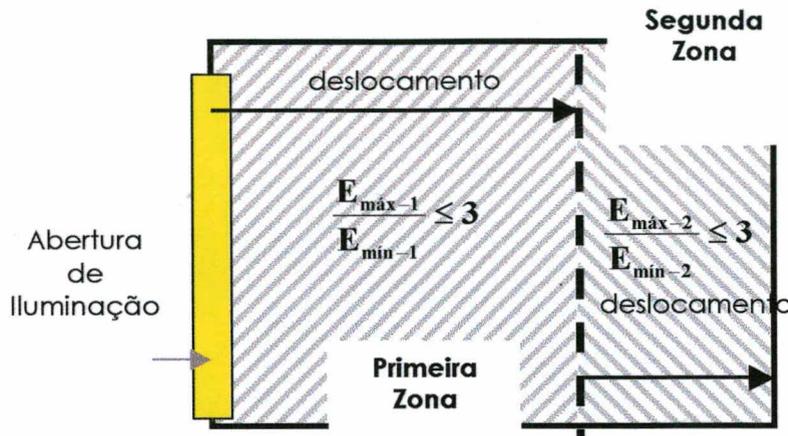


FIGURA 2-3 - Determinação das zonas de iluminação
Fonte: SOUZA (1999)

2.7.2 Métodos de Estudo

Entre os métodos utilizados para estudo do comportamento da iluminação destacam-se os métodos computacionais, que apresentam entre outras vantagens a facilidade e rapidez em efetuar uma grande quantidade de cálculos matemáticos; possibilidade de visualização de ambiente reais ou imaginários; avaliações paramétricas; e simultaneamente permitir avaliações térmicas e a conexão com programas de modelagem de consumo de energia.

Os códigos computacionais são uma ferramenta de avaliação baseada no processo de modelagem abstrata do ambiente real. Utiliza equações matemáticas para simular os fenômenos físicos, além de um banco de dados com informações auxiliares, como dados climáticos (CABÚS, 1997, p.27). Por outro lado, os métodos computacionais necessitam de equipamento

computacional adequado, mas que atualmente passam a ser cada vez mais uma ferramenta para uso educacional e de trabalho.

2.8 Parâmetros de Avaliação

Avaliar um sistema de iluminação é a proposição inicial para o desenrolar de um projeto, com resultados obtidos através de métodos de estudo e fazendo uso de parâmetros referenciados são desenvolvidas metodologias que se propõem a otimizar e obter conclusões para a previsão do comportamento da luz no interior do ambiente.

Fatores qualitativos são aqueles segundo os quais se buscam evitar distúrbios na visão normal dos objetos, relacionados com a fonte da luz, a presença de ofuscamento, a qualidade espectral da luz, o contraste de cores e outros.

Fatores quantitativos são determinados com base nas iluminâncias e sua distribuição espacial, relacionados com índices numéricos, deve permitir a realização da tarefa visual com o máximo de rapidez, exatidão, facilidade e comodidade (Zeilmann, 1999).

Dentre os parâmetros de análise quantitativa podem ser citados:

- Nível de iluminação ou iluminância (E) definido como a densidade de fluxo luminoso incidente em uma superfície, é expresso em lumens por metro quadrado e sua unidade é o lux. A iluminação pode ser especificada e medida como planar, escalar, cilíndrica e vetorial. A forma mais usual é a iluminação planar que está associada a tarefas desenvolvidas sobre um plano de referência, que pode localizar-se em uma superfície horizontal, inclinada ou vertical.

- Fator de Luz Diurna ou "daylight factor" (FLD) definido como a razão entre a iluminação natural num determinado ponto num plano horizontal

interno devido à luz recebida direta ou indiretamente da abóbada celeste com uma distribuição de luminâncias conhecida, e a iluminação num plano horizontal externo produzida pela abóbada celeste totalmente desobstruída, expressa como uma percentagem. A contribuição da luz solar é excluída tanto no ponto interno quanto no ponto externo.

As formas de apresentação, a inter-relação, e proporções são sugeridas e estabelecidas pela bibliografia e estudos realizados ao longo do tempo, permitindo agrupá-los, criando formas de melhor visualização destes parâmetros, assim como estabelecer índices numéricos, na busca da previsão e análise do comportamento da luz que no ambiente construído.

Diversidade

Definida como a relação entre a iluminância máxima ($E_{máx}$) e a iluminância mínima ($E_{mín}$), encontradas em um plano de referência, sendo a relação máxima recomendada pela CIBSE (1994) de 5:1 para uma distribuição uniforme.

Uniformidade

Definida como a relação entre a iluminância mínima ($E_{mín}$) e a iluminância média ($E_{méd}$). Valores próximos a 1 representam uma distribuição uniforme.

Diagramas isolux

O Diagrama isolux é um diagrama que mostra curvas de igual iluminância (CIBSE, 1994, p.257), sendo curvas isolux linhas desenhadas em um sistema de coordenadas apropriado para exibir todos os pontos da superfície onde o nível de iluminação é igual. As curvas isolux são representações gráficas da distribuição dos níveis de iluminação no ambiente analisado, de fácil entendimento e muito utilizadas. As curvas podem ser representadas de forma bidimensional ou tridimensional.

Diagramas isoFLD

O Diagrama isoFLD por similitude a definição anterior é um diagrama que mostra curvas de igual Fator de Luz Diurna; sendo curvas isoFLD linhas desenhadas em um sistema de coordenadas apropriado para exibir todos os pontos da superfície onde o FLD é igual.

Os dois tipos de diagramas (isolux e isoFLD) podem ser em forma de linhas, ou utilizando uma escala de cores, além da alternativa de apresentação das curvas através de cortes longitudinais ou transversais, proporcionando a visualização do comportamento da distribuição da luz, como mostrado nas FIGURAS 2-4 e 2-5.

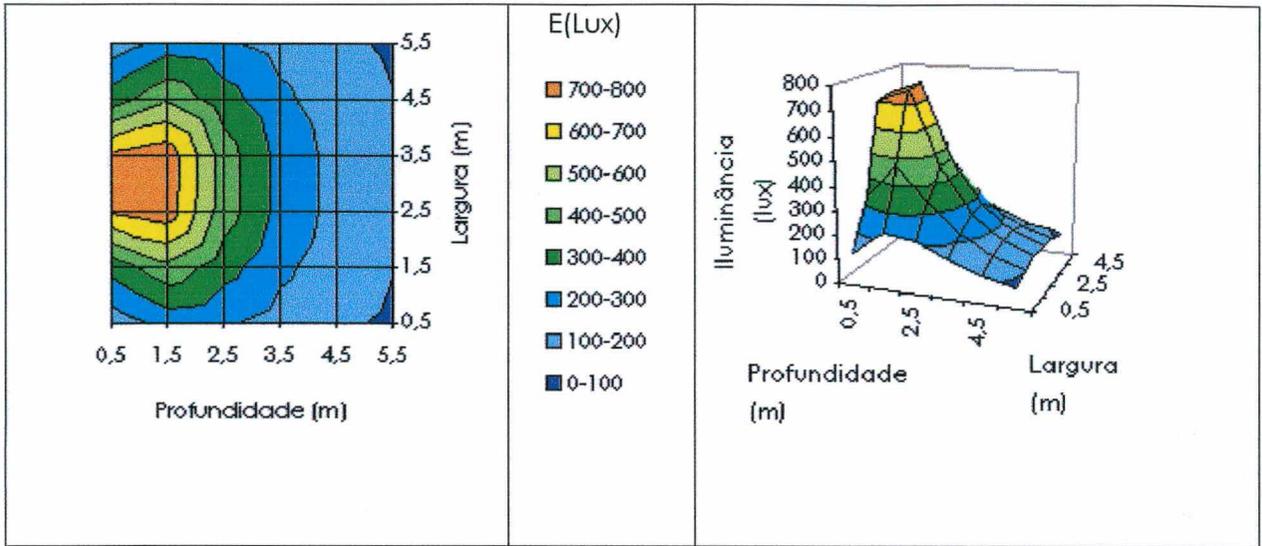


FIGURA 2-4 – Diagrama isolux bi e tridimensional em formato de escala de cores
 Fonte: autora

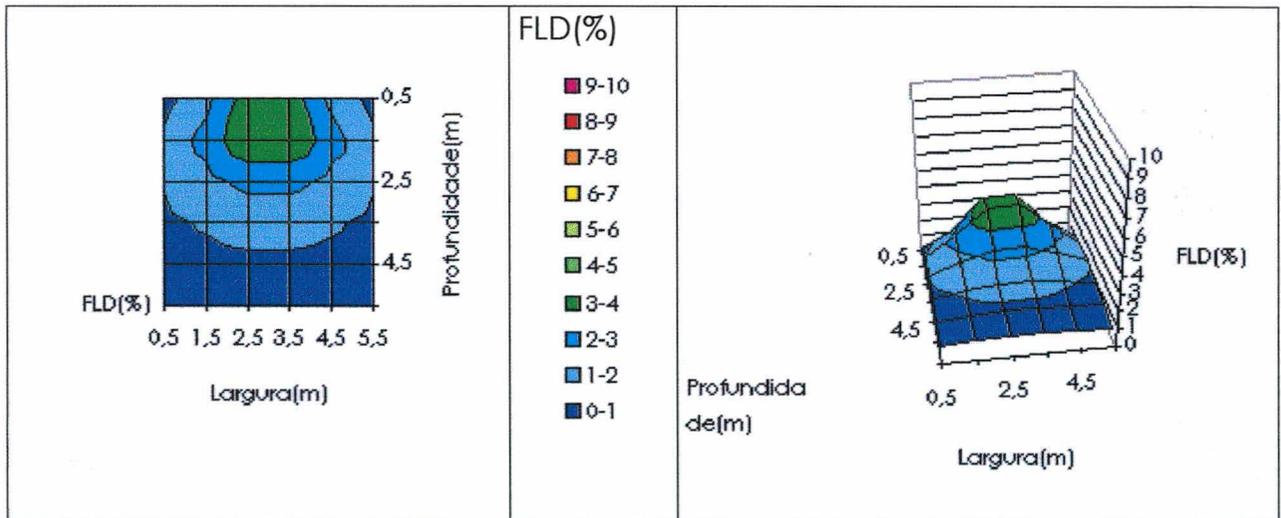


FIGURA 2-5–Diagrama isoFLD bi e tridimensional em formato de escala de cores
 Fonte: autora

Hipermídia e Aprendizagem

3.1 Sistemas Hipermídia para o Ensino	37
3.1.1 Realidade Virtual	39
3.2 Teorias de Aprendizagem no Uso Computacional	41
3.3 Desenvolvimento de Sistemas Hipermídia.....	44
3.4 Design da Interface	47

3.1 Sistemas Hipermídia para o Ensino

"A multimídia se coloca como instrumento capaz de viabilizar um processo educacional muito rico, especialmente a sua capacidade de apoiar e engajar alunos e professores em tarefas comuns de bastante complexidade" (PEREIRA, 2000).

O termo hipertexto representa a informação em forma de texto exibido em uma tela de computador e permite a associação com outros textos de uma forma não linear, diferente da forma utilizada em um livro. Permite a rolagem de diferentes janelas por meio de barras de rolagem, e através do uso de botões acessar outras páginas do documento.

O computador é um grande aliado na transmissão de conhecimento, pois possui a capacidade de armazenar uma grande quantidade de informações bem como facilidade de acesso a essas informações.

O uso através do computador de textos, gráficos, sons, imagem, animação, simulação, processamento de programas e vídeo, aliando o *hipertexto* com outras formas de mídia forma a *hipermídia*, poderosa ferramenta que torna a transmissão de um determinado conteúdo numa tarefa agradável, dinâmica, eficaz na transmissão do conhecimento.

A hipermídia é a associação de nós de informação conectados uns aos outros por meio de ligações (links) para formar redes de informação similar ao hipertexto, acrescentando que os nós podem conter diferentes tipos de informações expressas por meio de diversos tipos de mídias: vídeo, áudio, animação, textos, gráficos e mesmo outros programas computacionais, integradas numa rede de informação não-sequencial.

Os diferentes usos da informática na educação têm início com as máquinas de ensinar até o computador atual. O computador como máquina de ensinar caracteriza-se como uma versão computadorizada dos métodos tradicionais de ensino e as categorias mais comuns são os tutoriais, exercícios-e-prática, jogos e simulação (VALENTE, 1993 apud SILVA, 2000). Como ferramenta

de ensino, ele deixa de ser um instrumento que ensina o aluno para funcionar como ferramenta que o mesmo utiliza para desenvolver alguma tarefa (SILVA, 2000, p.21).

Os recursos computacionais têm-se mostrado de grande valia no desenvolvimento de materiais didáticos, pois conforme GONÇALVES (1999) permitem a individualização do processo ensino-aprendizagem, adaptando-o assim às diferenças pessoais. Os hipermídias são ambientes adaptados para levar o estudante a analisar seu funcionamento cognitivo, escolhendo a melhor abordagem em função do problema proposto, permitem aos usuários percorrer a informação de maneira tal que levem sua inteligência e criatividade a produzir uma modelagem flexível de conhecimentos.

Ao longo dos últimos anos foram testadas e implantadas diversas técnicas de modernização do processo ensino-aprendizagem, dentre elas, pode-se destacar a televisão e vídeo educativos, segundo SILVA (2000, p.2): "Com o advento dos meios de comunicação e principalmente da informática, o computador começou a ser introduzido na educação como tecnologia educacional inovadora. Os programas evoluíram, seguindo o desenvolvimento dos meios tecnológicos e das pesquisas sobre cognição e representação do conhecimento, partindo da Instrução Assistida por Computador- (CAI) e chegando aos Sistemas Inteligentes e até a Realidade Virtual."

Para o aluno a utilização de técnicas multimídia apresenta as seguintes vantagens:

- A presença da interatividade (o estudante assume um papel ativo em seu aprendizado);
- A possibilidade de acoplar imagens a banco de dados, textos, gráficos e animações gerados por computador;
- O realismo caracterizado pelo uso de sons e de imagens (estáticas e em movimento);
- Maior visão de contexto e fácil acesso às informações, graças a recursos tais como hipertextos, índices, menus, busca por palavra-chave, busca por idéia central, zooms, etc.

Para o professor possibilita:

- Mais tempo para se dedicar ao processo de educação;
- Menor tempo gasto guiando os alunos no processo de aprendizagem (as aplicações multimídia são geralmente autoguiadas);
- Avaliação contínua e instantânea do aprendizado, proporcionando feedback imediato sobre o grau de compreensão dos alunos.

Segundo STEINHAEUER (1997) a força da multimídia vem do resultado da exploração de todos os sentidos e os resultados de pesquisas provaram que as pessoas aprendem mais rapidamente, lembram-se mais e têm sensações mais profundas quando todos os sentidos são ativados.

3.1.1 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) pode ser definida como a forma mais avançada de interface do usuário de computador, ela é capaz de dar ao ser humano condições de vivenciar uma realidade que não existe através da tecnologia. Um ambiente virtual pode ser projetado para simular tanto um ambiente imaginário quanto um ambiente real. A realidade virtual pode ser considerada como a junção de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento. Isoladamente, essas idéias não são exclusivas de realidade virtual, mas aqui elas coexistem (IPOLITO, 1997).

A imersão possibilita a sensação de realizar ações como tocar e mover objetos virtuais, graças à idéia de estar totalmente imerso em um ambiente virtual. Ela está ligada ao uso de periféricos especiais, como luvas, capacetes de visualização, caves, esteiras, além de sistemas imersivos baseados em salas de projeções nas paredes. A realidade virtual também pode ser não-imersiva quando a visualização tridimensional é feita através de monitores.

A idéia de envolvimento está ligada com o grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com a atividade em desenvolvimento e para

complementar a realidade virtual é necessário estimular-se a imaginação. O envolvimento pode ser passivo, como o de ler um texto ou assistir a um vídeo convencional, ou ativo, quando se participa de um vídeo, como no caso do *QuickTime VR*. Este é um tipo de tecnologia que simula a realidade virtual e foi inicialmente introduzido para os computadores MAC (Macintosh) da marca Apple, agora disponível para sistemas operacionais Windows.

Ainda como uma tentativa de levar a realidade virtual para a Internet, surgiu o VRML, que é a abreviatura de Virtual Reality Modeling Language (Linguagem de modelagem de realidade virtual), uma linguagem para descrever ambientes virtuais e simulações que possam ser usados na Internet, livremente, sem nenhum custo, e passível de funcionamento em qualquer equipamento computacional. Não sendo uma linguagem muito poderosa, permite a qualquer um fazer o seu ambiente virtual e deixá-lo disponível na rede. Os arquivos VRML definem mundos, que podem representar gráficos em 3D, gerados por computador, sons 3D, e links hiperídia.

A VRML é útil para uma variedade de aplicações como por exemplo a visualização de dados, análises financeiras, entretenimento, educação, simulação, marketing, shoppings virtuais, interfaces com usuário e visualização científica entre outras.

Por outro lado, existem softwares mais sofisticados e de custo elevado para a criação de mundos virtuais.

A tecnologia de realidade virtual gera uma re-configuração do mundo real como resultado da imaginação humana sobre as possibilidades computacionais. Com suas técnicas pode-se criar ambientes onde sons, imagens, animações e, especialmente, sensações simulam o meio real, trazendo o usuário ao mundo cibernético (TISSIANI, 2000, p.55).

3.2 Teorias de Aprendizagem no Uso Computacional

As teorias de aprendizagem identificam uma tentativa humana de sistematizar uma área do conhecimento, uma maneira particular de ver as coisas, explicar e prever observações, de resolver problemas (MOREIRA, 1999 apud MUNHOZ,2000).

A escola é o elemento impulsionador de uma sociedade e sua principal função é que o aluno aprenda e o professor oriente a aprendizagem de seus alunos. A aprendizagem é o objetivo principal a ser buscado por todos os professores e nada mais é do que a transformação da informação em conhecimento (PRUS, 2000).

Para compreender melhor o desenvolvimento da aprendizagem, foram criadas, na psicologia da educação, diferentes teorias, cada uma dessas considerando o aluno, centro das atenções, de uma maneira distinta. Todas as teorias contribuem para o desenvolvimento do aluno, porém de acordo com a concepção de ser humano, cada uma exigirá do educador uma atuação diferenciada.

De um modo geral estas teorias dividem-se em três concepções: a comportamentalista (behaviorista), a inatista (humanista) e a interacionista (cognitivista). Esta última compreendendo o construtivismo, cujos estudos começaram com Piaget e o sócio-interacionismo de Vygotsky.

O *enfoque comportamentalista* coloca que o desenvolvimento do ser humano está relacionado diretamente com seu ambiente, que o comportamento humano é o produto da interação de estímulo-resposta e este pode ser modificado. Sugere ALVES (1999) cinco passos para que isto ocorra:

1. Definir o comportamento que se quer obter;
2. Determinar reforços;
3. Selecionar procedimentos para alterar comportamentos;
4. Implementar procedimentos e guardar os resultados;
5. Avaliar o progresso e revisar as necessidades.

Segundo PEREIRA (2000) as primeiras iniciativas em Educação à Distância se basearam em pressupostos tradicionais, Behaviorista, em materiais auto-instrucionais impressos e distribuídos por meio postal. A aprendizagem se caracterizava por uma experiência individual e isolado do aluno, que seguindo orientações objetivas realizavam suas tarefas e, posteriormente, submetiam seu trabalho, de elaboração escrita, à correção. Este processo privilegiava uma visão linear de educação, onde ao aluno cabia seguir uma seqüência definida de atividades, sem possibilidades reais de interação, com um colega e/ou professor, num processo evidentemente unilateral.

Uma aplicação recente desta teoria educacional está na Instrução Assistida por Computador, que são softwares que seguem a linha comportamentalista, e se apresentam de várias formas: atividades práticas e exercícios, simulações e tutoriais (ALVES, 1999).

Na concepção inatista (humanista) o ser humano é visto como o ser que aprende, primordialmente como pessoa, e o importante é a sua auto-realização. "O aprendiz é visto como um todo, sentimentos, pensamentos e ações, não só intelecto" (MUNHOZ, 2000).

O enfoque interacionista é viável através da hipermedia, rompendo com o paradigma tecnológico instrucional, abrindo um novo caminho direcionado para a valorização da aprendizagem, construída pelo sujeito-aluno, cabendo ao professor o papel de incentivador da aprendizagem. Softwares que sigam uma linha construtivista do conhecimento devem permitir ao aluno a interação e representações virtuais que ele possa manipular, e os tutoriais, inerentemente comportamentalistas, podem agregar aspectos construtivistas, tais como: permitir que o aluno decida por qual caminho seguir, favorecer experiências e conhecimento, dando ao aluno uma chance de ver exemplos, trazer problemas do mundo real para serem resolvidos.

Projetos de multimídia não lineares e/ou hipertextos podem ser usados na criação de tutoriais construtivistas. Os estudantes podem não apenas escolher a velocidade com que percorrem o material, mas também por onde percorre-lo assim sua aprendizagem deverá ser construída através da exploração.

Conclui PRUS (2000) em seu trabalho que todas as teorias de aprendizagem coexistem e são aplicadas em determinadas situações de ensino e em todas elas a figura do professor assume o papel principal, porque é ele que, de uma forma ou outra, permitirá ao aluno a aquisição de habilidades, conhecimento e cultura entre outras metas. Sendo ativo ou passivo, é o aluno o objetivo principal em qualquer das teorias de aprendizagem.

Segundo ALVES (2000) uma teoria de aprendizagem que vem emergindo é a "Teoria das Inteligências Múltiplas", de Howard Gardner, que pressupõe que o conhecimento precisa da ação coordenada de todos os sentidos – tato, movimento, audição, visão, fala. São identificadas originalmente sete inteligências, a seguir resumidas:

1. Verbal lingüística, usada para ouvir, falar, ler e escrever.
2. Lógico-matemática, diz respeito ao raciocínio dedutivo e indutivo, lidar com números ou outros objetos matemáticos.
3. Musical, habilidade de reconhecer padrões sonoros, tons e ritmos.
4. Corporal-cinestésica, habilidade de usar o corpo para expressar emoções, jogar, interpretar e usar linguagem corporal.
5. Visual-espacial, relacionada com a capacidade de visualizar um objeto e criar imagens mentais.
6. Interpessoal, habilidade nos relacionamentos humanos.
7. Intrapessoal, é baseada no conhecimento de si mesmo.

Estas teorias constituem um grande contraste com os sistemas tradicionais de educação que colocam uma grande ênfase no desenvolvimento e uso das inteligências verbais e matemáticas. A Teoria das Múltiplas Inteligências implica que os educadores devam estruturar material didático, que envolva a maioria ou todas as inteligências, como no caso dos softwares educacionais que podem favorecer o desenvolvimento destas inteligências, pelo uso de multimídia e Realidade Virtual. O aluno pode interagir com o computador de

várias formas, através da escrita, leitura, fala, audição, musicalidade, criação de metáforas visuais, experiências em 3D, histórias, resolver problemas, geometria, jogos de lógica, estudo individual, aprendizagem cooperativa, e uma infinidade de opções que os softwares e os meios de comunicação podem fornecer (ALVES, 2000).

3.3 Desenvolvimento de Sistemas Hiperídia

A criação de bons hiperdocumentos requer uma clara definição sobre o assunto a ser tratado, as técnicas de apresentação e as necessidades do usuário ou seja precisam ser bem projetados para não se correr o risco da reação negativa deste. O objetivo básico do autor de um hiperdocumento é de comunicar informação de modo que seja tão útil quanto possível para o usuário. Qualquer outro objetivo está subjugado a este.

Segundo MARTIN (1992) o hiperdocumento deve ter o máximo de clareza e ajudar o leitor a navegar através de itens que possam interessá-lo. Para isto é necessário antes de tudo identificar quem será o público-alvo e como o autor pode ajudá-los, determinando os objetivos do documento. A seguir devem ser determinados os recursos de software, humanos e de informação para então determinar os padrões e itens do assunto que constarão do documento.

Conforme WOLFGRAM (1994) o Processo de Produção em Multimídia envolve as seguintes etapas:

- Definição do projeto, que inclui conhecer bem o usuário, desenvolver o conteúdo, decidir sobre a plataforma entre outras considerações.
- Desenvolvimento Criativo, envolve o conceito criativo e o desenvolvimento criativo.

- Desenvolvimento da Produção, começa com a geração dos roteiros de produção, mas apenas incluem a informação necessária para a elaboração de códigos operacionais.
- Produção, que inclui a organização do material e a elaboração dos controles de cena entre outros para o programador montar o programa.
- Pós-produção, que compreende a análise final do projeto.

Conforme LINDSTROM (1995) são distintos os pacotes de software capacitados para multimídia ou projetados como ferramenta de autoria multimídia. As ferramentas de autoria capacitadas com multimídia possuem três funções relacionadas com mídia:

- Criação: Projetar e editar textos, desenhos, diagramas, gráficos e som.
- Importação: Trazer texto, som, vídeo, imagens estáticas, animação e gráficos para dentro da apresentação.
- Integração: Editar, seqüenciar, sincronizar, ligar, escrever script e rodar a apresentação.

E ainda, segundo recomendação do PROINFO (2000), permitir execução de aplicações geradas, sem necessidade de aquisição de licença de uso adicional; permitir criação de hiperlinks de acesso direto e possibilitar publicação de páginas e objetos interativos na internet.

Para criar hipertexto de boa qualidade é necessária uma estrutura clara de informação e visibilidade para o usuário. A forma comum de estrutura mais usada é a hierárquica. Um hiperdocumento é dividido em pedaços de informação, organizados em estruturas. Cada pedaço de informação é um invólucro que deve ter um título. Quando o invólucro é fechado, o leitor pode ler seu título. Na maioria dos casos, quando o invólucro é aberto, o leitor pode ler seu conteúdo. Um invólucro pode ter outros dentro dele. Estes podem, eles mesmos encerrar outros invólucros (MARTIN, 1992).

Em um livro, cada capítulo aparece no sumário apenas uma vez; em um hiperdocumento, um item pode ser referenciado por diversas hierarquias ou em

diferentes lugares na mesma hierarquia. Muitas páginas diferentes podem ter botões ligando ao mesmo item.

Uma hierarquia sem links cruzados apresenta uma estrutura de árvore; muitas hierarquias com links cruzados apresentam uma estrutura de rede.

O hiperdocumento deve ser construído com hierarquias visíveis e links bem organizados; os links fazem conexões dentro de uma hierarquia e, outras vezes, viram hierarquias separadas; os links também podem conectar documentos externos. As conexões que possibilitam atravessar o documento consistem em um botão, um link e um destino.

Um hiperdocumento possibilita que o usuário o percorra- navegue da maneira que desejar, sem precisar seguir a linearidade proposta em outras mídias (televisão, jornais, etc.), respeitando a sua individualidade. A hipermissão tem o objetivo de oferecer um ambiente de trabalho e aprendizado que se aproxime do raciocínio humano, que permita ao usuário fazer associações entre o conteúdo apresentado, ao invés de passar seqüencialmente de um tópico para outro sem situar-se no contexto geral, com em uma lista alfabética (TISSIANI, 2000).

Mostra-se adequado o desenho de um diagrama de invólucros em uma tela de computador através da exibição somente dos títulos dos invólucros, indicando o conteúdo de cada invólucro. Os invólucros que não se subdividem mais são chamados de *invólucros básicos* e contem a essência do hiperdocumento, na forma de textos, diagramas ou outras informações.

Um hiperdocumento pode ter diversos tipos de invólucros, entre eles os mais comuns são:

- texto- é possível sua rolagem vertical em geral,
- diagramas- o invólucro contém diagramas criados com programas de pintura ou desenho que criam gráficos,
- imagens- não deve haver distinção entre um invólucro contendo um diagrama e um contendo uma imagem, mas pode haver um invólucro

especial com um link para um programa específico de desenho, simulação, etc.,

- animação- um invólucro executa programas que criam uma aparência de movimentação de imagem, ou mesmo o próprio programa de autoria,
- som- o invólucro executa som digitalizado, fala ou música; pode ser conjugado com imagens na tela,
- vídeo- pode ocupar a tela inteira ou uma pequena janela, como o QuickTime VR a mais nova técnica de visualização interativa aplicada para ambientes construídos. Os vídeos construídos com esta tecnologia simulam a realidade virtual.

Os diversos pedaços de informação que compõem o hiperdocumento são classificados em três tipos principais, segundo MARTIN (1992, p.58):

- Blocos básicos de informação, são os invólucros de baixo nível contendo uma idéia. Eles não são necessariamente relevantes quando fora do contexto, logo não podem ser destinos de hiperlinks por si próprios.
- Unidades de diagramas, são os invólucros de baixo nível que contêm um diagrama, alguns com texto associado. O diagrama deve ter uma legenda auto-explicativa, de modo que tenha sentido fora de contexto.
- Unidades de conceitos, são explicações de conceitos básicos que são válidos, independentes do contexto. Eles podem ser associados por hiperlink de/para qualquer documento.

3.4 Design da Interface

A comunicação de um sistema hipermissão se faz através da interface, sobre o assunto estudos são desenvolvidos, conhecidos como IHC (Interface Homem-Computador).

No desenvolvimento de interfaces computacionais, a ergonomia, que tem como principal objetivo à adequação das exigências da tarefa ao homem, deve atuar através da ergonomia cognitiva, que cuida dos aspectos internos e externos do sistema e de suas interfaces, avaliando a melhor forma de apresentação das informações aos usuários (TISSIANI, 2000, p.50).

A interface é o elemento com o qual nos comunicamos, com o qual falamos – faz a mediação entre os usuários e os trabalhos próprios da máquina. A interface é normalmente desenhada depois que o aplicativo foi concebido e, às vezes até implementado, pois ela exige funcionalidade ao servir como “contato de superfície”. Essa maneira integral de pensar a relação homem-computador considera todos os aspectos que envolvem a experiência de uma pessoa com a máquina: sensoriais, cognitivas e emocionais. Assim, em paralelo às considerações científicas, uma interface amigável deve possibilitar que idéias como prazer e sedução sejam não apenas apropriadas, como atingíveis (PASSARELLI, 1999).

Objetivando entender melhor um sistema hipermissão segundo GONÇALVES (2000, p.38), são mostrados alguns conceitos referentes aos elementos que o caracterizam:

- botão: é um dispositivo que fica visível na tela e diferenciado dos demais elementos desta, através da cor, contorno, etc., que ao ser acionado, permite a exibição de sons, imagens, etc. Se um botão é ativado, é conveniente que imediatamente a operação inversa possa ser executada;
- link: é a estrutura que representa o relacionamento entre os nós;
- hiperlink: é a conexão que amarra todas as informações, permitindo o salto entre dois pontos do sistema. No início da hiperlink existe um botão (que só é ativado se o usuário desejar) e no final existe um destino;
- destino: é o local onde a conexão está relacionada. Podem aparecer sob as seguintes formas: texto, uma parte do hiperdocumento, outro documento, um quadro, vídeo, programa, animação, som, etc.;

- janelas: servem para que o usuário possa ver ao mesmo tempo a parte do hipertexto onde estava e o destino acionado por um botão. O sistema hipermídia permite que se tenha simultaneamente várias janelas abertas na tela do computador.

Ainda sobre o design de interfaces cita TISSIANI (2000, p.51) que critérios devem ser levados em consideração , entre eles, cita:

- Permitir fácil navegação pelo sistema;
- Homogeneidade, coerência e legibilidade para texto e ícones;
- Agrupamento/Distinção de itens por localização e/ou por formato;
- Adaptabilidade à experiência do usuário.

E que a técnica de projeto mais usada é a que apresenta a seguinte seqüência:

- Atividades de análise (construção do fluxograma), com a identificação e reconhecimento do público-alvo, e análise de necessidades;
- Atividades de concepção (construção do fluxograma), com a especificação da futura tarefa interativa;
- Atividades de Projeto (design da interface), com o desenho das telas e o storyboard;
- Atividades de Desenvolvimento (implementação), com o protótipo e versões evolutivas.

Dentre os programas mais utilizados para o desenho de interfaces citam-se: o Adobe Photoshop, o Corel Draw, o Macromedia Director, 3D Studio MAX, o Macromedia Free Hand, o Adobe Illustrator, o Dreamweaver e o Authorware (TISSIANI, 2000, p.52).

Metodologia de Avaliação do Desempenho Luminoso

4.1 Definição do Modelo.....	51
4.1.1 Parâmetros do Modelo	52
4.1.2 Padrões de Aberturas	53
4.2 Estudo Piloto.....	57
4.2.1 Parâmetros do Estudo Piloto	57
4.2.2 Coleta de Dados para o Estudo Piloto	57
4.2.3 Análise dos Dados do Estudo Piloto	58
4.3 Método Gráfico para Avaliação do Desempenho Luminoso	59
4.3.1 Coleta de Dados para o Método Gráfico	59
4.3.2 Mapeamento dos Dados para o Método Gráfico	60
4.3.3 Parâmetros de Desempenho.....	60
4.3.4 Construção do Zoneamento	63
4.3.5 Avaliação do Desempenho.....	63

Este capítulo descreve as etapas seguidas para a execução da pesquisa e desenvolvimento da ferramenta metodológica para avaliação de desempenho luminoso de aberturas. O capítulo divide-se em três etapas:

Etapa 1: a etapa inicial refere-se ao detalhamento das características do modelo de análise desenvolvido para este trabalho.

Etapa 2: a segunda etapa trata da realização de um estudo piloto com um ambiente representativo. Nesta etapa busca-se analisar as variáveis que interferem na disponibilidade de luz natural e interação com os parâmetros de análise escolhidos.

Etapa 3: a terceira etapa trata do desenvolvimento do Método Gráfico para avaliação do Desempenho Luminoso de Aberturas.

As simulações computacionais foram realizadas utilizando-se o programa Lightscape® V 3.0; para modelagem dos modelos foi utilizado o programa AutoCAD R14 da Autodesk e para a execução das planilhas eletrônicas, e gráficos em 3D o programa Microsoft® Excel 2000.

Os programas e equipamentos foram disponibilizados para uso no Labcon – Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina.

4.1 Definição do Modelo

O modelo de estudo é a representação gráfica do ambiente interno no qual pretende-se verificar o comportamento da iluminação natural. Um estudo preliminar foi realizado com diversas tipologias de espaços resultando no modelo escolhido como representativo e flexível a inserção das distintas morfologias usuais de sistemas de iluminação natural - aberturas, e, também adequado ao processamento computacional.

4.1.1 Parâmetros do Modelo

O modelo tem formato quadrangular; com comprimento e largura de 6,00 metros e pé-direito com altura de 3,00 metros, não se pretende analisar a influência da forma do recinto no comportamento da iluminação natural. Para as aberturas não é considerado nenhum tipo de envidraçamento. O modelo não tem divisórias e nem móveis evitando assim sua influência na obstrução e reflexão da luz no interior do recinto. Para cálculo da iluminância é definido o plano de referência ao nível do piso.

Na refletância das superfícies internas do modelo são utilizados valores de índices de reflexão de 30% para o forro, 50% para as paredes e 30% para o piso, caracterizando um espaço com baixa refletância a fim de reduzir a influência da Componente de Reflexão Interna.

O local da pesquisa escolhido é a cidade de Florianópolis com as seguintes características geográficas 27°30' (sul) e longitude 48°00' (oeste).

Para a terceira etapa do trabalho, desenvolvimento do Método Gráfico para avaliação do Desempenho Luminoso são considerados os seguintes parâmetros:

O tipo de céu escolhido é o céu encoberto que, segundo AMARAL (1999), representa a condição majoritária da região, e porque sob a condição de céu encoberto a performance da iluminação natural permanece constante, independentemente da hora do dia, e dia do ano, permitindo estabelecer o uso de um horário e um dia padrão para determinar o desempenho luminoso de cada tipologia de abertura. O horário escolhido é o das 12 horas (hora solar verdadeira: GMT-3) e a data é o dia 21 de março (equinócio).

4.1.2 Padrões de Aberturas

Pretende-se com o trabalho que os modelos gerem áreas iluminadas naturalmente, que permitam a experimentação de sistemas de iluminação lateral e zenital considerando que o espaço iluminado é o principal objeto de análise da iluminação natural.

Para facilitar a compreensão do desempenho luminoso dos sistemas de iluminação natural são definidos parâmetros de controle do projetista abrangendo a forma, posição e tamanho das aberturas.

Cada abertura é avaliada considerando três diferentes dimensões, gerando Padrões de Aberturas ¹, expressas como percentagem da área da parede que contem as janelas (wwr ² = 10%, 20% e 40%) para as aberturas laterais, e, expressas como percentagem da área do piso (sfr ³ = 5%, 10% e 20%) para as aberturas zenitais como mostrado na TABELA 4-1.

TABELA 4-1 - Padrões de Aberturas

Padrão	wwr (%)	sfr (%)	abertura (m ²)
P	10	5	1,80
M	20	10	3,60
G	40	20	7,20

A definição dos modelos ⁴ é feita a partir de cada Padrão: P, M e G, observadas a forma e a posição das aberturas laterais ou zenitais e a nomenclatura adotada é a mostrada nas FIGURAS: 4-1, 4-2 para as aberturas laterais e FIGURA: 4-3 para as aberturas zenitais.

¹ Padrão de Abertura: é definido pelas dimensões da abertura.

² wwr: window wall ratio = razão da área de janela pela área de parede que a contem

³ sfr: skylight floor ratio = razão da área de zenital pela área de piso

⁴ modelo: forma de distribuição das aberturas em um determinado Padrão de Abertura

Sendo:

P I C sendo P: Padrão (tamanho)

I: Forma

C: Posição

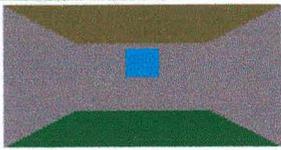
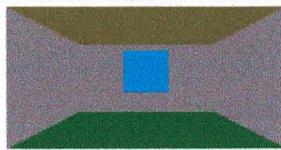
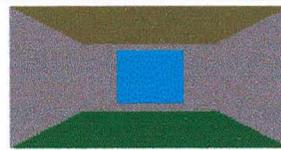
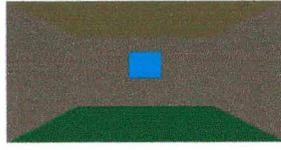
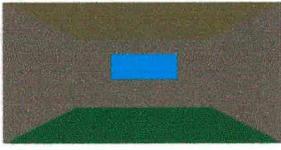
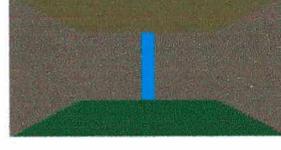
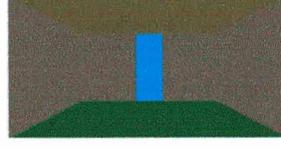
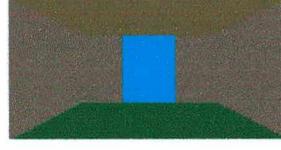
Padrão P	M	G	Forma	Posição
			intermediária	central
PIC	MIC	GIC		
			horizontal	central
PH	MH	GH		
			vertical	central
PV	MV	GV		

FIGURA 4-1- Modelos laterais: Forma x Dimensões

O efeito de três formas foi investigado: intermediária, horizontal e vertical para as aberturas laterais conforme mostrado na FIGURA 4-1, e, três formas: intermediária, transversal e longitudinal para as aberturas zenitais conforme mostrado na FIGURA 4-3.

O efeito da posição foi estudada nas posições central, lateral, lateral dupla, bilateral (lados opostos), de canto, múltipla e contínua como mostrado na FIGURA 4-2.

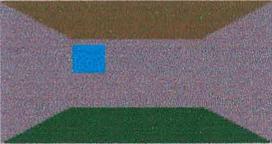
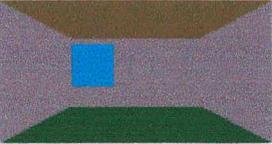
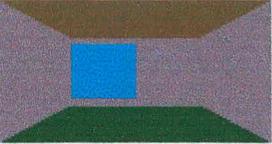
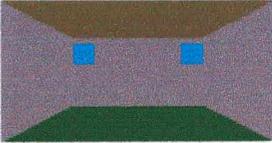
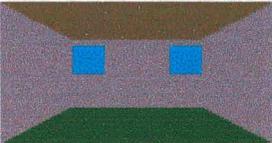
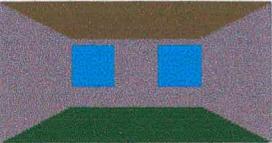
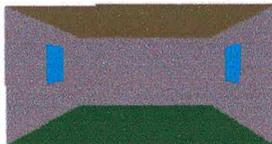
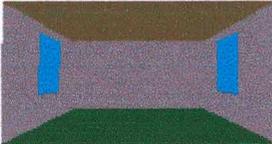
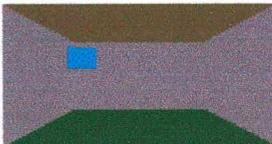
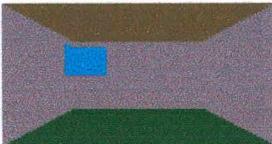
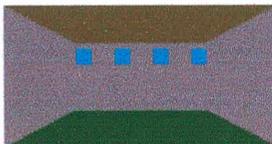
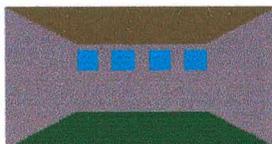
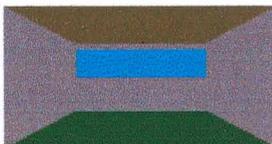
Padrão P	M	G	Forma	Posição
 PIL	 MIL	 GIL	intermediária	lateral
 PI2L	 MI2L	 GI2L	intermediária	lateral dupla
 PIBI	 MIBI	 GIBI	intermediária	bilateral
 PCC	 MCC	 GCC	intermediária	canto
 PIM	 MIM	 GIM	intermediária	múltipla

FIGURA 4-2- Modelos laterais: Posição x Dimensões

O efeito da posição para aberturas zenitais foi verificado para a abertura de forma intermediária na posição central, em quatro cantos e múltipla; e, para as formas transversal e longitudinal na posição central e lateral dupla como mostrado na FIGURA 4-3.

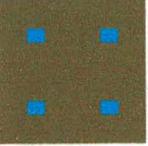
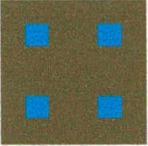
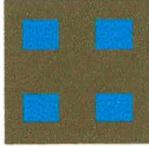
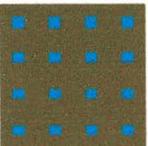
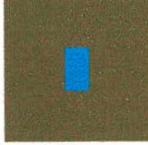
Padrão P	M	G	Forma	Posição
			intermediária	central
			intermediária	4cantos
			intermediária	múltipla
			transversal	central
			transversal	dupla
			longitudinal	central
			longitudinal	dupla

FIGURA 4-3 – Modelos zenitais: Forma e Posição x Dimensões

4.2 Estudo Piloto

Através do estudo piloto se pretende verificar fatores que afetam a disponibilidade da luz natural que atravessa o envoltório da edificação:

- orientação
- tipo de céu
- variação horária
- variação sazonal

O modelo utilizado para o estudo piloto é o denominado: MIC ($wwr=20\%$, forma intermediária, posição central, vide FIGURA 4-1, p.54) por ser considerado como representativo de uma situação mais comum em termos de sistema de iluminação.

4.2.1 Parâmetros do Estudo Piloto

Para a realização desta etapa do trabalho – Estudo Piloto - são analisados os seguintes parâmetros:

- Variação da orientação: direções estudadas - Norte, Sul, Leste e Oeste.
- Variação do tipo de céu: céu claro e encoberto.
- Variação horária: 8, 10, 12, 14, 16 e 18 h (hora solar verdadeira: GMT-3).
- Variação sazonal: solstício de verão (21 de dezembro), solstício de inverno (21 de junho) e equinócio (21 de março).

4.2.2 Coleta de Dados para o Estudo Piloto

A coleta dos valores de iluminâncias internas é desenvolvida a partir de uma grade de 36 pontos por ambiente, distribuídos proporcionalmente. Através do programa Lightscape obtêm-se o valor da iluminância em lux, para cada um dos 36 pontos.

Por meio da opção de entrada de dados: Espaços Externos e Internos, o programa Lightscape permite o cálculo dos valores de iluminância externa para as condições físicas e geográficas do modelo na hora e no dia simulados para o estudo.

O resultado das simulações realizadas pelo programa Lightscape pode ser renderizado, oferecendo opções de exportação de imagens realísticas da situação simulada.

As imagens são processadas para utilização no aplicativo hipermídia, descrito no capítulo 6.

Para o processamento dos resultados em forma gráfica, os valores devem ser transferidos para uma planilha eletrônica, a fim de serem construídos os Diagramas isolux e isoFLD.

4.2.3 Análise dos Dados do Estudo Piloto

A análise das variáveis intervenientes foi realizada através do estudo piloto com o modelo MIC, submetido a simulações no programa Lightscape resultando na coleta de dados de iluminâncias no plano de referência.

O estudo piloto realizado envolveu a elaboração de Diagramas isolux e isoFLD para as distintas condições de céu (claro e encoberto), para as datas e horários estabelecidos para análise: 8, 10, 12, 14, 16 e 18 horas para os solstícios de inverno e verão, e, equinócio, para as orientações: norte, sul, leste e oeste.

Para facilitar o entendimento da influência das variáveis envolvidas foi realizada uma série de composições dos gráficos e renderizações obtidos, objetivando a criação de uma interface visual para uso no aplicativo hipermídia (vide capítulo 6).

4.3 Método Gráfico para Avaliação de Desempenho Luminoso

O método é desenvolvido com o propósito de obter-se uma visualização dos resultados que possibilite aos projetistas de arquitetura integrar o conceito de Iluminação Natural à Arquitetura.

Pretende-se a identificação de zonas de iluminação caracterizando a tipologia de abertura em função do nível de uniformidade da luz no ambiente.

Ao concluir-se, desenvolve-se uma ferramenta que permite visualizar os resultados obtidos, a partir de conceitos relacionados com a qualidade e geometria da luz em relação ao observador, através da distribuição de iluminância com a combinação da penetração e do espalhamento da luz natural no ambiente a partir da abertura considerada (ROBBINS, 1986).

4.3.1 Coleta de Dados para o Método Gráfico

A coleta dos valores de iluminâncias internas é desenvolvida a partir de uma grade de 36 pontos por ambiente, distribuídos proporcionalmente no plano de referência (piso).

Através do programa Lightscape obtêm-se o valor da iluminância em lux, para cada um dos 36 pontos e usando-se a ferramenta Analysis no próprio programa, retira-se o valor da iluminância mínima (Emín) como também o valor da área abrangida por iluminância limítrofe de interesse para o processamento metodológico.

Por meio da opção de entrada de dados: Espaços Externos e Internos, o programa Lightscape permite o cálculo dos valores de iluminância externa para as condições físicas e geográficas do modelo na hora e no dia simulados para o estudo.

4.3.2 Mapeamento dos Dados para o Método Gráfico

O método gráfico para avaliação do desempenho luminoso consiste em um mapeamento dos valores de Fator de Luz Diurna no plano de referência de cada ambiente estudado. Através da utilização de planilhas eletrônicas são calculados os valores dos FLD para os pontos no plano de referência (piso).

A fim de avaliar-se graficamente o desempenho do ambiente quanto à distribuição dos valores de Fator de Luz Diurna torna-se necessário o mapeamento do plano de referência em zonas com intervalo de FLD definidas a partir de um critério qualitativo. O zoneamento é definido por curvas isoFLD.

4.3.3 Parâmetros de Desempenho

O critério adotado no método de avaliação proposto por esse trabalho levanta um limite mínimo de Fator de Luz Diurna, abaixo do qual a região é considerada deficitária em termos de iluminação natural, e um limite máximo de Fator de Luz Diurna dentro do gradiente⁵ de luz considerado. Valores de FLD excedentes caracterizam zonas de iluminação inaceitáveis.

Definindo *gradiente de luz* como o intervalo entre um valor máximo de Fator de Luz Diurna e um valor mínimo de Fator de Luz Diurna, determinados pela metodologia proposta, tendo como base o sugerido por ROBBINS (1986, cap.14, p.285) para as zonas de iluminação.

Adota-se por similitude as variações recomendadas por este autor de 3:1 e 6:1 para a relação entre o valor máximo e mínimo de Fator de Luz Diurna por Zona de Luz⁶.

⁵ Gradiente: medida da variação de determinada característica de um meio de um ponto para outro desse meio.

⁶ Zonas de Luz: áreas limitadas por curvas isoFLD, dentre gradientes de Fator de Luz Diurna segundo o trabalho proposto.

Á partir disto o método apresenta duas alternativas de análise, isto é, um gradiente de luz tendo em vista a relação 3:1 e um gradiente considerando a relação 6:1, na primeira hipótese mantendo-se uma menor variação de valores e assim uma maior uniformidade de iluminação, e no segundo enfoque de avaliação permitindo uma maior variação de valores de FLD e por consequência menos uniformidade.

Neste trabalho considera-se como valor significativo de FLD um valor limite inferior (FLD') abaixo do qual o valor da iluminância não será considerado na distribuição da luz natural.

Sugere MASCARÓ (1980) a fim de delimitar-se valores recomendáveis de FLD para o caso Brasil, calcular o Fator de Luz Diurna para a condição de equinócio, salientando que a condição de inverno poderia levar ao superdimensionamento das aberturas o que poderia gerar problemas de ofuscamento e calor no verão.

Considerando, na condição de céu encoberto, como entorno de 20.000 lux a iluminância externa num plano horizontal para equinócio no horário de 12 horas (GMT-3) em Florianópolis e considerando um nível mínimo de iluminação num plano de referência interno de 200 lux, encontra-se um FLD= 1% como valor mínimo a adotar.

O valor é determinado comparando-se o valor do FLD mínimo do ambiente analisado com o valor do Fator de Luz Diurna = 1%.

Se: $FLD_{mín} > FLD1\%$, $FLD' = FLD_{mín}$

Se $FLD_{mín} < FLD1\%$, $FLD' = FLD1\%$

Com este valor FLD', determinam-se os valores limites inferiores das zonas:

A = FLD'

B = 3*FLD'

C =6*FLD'

A partir das curvas isoFLD, limitadas por esses gradientes de iluminação formam-se as Zonas de Luz: 0, A,B e C.

As Zonas B e C para a relação 3:1 e a Zona C para a relação 6:1 são consideradas inaceitáveis por conterem valores de FLD acima dos valores do gradiente proposto pelas duas alternativas de análise.

As Tabelas 4-2 e 4-3 apresentam, sinteticamente, a classificação das Zonas de Luz.

TABELA 4-2- Classificação das Zonas de Luz em função do gradiente de 3:1

Relação 3:1		
Zona	Classificação	Intervalo
0	Insuficiente	$0 \leq \text{FLD0} < \text{FLD}'$
A	Aceitável	$\text{FLD}' \leq \text{FLDA} < 3\text{FLD}'$
B	Inaceitável	$3\text{FLD}' \leq \text{FLDB} < 6\text{FLD}'$
C	Inaceitável	$\text{FDLC} \geq 6\text{FLD}'$

TABELA 4-3- Classificação das Zonas de Luz em função do gradiente de 6:1

Relação 6:1		
Zona	Classificação	Intervalo
0	Insuficiente	$0 \leq \text{FLD0} < \text{FLD}'$
A	Aceitável	$\text{FLD}' \leq \text{FLDA} < 3\text{FLD}'$
B	Aceitável	$3\text{FLD}' \leq \text{FLDB} < 6\text{FLD}'$
C	Inaceitável	$\text{FDLC} \geq 6\text{FLD}'$

A partir dessa classificação fica estabelecida a **Zona A** como parâmetro da avaliação pelo **Método Gráfico de avaliação do Desempenho Luminoso**, para o gradiente luz de **3:1**, e, o somatório das Zonas A e B, doravante denominada **Zona AB** para o gradiente de luz de **6:1**.

O desempenho luminoso será tão melhor, quanto maior for a Zona A se o gradiente de luz for de 3:1.

O desempenho luminoso será tão melhor, quanto maior for a Zona AB se o gradiente de luz for de 6:1.

4.3.4 Construção do Zoneamento

A partir do cálculo dos valores dos FLD que delimitam as zonas, com a utilização de uma Planilha de Cálculo Excel® plotam-se gráficos 3D e 2D, mostrando as Zonas de Luz numa escala de cores, caracterizando cada zona distintamente.

Através da análise dos gráficos gerados tem-se uma visualização dos resultados encontrados, permitindo a análise comparativa dos distintos Modelos.

Com os valores das áreas abrangidas por cada zona, obtidos através do programa Lightscape, são geradas tabelas e, gráficos 2D em uma Planilha de Cálculo Excel®, permitindo uma análise visual e numérica comparativa do desempenho luminoso de cada Modelo. Os valores dessas áreas são agrupados em função da análise do desempenho luminoso, em gráficos por Padrão de Abertura (tamanho), por posição e forma das aberturas.

4.3.5 Avaliação de Desempenho

A avaliação de desempenho é feita tendo os valores quantitativos de FLD assim como através da visualização da distribuição da iluminação por meio dos parâmetros considerados.

A fim de proporcionar a comparação entre os distintos sistemas de iluminação estudados, os dados resultantes são agrupados de forma a permitir a análise em termos de Área de Aberturas, da Posição das Aberturas e da Forma das Aberturas. São gerados gráficos para cada Modelo mostrando as Zonas de Luz, e, tabelas com os dados resultantes.

A determinação das Zonas de Luz permite identificar padrões de iluminação para os sistemas estudados, os quais ao tentar reproduzir ao máximo as condições reais das diversas tipologias de aberturas, servem de auxílio ao Projeto Integrado de Iluminação Natural e Arquitetura.

A área é um dos parâmetros utilizados em orçamento da construção civil, na avaliação do custo de esquadrias.

Pretende-se avaliar a influência do tamanho das aberturas no desempenho luminoso, para as diversas tipologias de aberturas laterais e zenitais.

Como avaliado em CABÚS (1997) o número de aberturas é um outro parâmetro na avaliação de custos na construção civil e uma referência do ponto de vista da composição arquitetônica.

Esta avaliação é feita tomando-se por base uma abertura típica e a influência da sua localização como no caso das aberturas laterais duplas, bilaterais, de canto e múltipla, e , no caso das aberturas zenitais posicionando-a nos quatro cantos do teto, múltipla e duplicando-as no caso das transversais e longitudinais. Esta modelagem visa assemelhar-se a morfologias de aberturas usuais como esquadrias simples e duplas, *bay-window*, indo até esquadrias contínuas, assim como clarabóias, domos e dentes-de-serra.

Pretende-se também exemplificar e caracterizar padrões de iluminação inerentes a cada tipo de abertura que permitisse a concepção visual dos resultados da composição de diversas tipologias entre si, assim como a multiplicidade de opções passíveis de serem levantadas a partir das Zonas de Luz exemplificadas no trabalho.

Análises dos Resultados

5.1 Escolha dos Métodos Computacionais.....	66
5.2 Análise sobre o Estudo Piloto.....	68
5.3 Resultados Gráficos do Estudo Piloto.....	70
5.3.1 Diagramas isolux – Céu Encoberto – Equinócio	70
5.3.2 Diagramas isolux – Céu Encoberto – Inverno.....	72
5.3.3 Diagramas isolux – Céu Encoberto –Verão	74
5.3.4 Renderizações e Diagramas isolux – Céu Claro – Equinócio – Orientação Norte	76
5.3.5 Renderizações e Diagramas isolux – Céu Claro – Inverno – Orientação Norte	78
5.3.6 Renderizações e Diagramas isolux – Céu Claro – Verão – Orientação Norte	79
5.3.7 Diagramas isoFLD – Céu Encoberto	81
5.4 Aplicação do Método Gráfico.....	82
5.5 Apresentação dos Resultados do Método Gráfico.....	86
5.5.1 Aberturas Laterais Padrão P	87
5.5.2 Aberturas Laterais Padrão M.....	90
5.5.3 Aberturas Laterais Padrão G	93
5.5.4 Aberturas Zenitais Padrão P	96
5.5.5 Aberturas Zenitais Padrão M	99
5.5.6 Aberturas Zenitais Padrão G	102
5.5.7 Desempenho em função da Posição – Aberturas Laterais.....	105
5.5.8 Desempenho em função da Posição – Aberturas Zenitais.....	106
5.5.9 Desempenho em função da Forma – Aberturas Laterais e Zenitais.....	107
5.5.10 Desempenho em função do Tamanho – Aberturas Laterais e Zenitais	108
5.5 Análise Comparativa do Zoneamento.....	109
5.5.1 Aberturas Laterais Padrão P	110
5.5.2 Aberturas Laterais Padrão M.....	111
5.5.3 Aberturas Laterais Padrão G	112
5.5.4 Aberturas Laterais – todos os Padrões	113
5.5.5 Aberturas Zenitais Padrão P	114
5.5.6 Aberturas Zenitais Padrão M	115
5.5.7 Aberturas Zenitais Padrão G	116
5.5.8 Aberturas Zenitais – todos os Padrões.....	116

Este capítulo inicia apresentando os resultados obtidos com a pesquisa sobre os programas computacionais estudados.

O capítulo mostra a influência de variáveis intervenientes sobre a disponibilidade de luz natural com o Estudo Piloto, considerando como parâmetros de análise as iluminâncias e distribuição dos níveis de iluminação através do Fator de Luz Diurna, mostrados através das curvas isolux e isoFLD para o modelo MIC considerado neste estudo piloto.

A seguir apresenta e analisa os resultados obtidos com a aplicação do método gráfico para avaliação de desempenho luminoso aos sistemas de iluminação natural objetos de estudo dessa pesquisa: aberturas laterais e zenitais, caracterizando o comportamento da iluminação natural através das tipologias de aberturas estudadas.

A avaliação dos sistemas de iluminação a partir do método considera o gradiente de luz, através do Fator de Luz Diurna como parâmetro de desempenho.

5.1 Escolha dos Métodos Computacionais

O estudo visou a escolha do programa computacional mais adequado à simulação do comportamento da iluminação natural com a finalidade da obtenção de dados para aplicação da metodologia proposta. Ao mesmo tempo a pesquisa buscou um programa para tratamento dos dados de forma gráfica.

A procura foi por programas para operação no sistema Windows, e entre os disponíveis para este trabalho, foram analisados o Building Design Advisor versão 1.0, o Radiance versão 3.0, ambos do Laboratório Lawrence Berkeley, o Relux do Sistema Trust de Iluminação e o Lightscape® V 3.0 da Lightscape Technologies.

Resumidamente observou-se que o Radiance na versão 3.0, disponibilizado gratuitamente, nesta versão para interface Windows, não

dispunha de resultados numéricos de valores de iluminâncias para um plano de referência. O Building Design Advisor efetuava simulação da iluminação somente para aberturas laterais e até o final da etapa de simulação do trabalho as novas versões também não aceitavam o cálculo para aberturas zenitais. O Relux apresenta a desvantagem de trabalhar somente com a condição de céu uniforme, não contemplando o objetivo deste trabalho.

O programa Lightscape escolhido para a simulação do comportamento da luz natural mostrou-se mais adequado ao desenvolvimento do trabalho.

Este código considera a iluminação global, utilizando para o processamento dois algoritmos, uma técnica é chamada de ray-tracing e a outra de radiosidade. A radiosidade permite o cálculo das inter-reflexões difusas entre as superfícies, apresenta soluções com visão independente para vistas arbitrárias e o resultado visual é imediato, com aumento progressivo em precisão e qualidade.

Os resultados das simulações podem ser visualizados através de uma listagem dos níveis de iluminação dispostos sobre uma malha de pontos, que pode localizar-se sobre quaisquer planos do modelo em análise, internos ou externos, horizontais, verticais ou inclinados, além de permitir a criação de um plano imaginário (definido como plano de referência), que no processamento dos cálculos não é definido como uma superfície, mas que pode apresentar listagem das iluminâncias ou das luminâncias sobre aquele plano. O programa disponibiliza perspectivas do ambiente simulado, que podem ser visualizadas através de escala de cores ou em tons de cinza, representando os níveis de iluminação encontrados e ainda renderizações bastante realísticas, exportadas em imagens estáticas, animadas ou como ambiente VRML (Virtual Reality Modeling Language).

Em termos de configuração mínima o programa Lightscape requer computadores com no mínimo um coprocessador Pentium, com 32Mb de memória RAM e um monitor SVGA. A versão 3.0 foi concebida para ser utilizada em ambiente Windows. O programa simula o comportamento da luz natural tanto em espaços internos como externos, isolados ou simultaneamente. E

ainda possibilita o cálculo de áreas abrangidas por iluminâncias ou luminâncias limítrofes diretamente como resultado do programa assim como valores mínimos, médios e máximos das grandezas físicas.

5.2 Análise sobre o Estudo Piloto

A simulação do modelo utilizado para o estudo piloto (MIC ⁷) permitiu a comparação dos níveis de iluminação e a distribuição dos mesmos ao longo do ambiente, nas datas e nos horários considerados para a condição de céu claro e encoberto, nas quatro orientações estudadas, através da construção dos Diagramas isoFLD para céu encoberto mostrado como exemplo na FIGURA 5-1, de Diagramas isolux para as variações sazonal e horária mostradas nas FIGURAS 5-2 até 5-18, e, Diagramas isolux e renderizações para céu claro e variações sazonal e horária, mostradas nas FIGURAS 5-19 até 5-35 realizadas com o objetivo de formar uma interface visual para o aplicativo hipermídia, descrito no capítulo 6.

Da observação dos resultados gerados conclui-se que:

- Sob condição de céu encoberto a distribuição e o espraiamento da luz natural no ambiente é independente da orientação da abertura, das variações horárias e sazonais. A fonte primária de luz é a abóbada celeste.
- O padrão de distribuição de iluminação permanece estável ainda quando a iluminação em valores absolutos esteja variando, conforme se verifica nos Diagramas isoFLD e através da variação dos níveis de iluminação mostrados nos Diagramas isolux.

⁷MIC: Segundo a nomenclatura definida na metodologia e mostrada na FIGURA 4-1, corresponde a abertura lateral padrão M (wwr=20%), forma intermediária e posição central.

- Sob a condição de céu claro pode-se dizer que a orientação da abertura com respeito ao sol é uma variável importante, sendo o sol propriamente dito a fonte principal de luz.
- A condição de céu claro proporciona uma fonte de luz que estabelece zonas iluminadas marcantes e bem definidas.
- Sob a condição de céu claro, a análise deve ser feita através dos Diagramas isolux, uma vez que conceitualmente o cálculo do Fator de Luz Diurna exclui a componente solar direta externa e internamente ao ambiente.
- A entrada de luz do sol diretamente dentro do ambiente, em função da trajetória solar e da orientação da abertura, apresenta um impacto sobre a performance global do sistema de iluminação natural, sendo a orientação uma variável importante nesta condição de céu.
- Conclui-se que condições de céu claro e encoberto proporcionam específicos mas diferentes padrões de distribuição de luz e devem ser considerados separadamente quando do estudo da performance da iluminação natural em um ambiente.
- Conclui-se que um parâmetro de desempenho baseado no conceito de Fator de Luz Diurna pode ser considerado para o estudo de desempenho luminoso de distintas tipologias de aberturas, na medida que possibilita a criação de zonas de iluminação caracterizando cada uma delas. Permite o uso de um horário e dia padrão para determinar as zonas de iluminação para cada tipologia de abertura, que para o estudo desenvolvido é a grande variável.

5.3 Resultados Gráficos do Estudo Piloto

5.3.1 Diagramas isolux - Céu encoberto - Equinócio

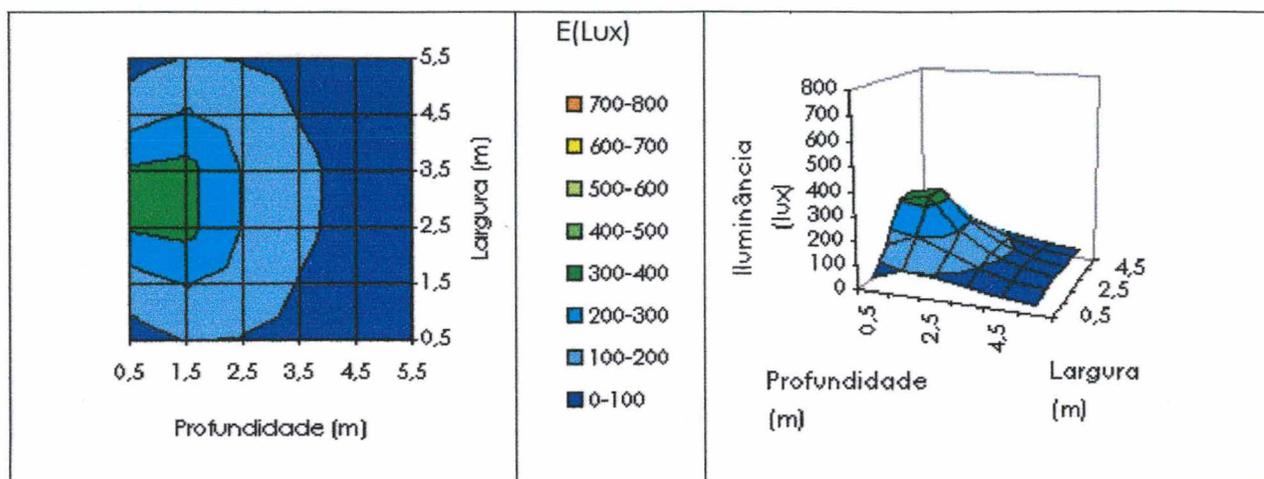


FIGURA 5-1 - Isolux - 08 h - equinócio - vista em planta e tridimensional

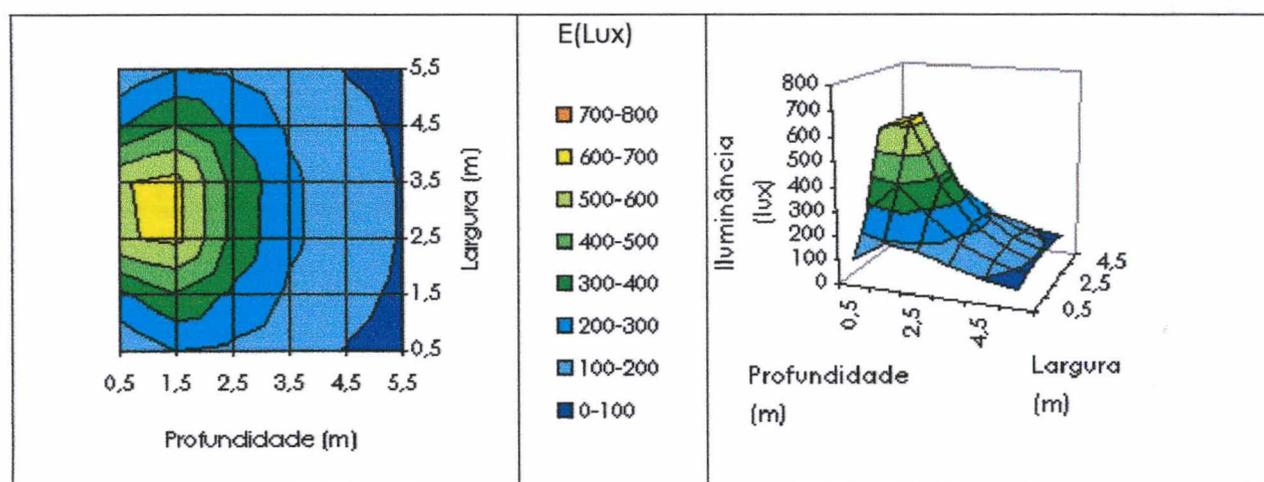


FIGURA 5-2 - Isolux - 10 h - equinócio - vista em planta e tridimensional

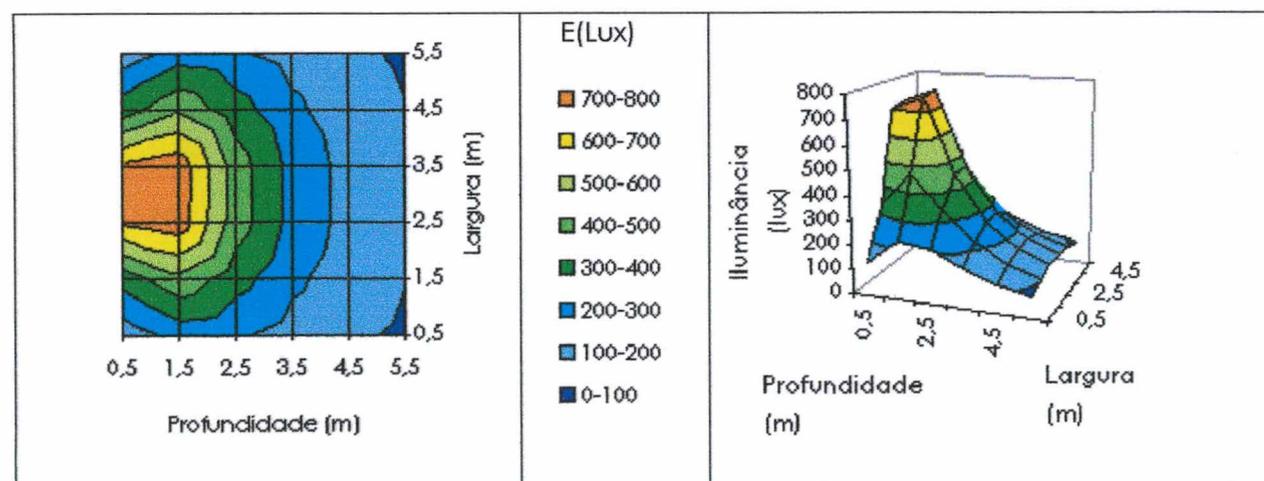


FIGURA 5-3 - Isolux - 12 h - equinócio - vista em planta e tridimensional

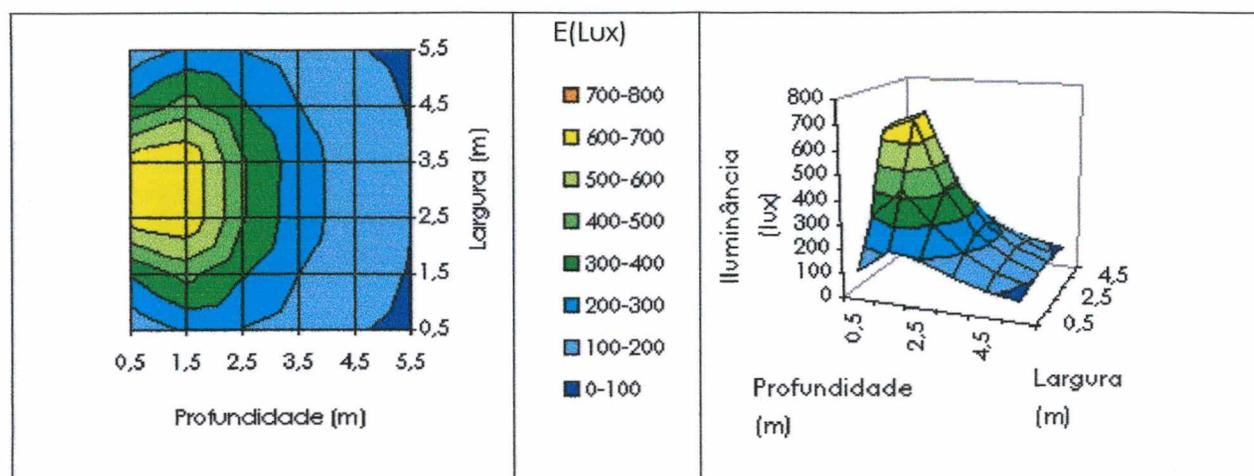


FIGURA 5-4 - Isolux - 14 h - equinócio - vista em planta e tridimensional

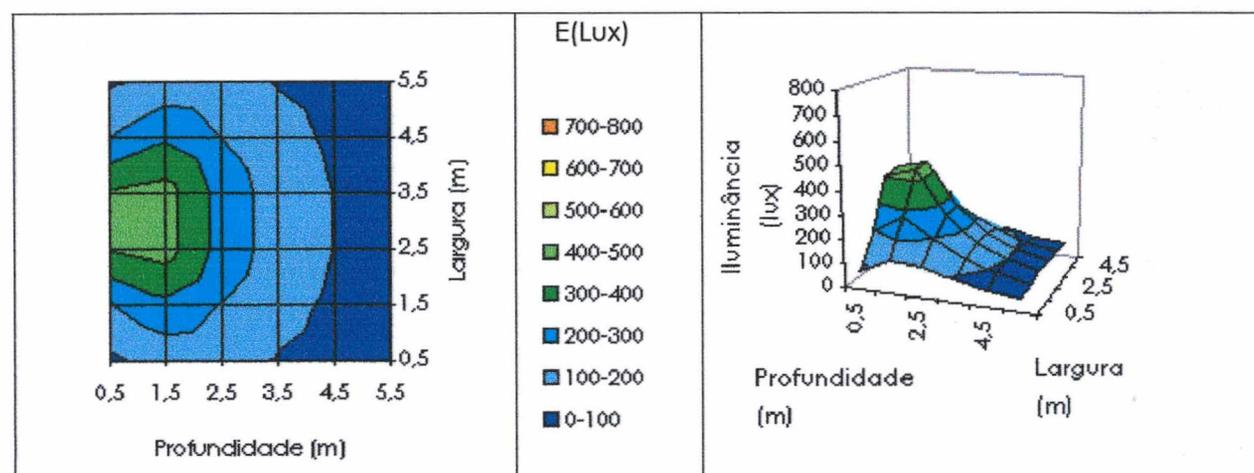


FIGURA 5-5 - Isolux - 16 h - equinócio - vista em planta e tridimensional

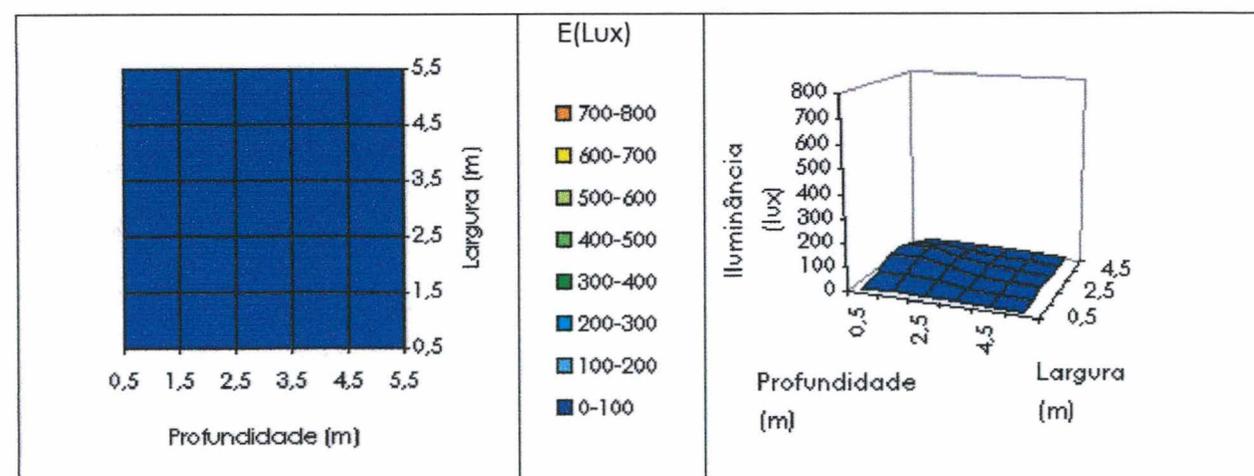


FIGURA 5-6 - Isolux - 18 h - equinócio - vista em planta e tridimensional

5.3.2 Diagramas isolux - Céu encoberto - Inverno

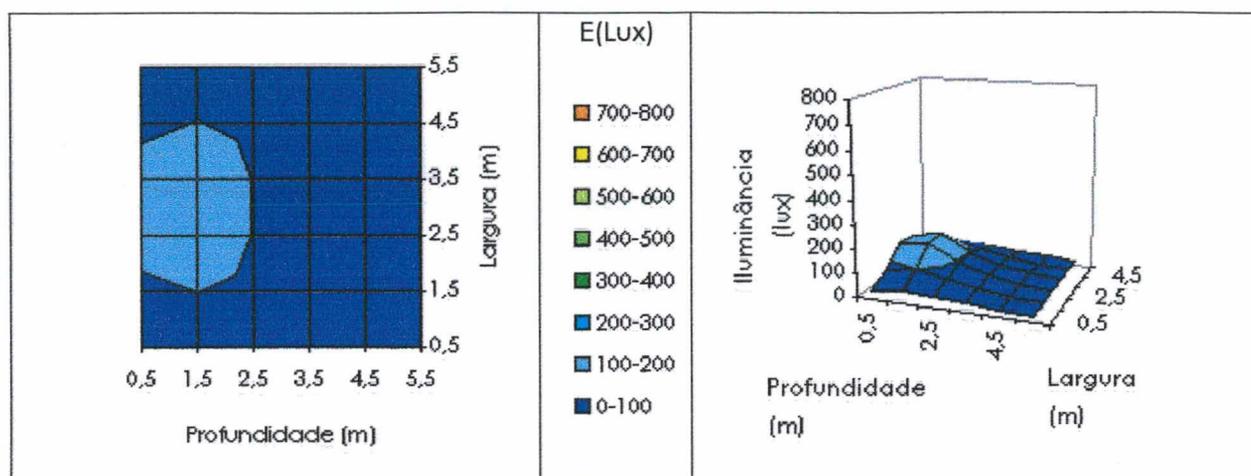


FIGURA 5-7 - Isolux - 08h - inverno - vista em planta e tridimensional

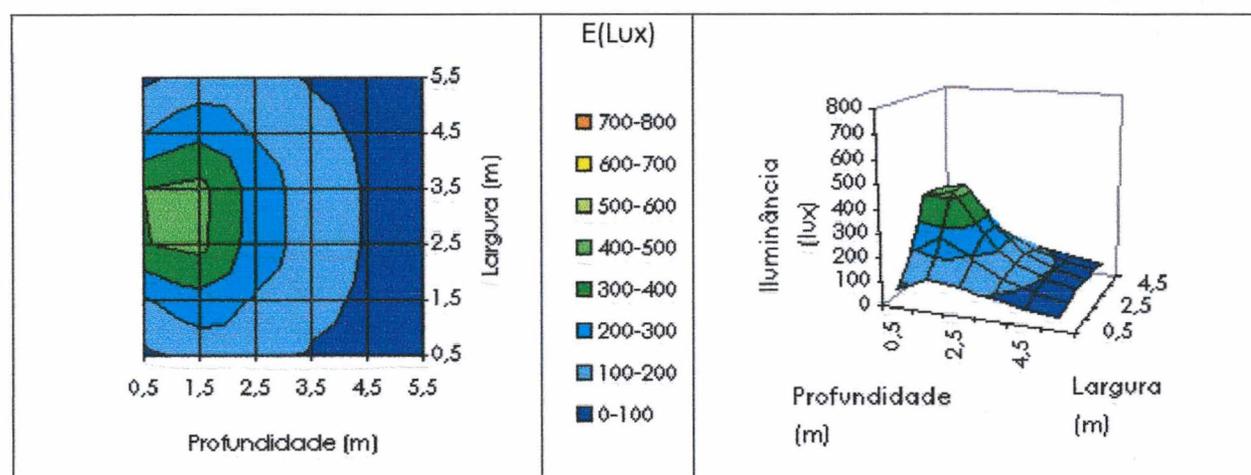


FIGURA 5-8 - Isolux - 10 h - inverno - vista em planta e tridimensional

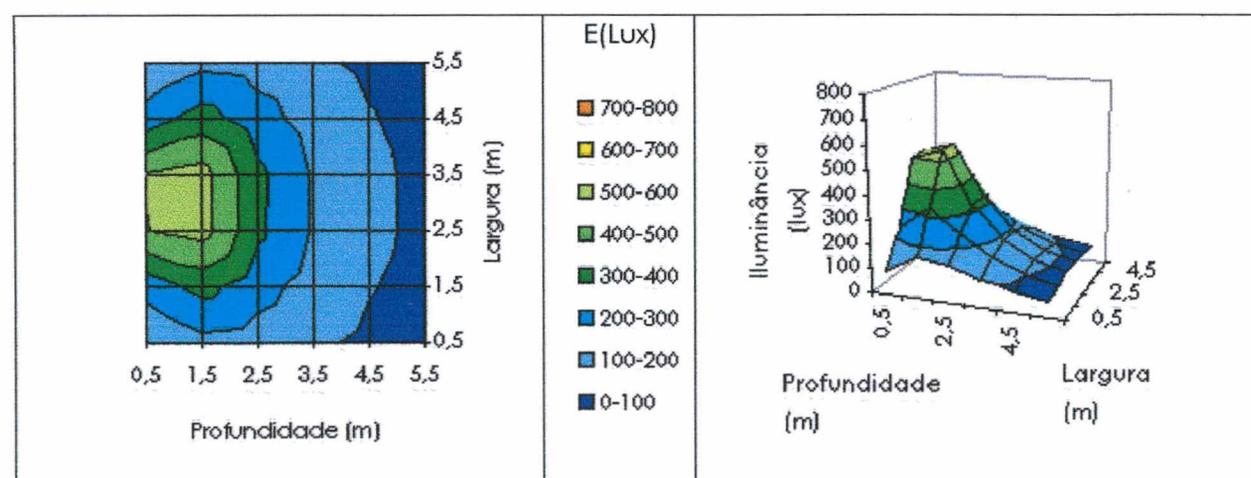


FIGURA 5-9 - Isolux - 12 h - inverno - vista em planta e tridimensional

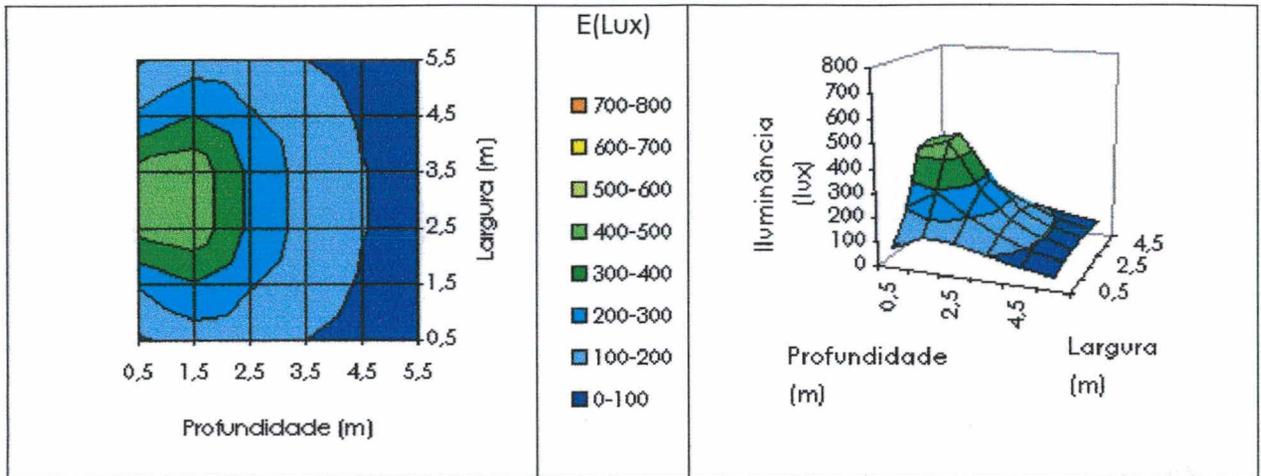


FIGURA 5-10 - Isolux - 14 h - inverno - vista em planta e tridimensional

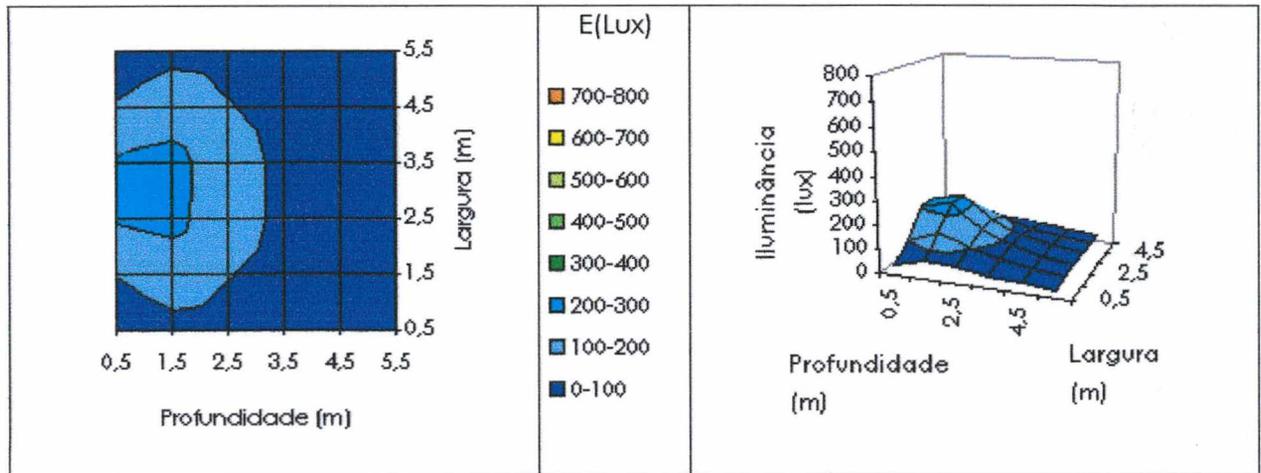


FIGURA 5-11 - Isolux - 16 h - inverno - vista em planta e tridimensional

5.3.3 Diagramas isolux - Céu encoberto - verão

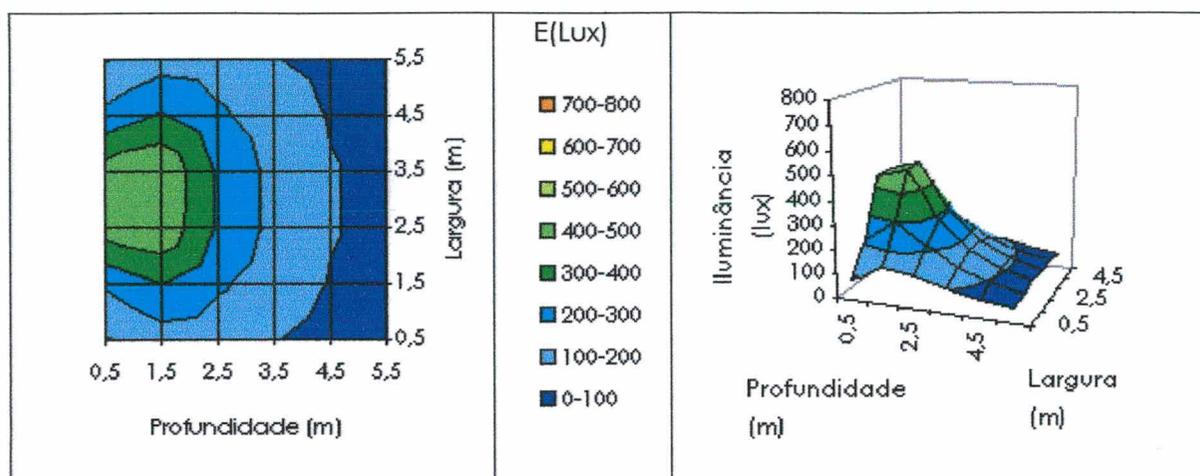


FIGURA 5-12 - Isolux - 08 h - verão - vista em planta e tridimensional

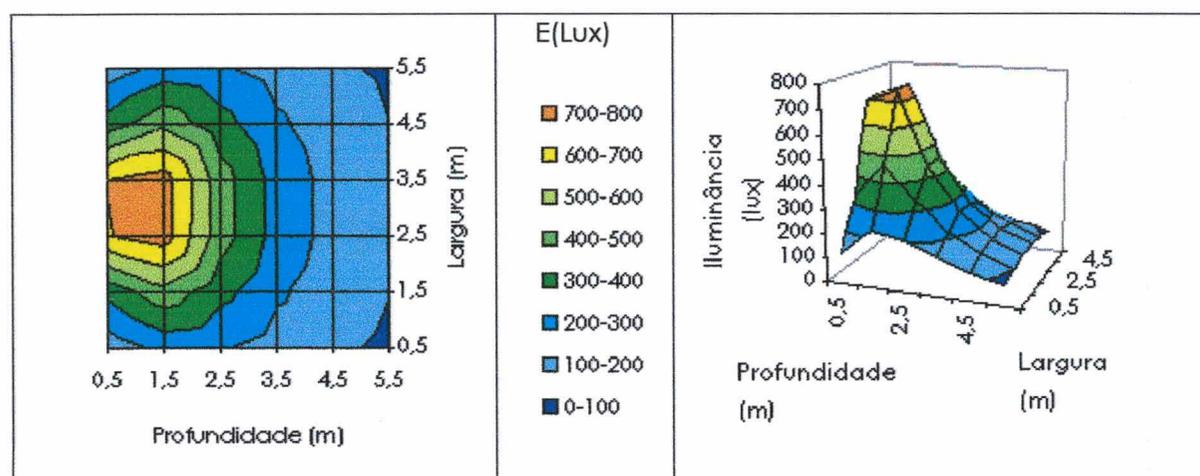


FIGURA 5-13 - Isolux - 10 h - verão - vista em planta e tridimensional

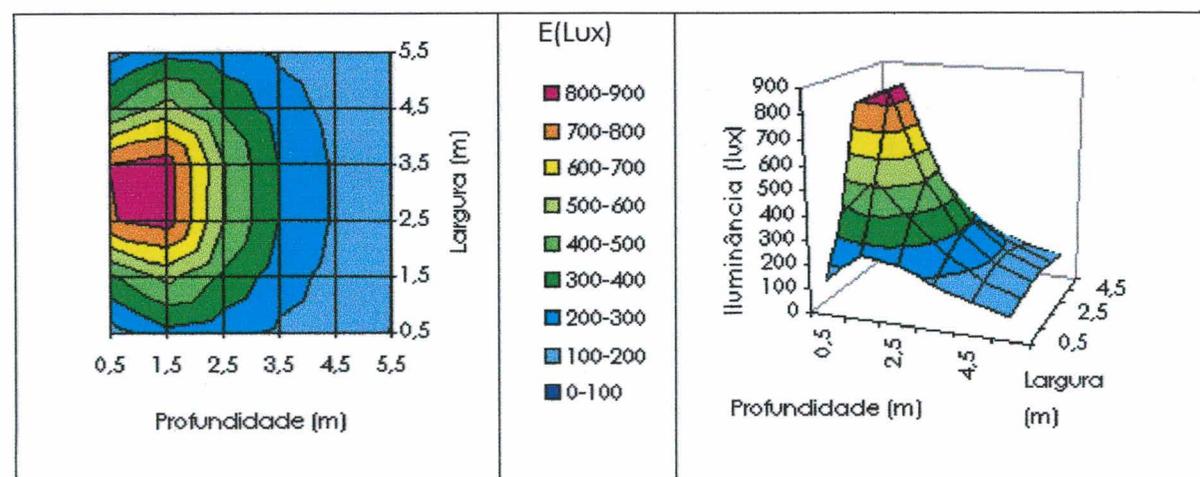


FIGURA 5-14 - Isolux - 12 h - verão - vista em planta e tridimensional

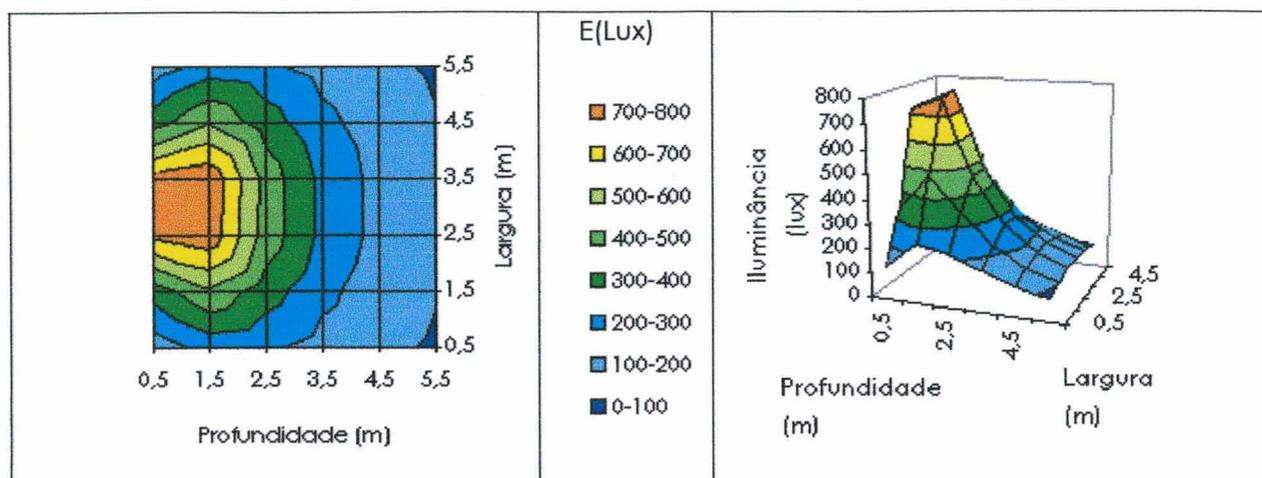


FIGURA 5-15 – Isolux - 14 h - verão - vista em planta e tridimensional

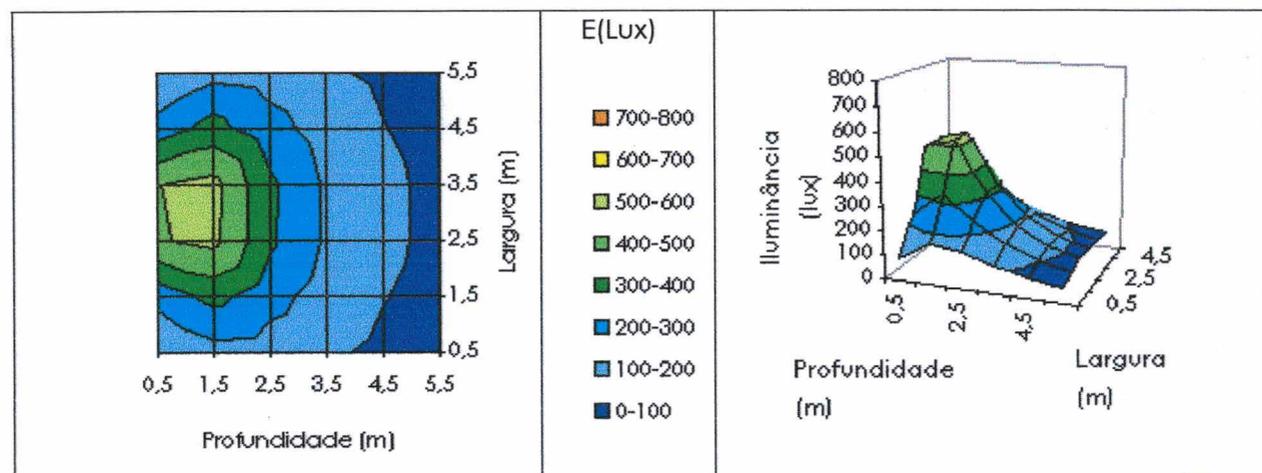


FIGURA 5-16 - Isolux - 16 h - verão - vista em planta e tridimensional

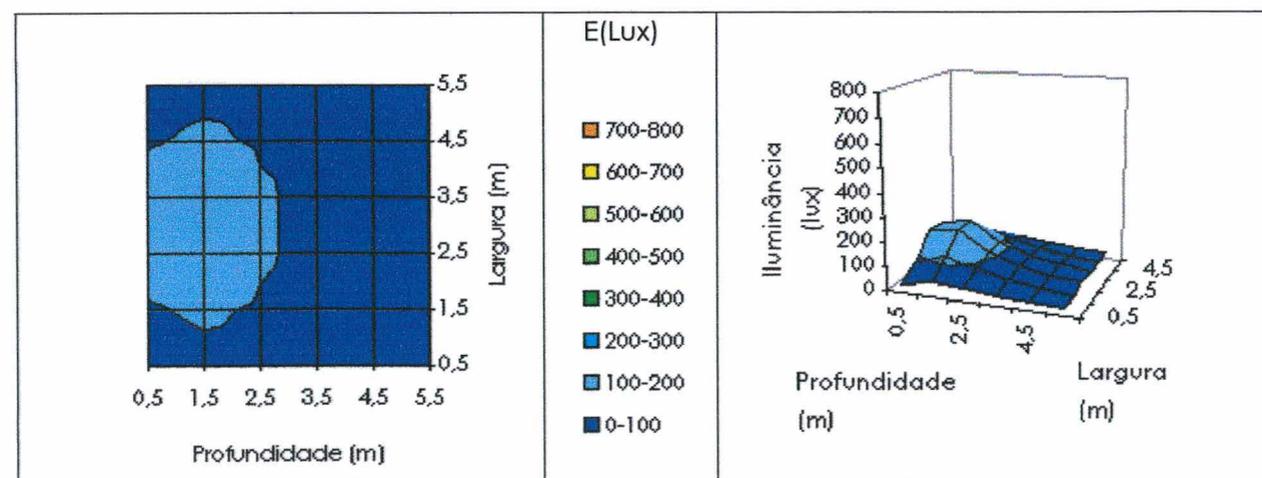


FIGURA 5-17 - Isolux - 18 h - verão - vista em planta e tridimensional

5.3.4 Renderizações e Diagramas isolux-Céu claro-Equinócio-orientação Norte

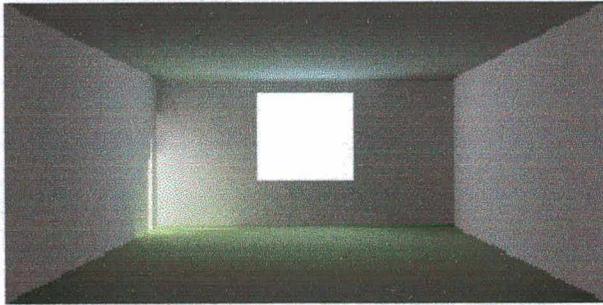


FIGURA 5-18 - Render-isolux-8 horas

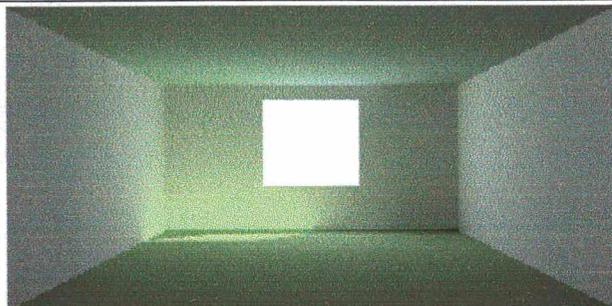
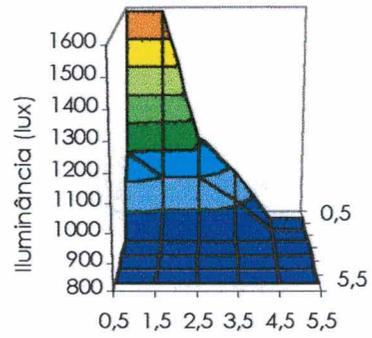


FIGURA 5-19 - Render-isolux-10 horas

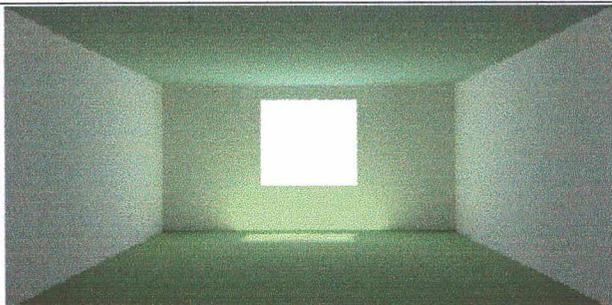
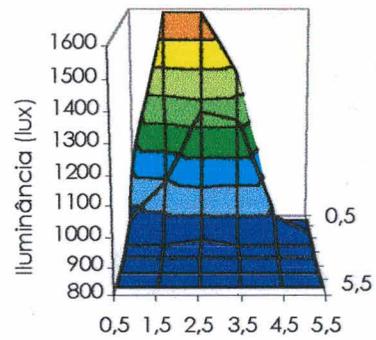


FIGURA 5-20 - Render-isolux-12 horas

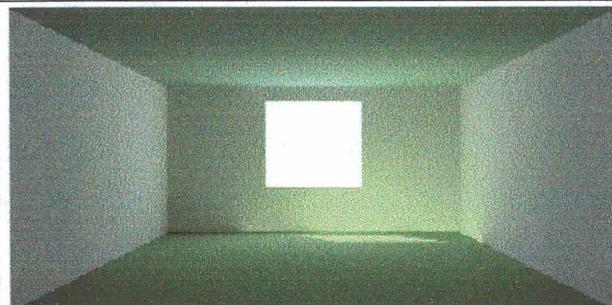
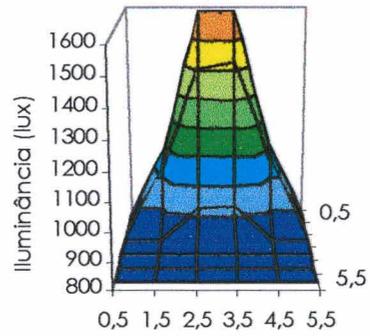
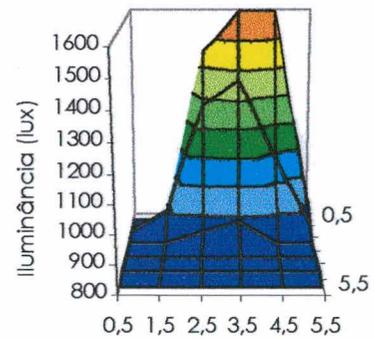


FIGURA 5-21 - Render-isolux-14 horas



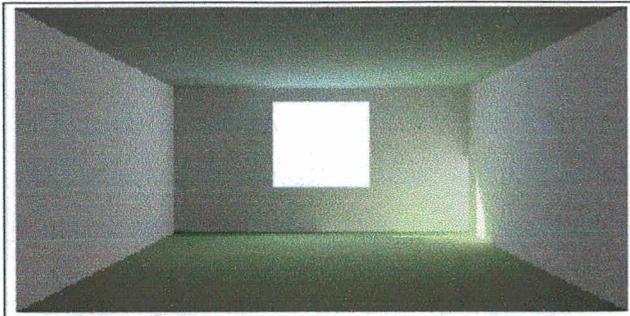


FIGURA 5-22 - Render-isolux-16 horas

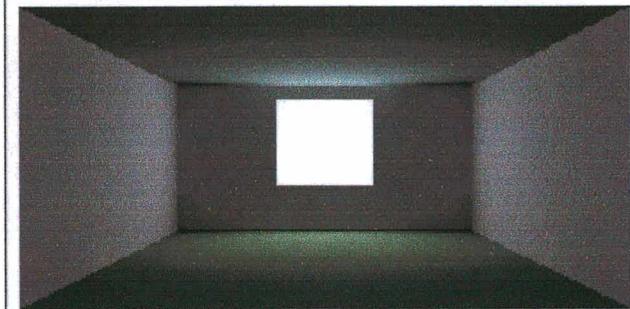
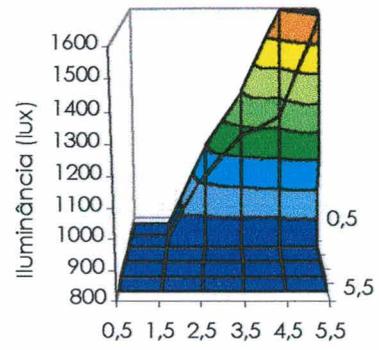
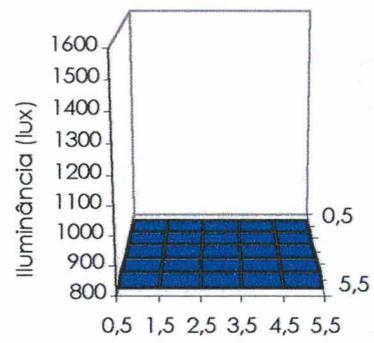


FIGURA 5-23 - Render-isolux-18 horas



5.3.5 Renderizações e Diagramas isolux-Céu claro-Inverno-orientação Norte

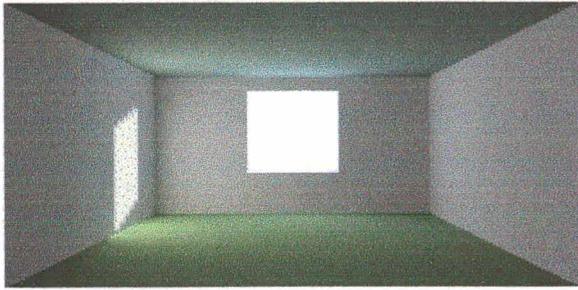


FIGURA 5-24 - Render-isolux-8 horas

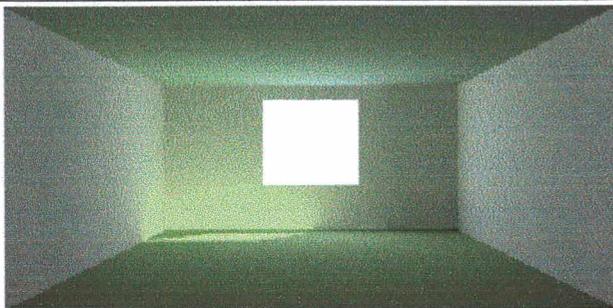
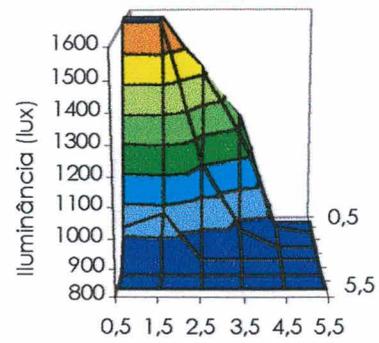


FIGURA 5-25 - Render-isolux-10 horas

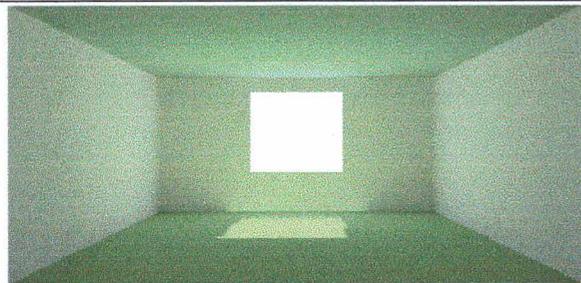
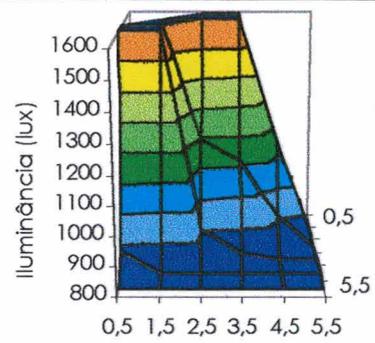


FIGURA 5-26 - Render-isolux-12 horas

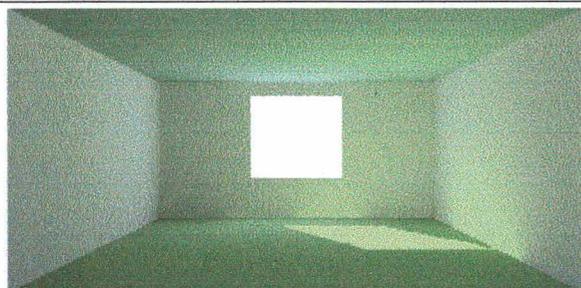
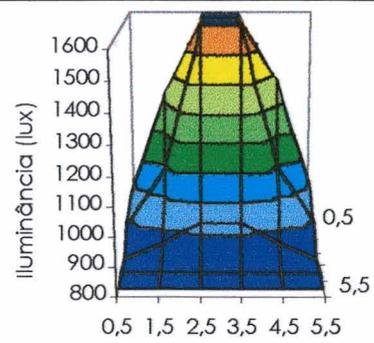
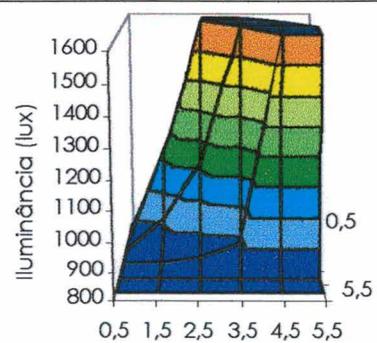


FIGURA 5-27 - Render-isolux-14 horas



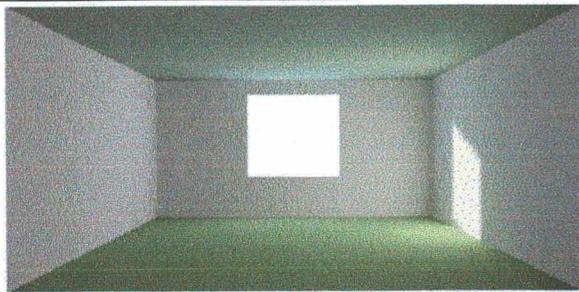
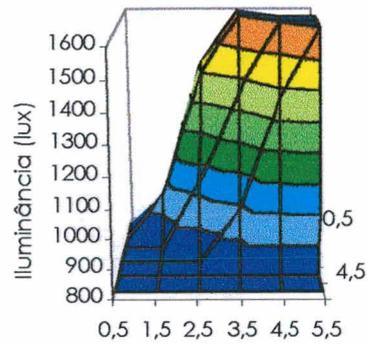


FIGURA 5-28 - Render-isolux-16 horas



5.3.6 Renderizações e Diagramas isolux-Céu claro-Verão-orientação Norte

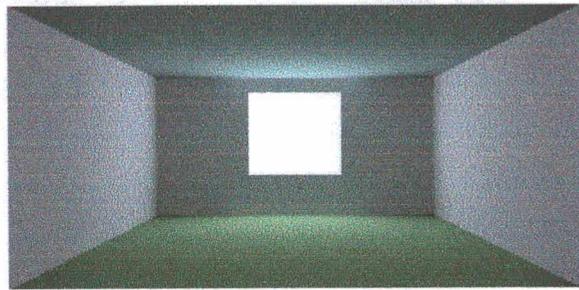


FIGURA 5-29 - Render-isolux-8 horas

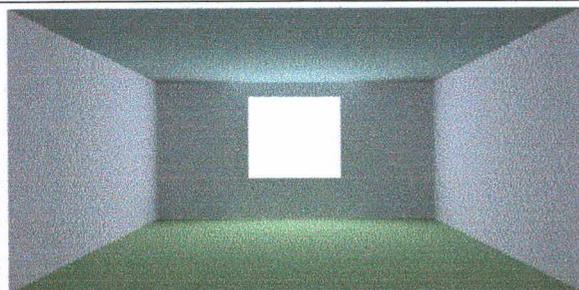
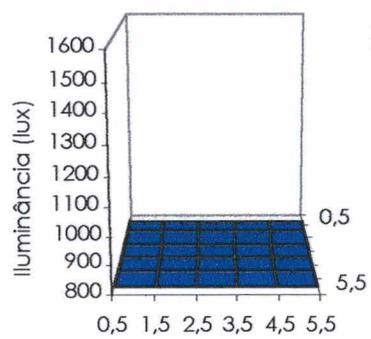


FIGURA 5-30 - Render-isolux-10 horas

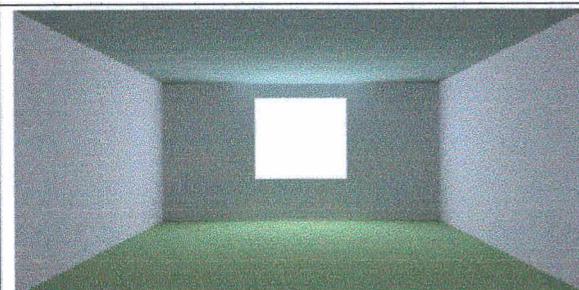
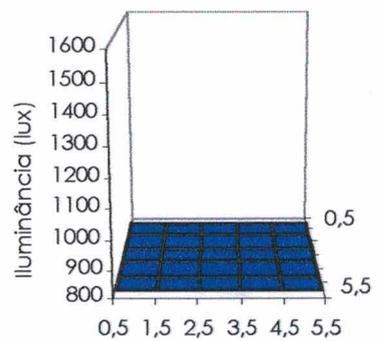
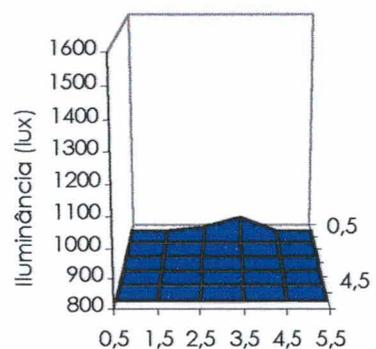


FIGURA 5-31 - Render-isolux-12 horas



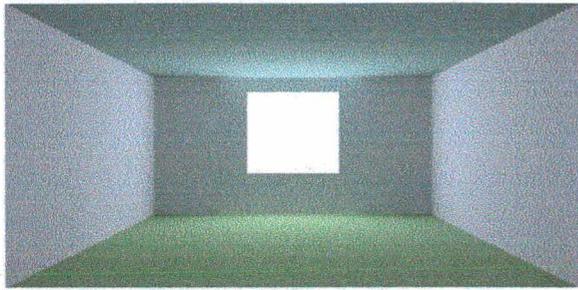


FIGURA 5-32 - Render-isolux-14 horas

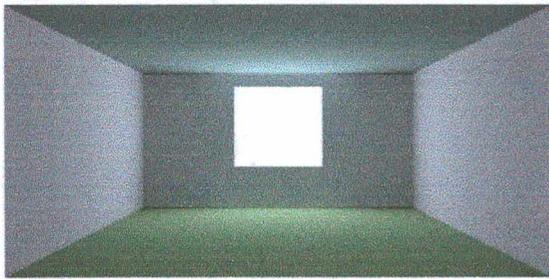
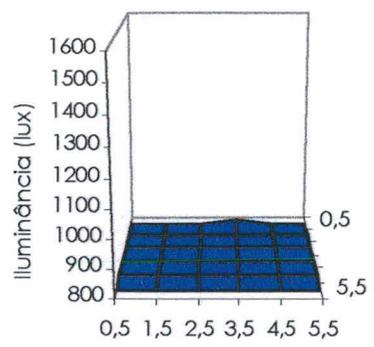


FIGURA 5-33 - Render-isolux-16 horas

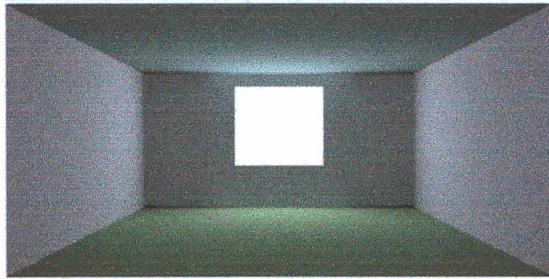
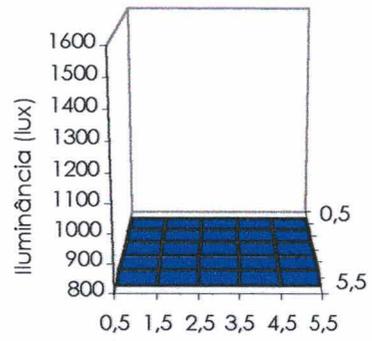
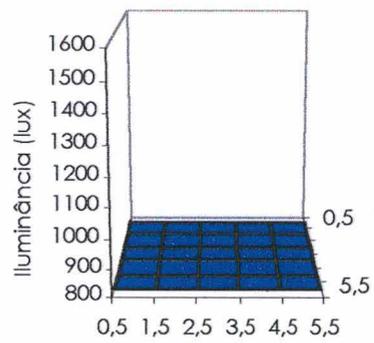


FIGURA 5-34 - Render-isolux-18 horas



5.3.7 Diagramas isoFLD - Céu encoberto

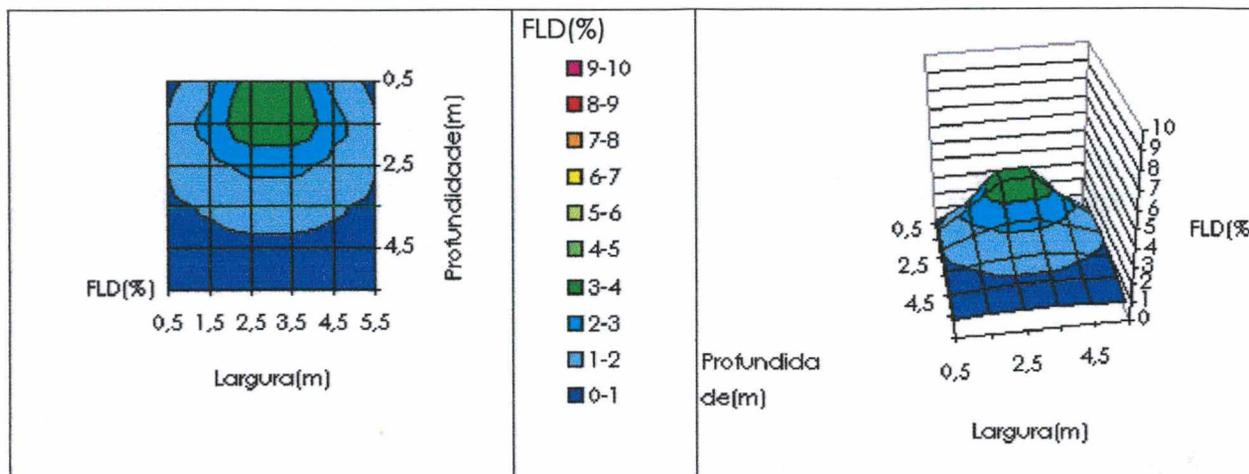


FIGURA 5-35 - Diagrama isoFLD - vista em planta e tridimensional

5.4 Aplicação do Método Gráfico

A identificação das zonas de iluminação geradas para as distintas tipologias de aberturas através do mapeamento dos Fatores de Luz Diurna em **Zonas de Luz**, relacionados a gradientes de luz, permite observar como cada morfologia de abertura cria ambiências diferentes, apesar do espaço ser o mesmo.

A investigação gerou um banco de imagens que permitem a exploração da distribuição de luz num ambiente em um meio de expressão próximo da linguagem arquitetônica, como a utilização de precedentes para identificação, além de contribuir para a concepção do projeto integrado de arquitetura e iluminação natural, com a vinculação do comportamento da luz às áreas físicas com maior ou menor necessidade de luz.

Os dados obtidos para cada sistema de iluminação: lateral e zenital, segundo os Padrões P, M e G, foram tabelados conforme mostrado nas TABELAS 5-1 até 5-6, contendo todos os modelos estudados.

A nomenclatura dos Modelos, mostrada nas FIGURAS: 4-1 até 4-3 determina como no exemplo:

P I C sendo P: Padrão (tamanho)

I: Forma

C: Posição

TABELA 5-1-Fatores de Luz Diurna (%) e áreas (%) por Zona de Luz para aberturas laterais de Padrão P

Modelo	FLD'	FLDA _{máx}	FLDB _{máx}	FLD _{máx}	Zona 0	Zona A	Zona B	Zona AB	Zona C
PIC	1,00	3,00	6,00	1,82	82,80	17,20	0,00	17,20	0,00
PH	1,00	3,00	6,00	2,33	79,90	20,10	0,00	20,10	0,00
PV	1,00	3,00	6,00	15,24	83,30	13,60	2,30	15,90	0,80
PIL	1,00	3,00	6,00	1,86	86,40	13,60	0,00	13,60	0,00
PI2L	1,00	3,00	6,00	0,89	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PIBI	1,00	3,00	6,00	1,03	98,30	1,70	0,00	1,70	0,00
PCC	1,00	3,00	6,00	1,46	90,90	9,10	0,00	9,10	0,00
PIM	1,00	3,00	6,00	0,89	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABELA 5-2-Fatores de Luz Diurna (%) e áreas (%) por Zona de Luz para aberturas laterais de Padrão M

Modelo	FLD'	FLDA _{máx}	FLDB _{máx}	FLD _{máx}	Zona 0	Zona A	Zona B	Zona AB	Zona C
MIC	1,00	3,00	6,00	4,78	50,40	40,30	9,30	49,60	0,00
MH	1,00	3,00	6,00	3,86	47,50	45,40	7,10	52,50	0,00
MV	1,00	3,00	6,00	17,32	59,30	30,80	6,60	37,40	3,30
MIL	1,00	3,00	6,00	4,87	65,00	25,90	9,10	35,00	0,00
MI2L	1,00	3,00	6,00	2,01	53,90	46,10	0,00	46,10	0,00
MBIBI	1,00	3,00	6,00	2,69	33,90	66,10	0,00	66,10	0,00
MBCC	1,00	3,00	6,00	3,49	67,40	29,70	2,90	32,60	0,00
MIM	1,00	3,00	6,00	1,93	50,40	49,60	0,00	49,60	0,00

Legenda

Modelo	Vide FIGURA 4-1, 4-3, 4-4
FLD'	Fator de Luz Diurna superior da Zona 0
FLDA _{máx}	Fator de Luz Diurna superior da Zona A
FLDB _{máx}	Fator de Luz Diurna superior da Zona B
FLD _{máx}	Fator de Luz Diurna máximo
Zona 0	área percentual da Zona 0
Zona A	área percentual da Zona A
Zona B	área percentual da Zona B
Zona AB	área percentual da Zona (A+B)
Zona C	área percentual da Zona C

TABELA 5-3-Fatores de Luz Diurna (%) e áreas (%) por Zona de Luz para aberturas laterais de Padrão G

Modelo	FLD'	FLDA _{máx}	FLDB _{máx}	FLD _{máx}	Zona 0	Zona A	Zona B	Zona AB	Zona C
GIC	1,00	3,00	6,00	11,95	17,10	52,30	18,10	70,70	12,50
GH	1,00	3,00	6,00	5,18	14,20	53,10	32,70	85,80	0,00
GV	1,00	3,00	6,00	18,55	19,40	53,60	15,90	69,50	11,10
GIL	1,00	3,00	6,00	12,04	31,10	42,10	14,30	56,40	12,50
GI2L	1,00	3,00	6,00	5,19	17,60	52,30	30,10	82,40	0,00
GIBI	1,00	3,00	6,00	5,37	5,60	54,10	40,30	94,40	0,00
GCC	1,00	3,00	6,00	9,35	36,50	40,50	14,80	55,30	8,20
GIM	1,00	3,00	6,00	4,38	12,00	61,00	27,00	88,00	0,00

TABELA 5-4-Fatores de Luz Diurna (%) e áreas (%) por Zona de Luz para aberturas zenitais de Padrão P

Modelo	FLD'	FLDA _{máx}	FLDB _{máx}	FLD _{máx}	Zona 0	Zona A	Zona B	Zona AB	Zona C
ZPIC	1,00	3,00	6,00	6,08	0,90	60,90	38,20	99,10	0,00
ZP4C	1,13	3,39	6,78	2,96	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
ZPM	1,14	3,42	6,84	2,95	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
ZPTC	1,00	3,00	6,00	5,96	0,80	61,00	38,20	99,20	0,00
ZPTD	1,00	3,00	6,00	4,04	0,10	65,60	34,30	99,90	0,00
ZPLC	1,00	3,00	6,00	5,96	0,80	61,00	38,20	99,20	0,00
ZPLD	1,00	3,00	6,00	4,04	0,10	65,60	34,30	99,90	0,00

Legenda

Modelo	Vide FIGURAS 4-2 e 4-5
FLD'	Fator de Luz Diurna superior da Zona 0
FLDA _{máx}	Fator de Luz Diurna superior da Zona A
FLDB _{máx}	Fator de Luz Diurna superior da Zona B
FLD _{máx}	Fator de Luz Diurna máximo
Zona 0	área percentual da Zona 0
Zona A	área percentual da Zona A
Zona B	área percentual da Zona B
Zona AB	área percentual da Zona (A+B)
Zona C	área percentual da Zona C

TABELA 5-5-Fatores de Luz Diurna (%) e áreas (%) por Zona de Luz para aberturas zenitais de Padrão M

Modelo	FLD'	FLDA _{máx}	FLDB _{máx}	FLD _{máx}	Zona 0	Zona A	Zona B	Zona AB	Zona C
ZMIC	1,70	5,10	10,20	11,46	0,00	49,50	44,30	93,80	6,20
ZM4C	2,25	6,75	13,50	5,92	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
ZMM	2,28	6,84	13,68	5,92	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
ZMTC	1,69	5,07	10,14	11,23	0,00	49,70	44,70	94,40	5,60
ZMTD	1,92	5,76	11,52	7,72	0,00	63,10	36,90	100,00	0,00
ZMLC	1,69	5,07	10,14	11,23	0,00	49,70	44,70	94,40	5,60
ZMLD	1,92	5,76	11,52	7,72	0,00	63,10	36,90	100,00	0,00

TABELA 5-6-Fatores de Luz Diurna (%) e áreas (%) por Zona de Luz para aberturas zenitais de Padrão G

Modelo	FLD'	FLDA _{máx}	FLDB _{máx}	FLD _{máx}	Zona 0	Zona A	Zona B	Zona AB	Zona C
ZGIC	3,51	10,52	21,03	20,32	0,00	52,80	47,20	100,00	0,00
ZG4C	4,51	13,53	27,06	11,81	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
ZGM	4,54	13,62	27,24	11,73	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
ZGTC	3,65	10,95	21,90	16,40	0,00	59,60	40,40	100,00	0,00
ZGTD	4,51	13,53	27,06	11,69	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
ZGLC	3,65	10,95	21,90	16,40	0,00	59,60	40,40	100,00	0,00
ZGLD	4,51	13,53	27,06	11,69	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00

Legenda

Modelo	Vide FIGURAS 4-2 e 4-5
FLD'	Fator de Luz Diurna superior da Zona 0
FLDA _{máx}	Fator de Luz Diurna superior da Zona A
FLDB _{máx}	Fator de Luz Diurna superior da Zona B
FLD _{máx}	Fator de Luz Diurna máximo
Zona 0	área percentual da Zona 0
Zona A	área percentual da Zona A
Zona B	área percentual da Zona B
Zona AB	área percentual da Zona (A+B)
Zona C	área percentual da Zona C

5.5 Apresentação dos Resultados do Método Gráfico

O Método Gráfico para Avaliação de Desempenho Luminoso delimita regiões com determinadas características em função do gradiente de luz desejado.

Para o gradiente de luz de 3:1, as zonas consideradas são:

Zona 0 (Z0), região com insuficiente iluminação natural,

Zona A (ZA), iluminada naturalmente com gradiente de luz de 3:1,

Zona B(ZB), com inaceitável gradiente de luz, >3,

Zona C(ZC), com inaceitável gradiente de luz, >6.

Para o gradiente de luz de 6:1, as zonas consideradas são:

Zona 0 (Z0), região com insuficiente iluminação natural,

Zona A+B (ZAB), iluminada naturalmente com gradiente de luz de 6:1,

Zona C(ZC), com inaceitável gradiente de luz, >6.

O mapeamento das **Zonas de Luz** com a geração de padrões de distribuição de luz em planta e em vista lateral são mostrados a seguir, segundo os Padrões P, M e G para todos os modelos estudados (FIGURAS 5-36 até 5-80).

A fim de permitir a comparação visual dos distintos sistemas de iluminação – aberturas pesquisados são apresentados tabelas e gráficos com o parâmetro de desempenho destacado – Zona A para o gradiente de luz de 3:1 e Zona AB para o gradiente de luz de 6:1, seguindo o agrupamento utilizado para verificação da influência das variáveis – tamanho, forma e posição das aberturas (FIGURAS 5-81 até 5-90).

5.5.1 Aberturas Laterais Padrão P

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

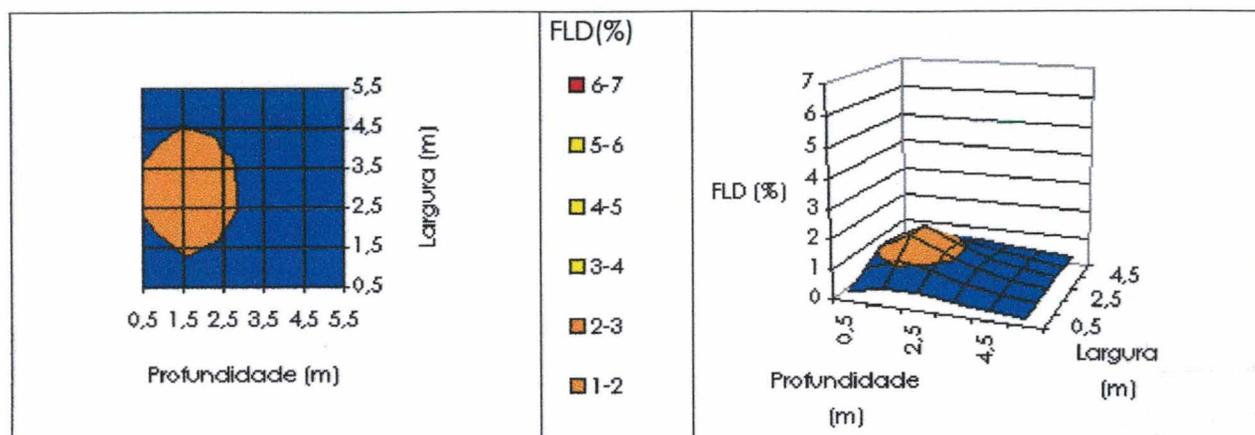


FIGURA 5-36-Mod PIC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

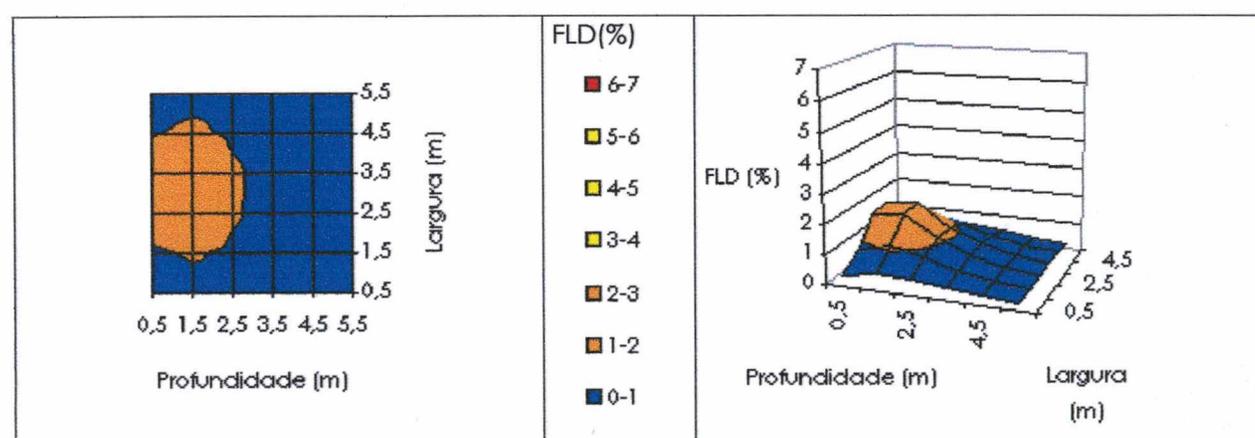


FIGURA 5-37-Mod PH Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

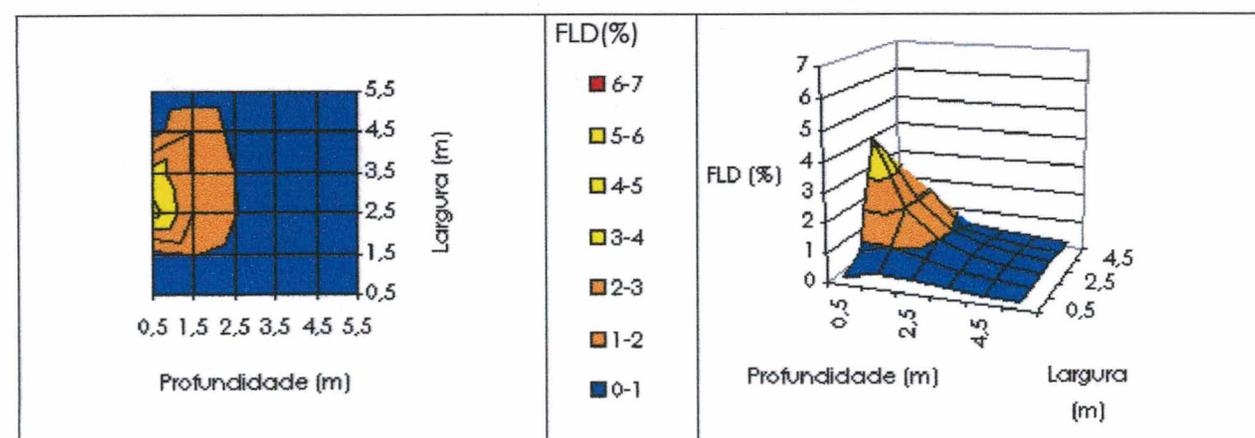


FIGURA 5-38-Mod PV Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Laterais Padrão P

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

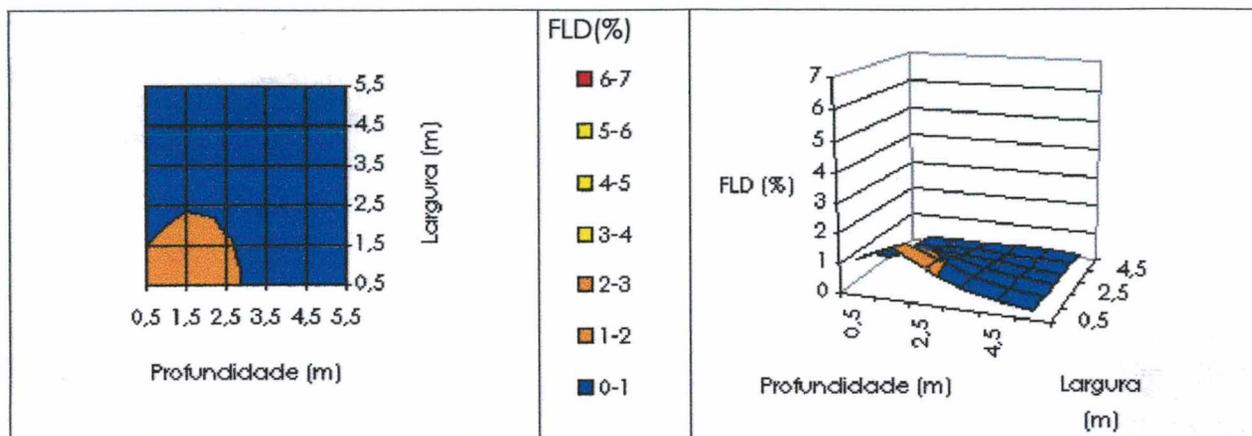


FIGURA 5-39-Mod PIL Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

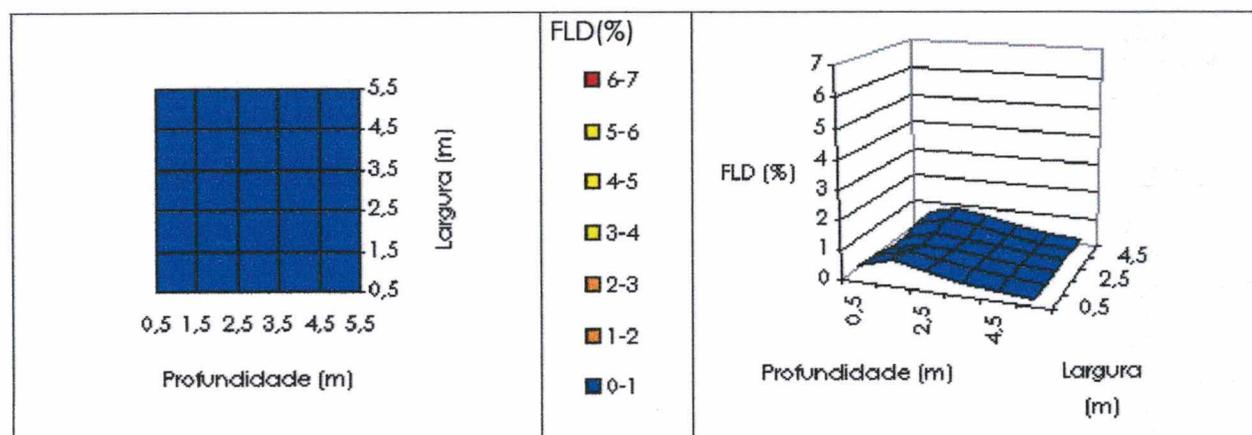


FIGURA 5-40-Modelo PI2L Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

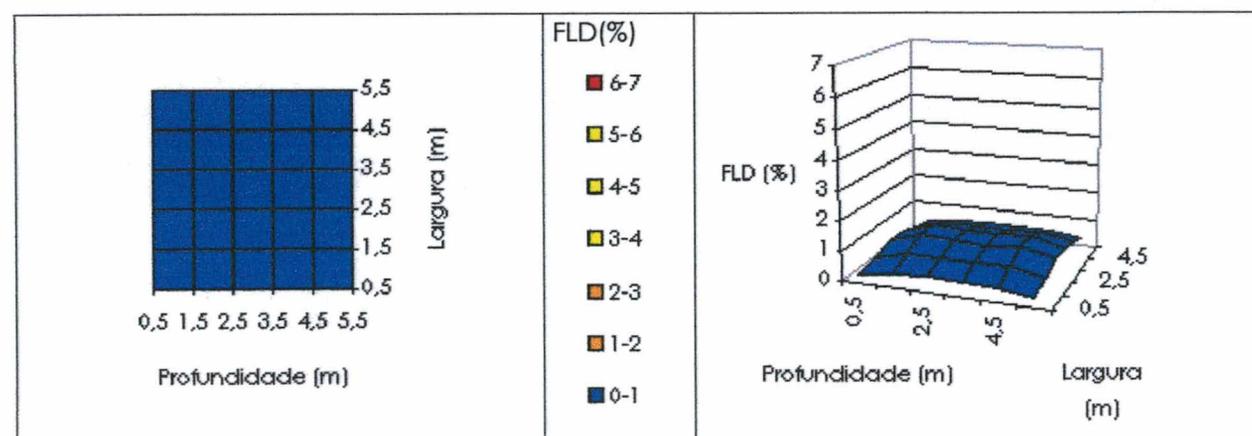


FIGURA 5-41-Modelo PIBI Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Laterais Padrão P

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

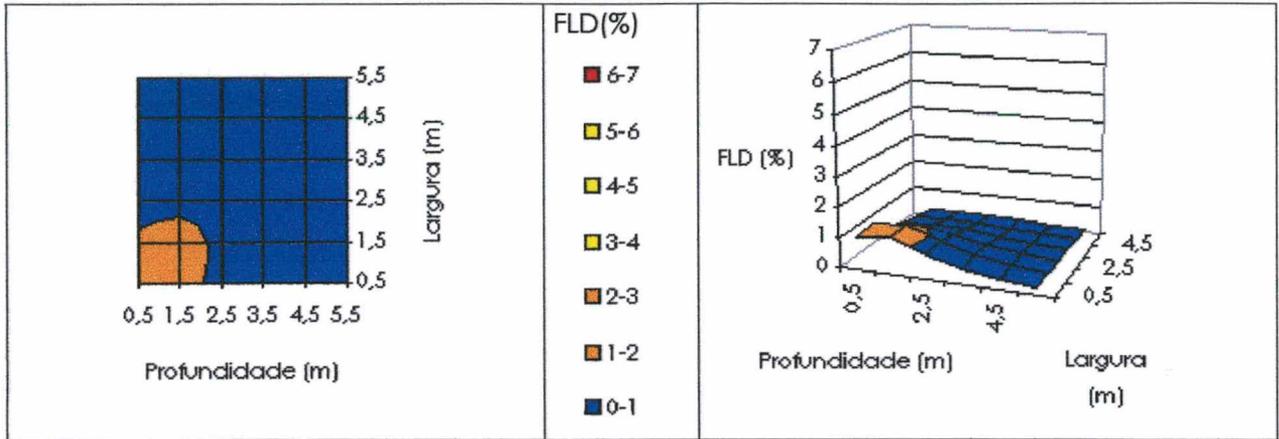


FIGURA 5-42-Modelo PCC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

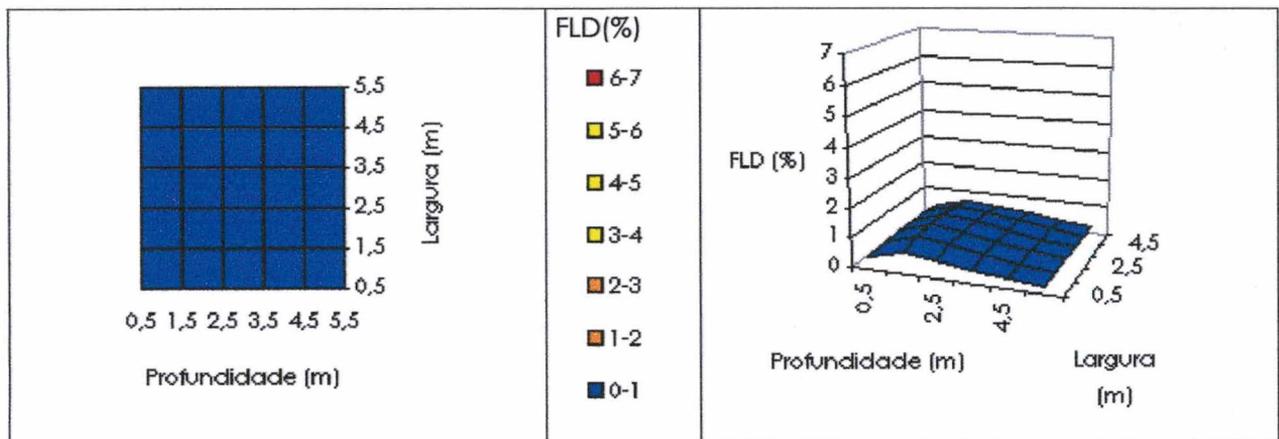


FIGURA 5-43-Modelo PIM Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

5.5.2 Aberturas Laterais Padrão M

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

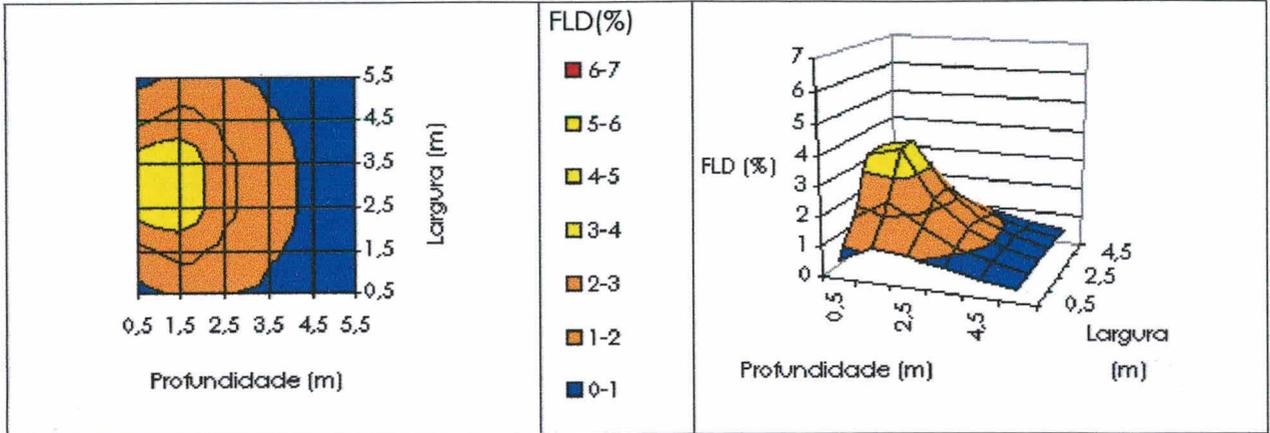


FIGURA 5-44-Modelo MIC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

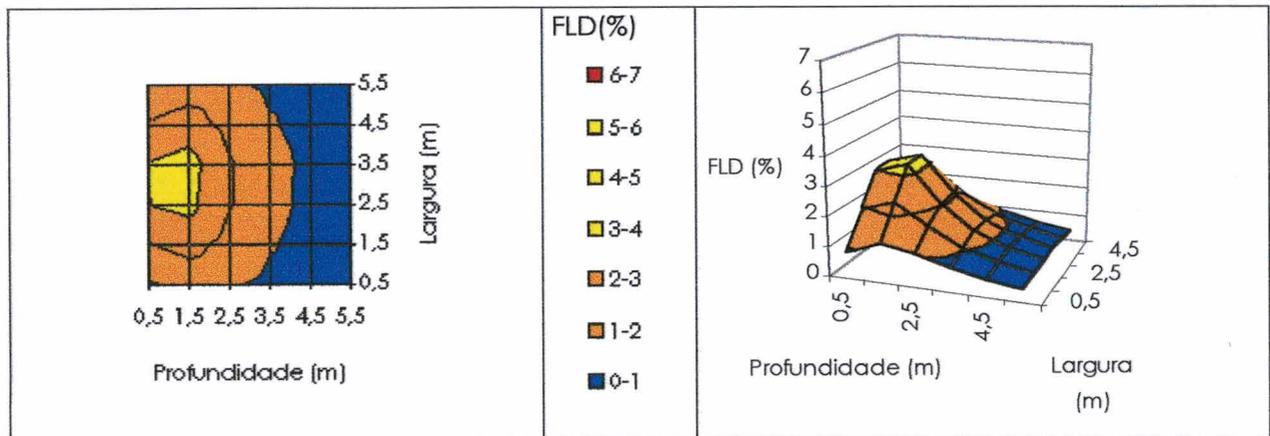


FIGURA 5-45-Modelo MH Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

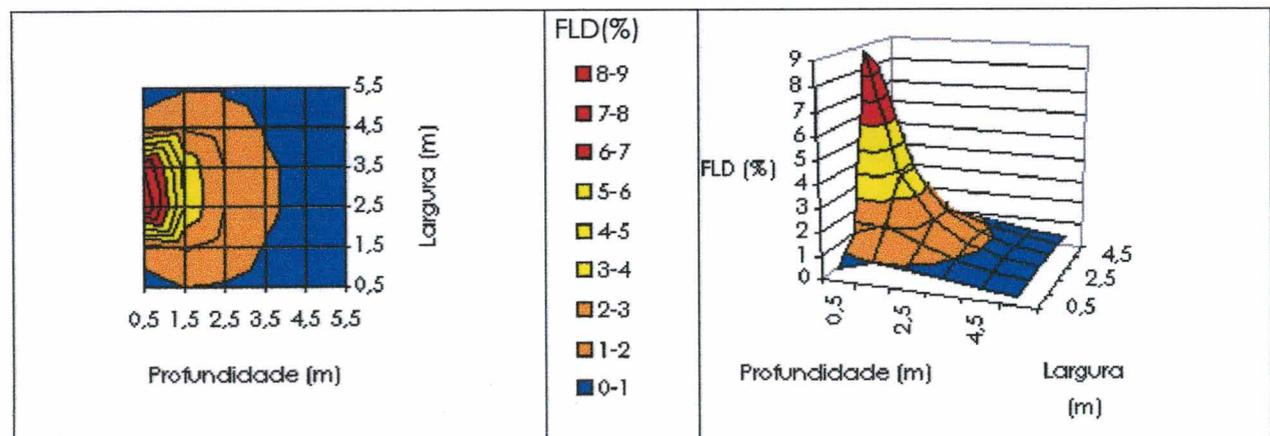


FIGURA 5-46-Modelo MV Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Laterais Padrão M

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

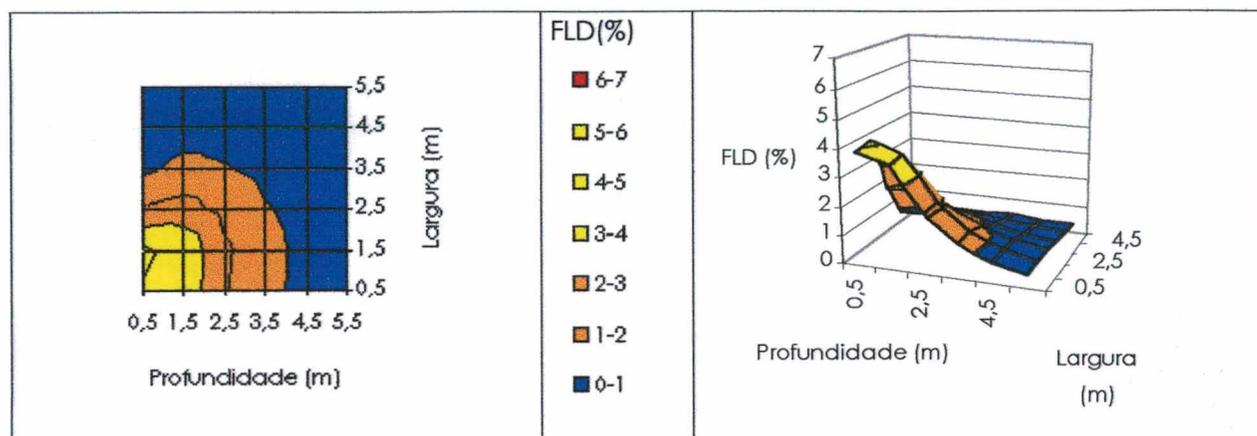


FIGURA 5-47-Modelo **MIL** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

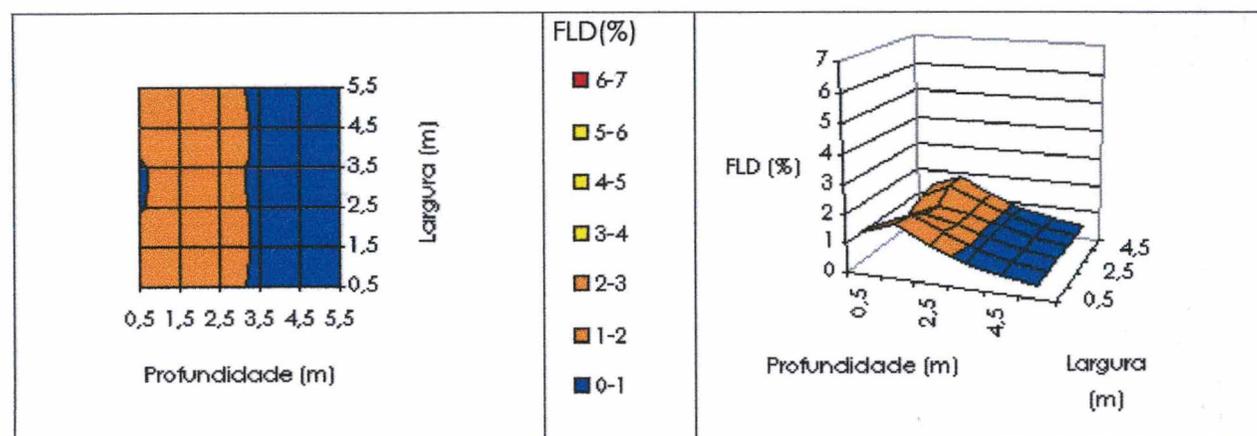


FIGURA 5-48-Modelo **MI2L** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

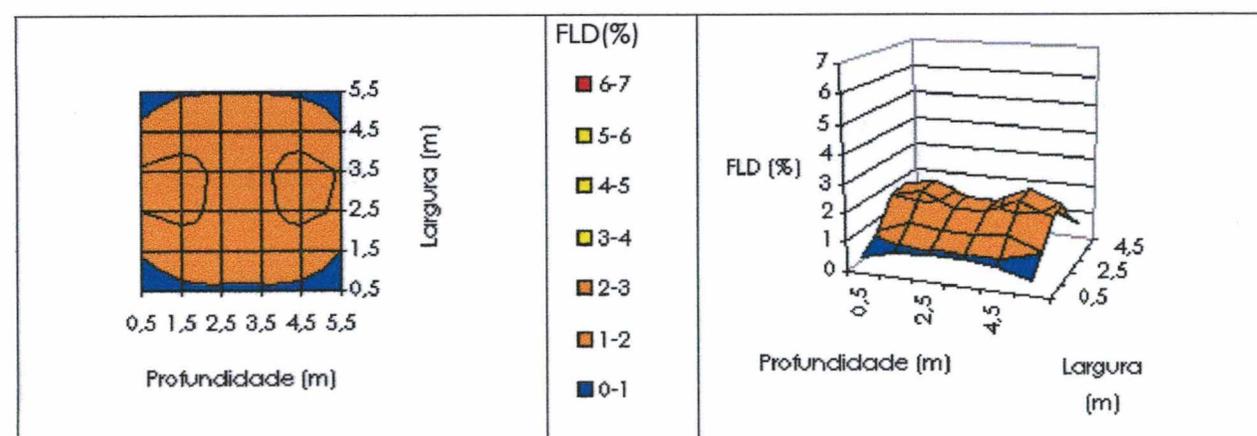


FIGURA 5-49-Modelo **MIBI** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Laterais Padrão M

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

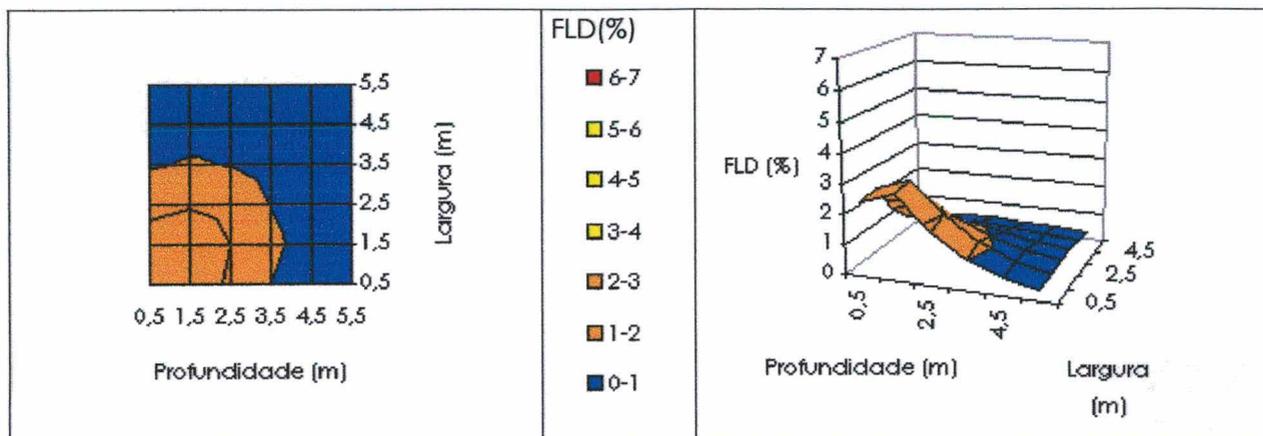


FIGURA 5-50-Modelo MCC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

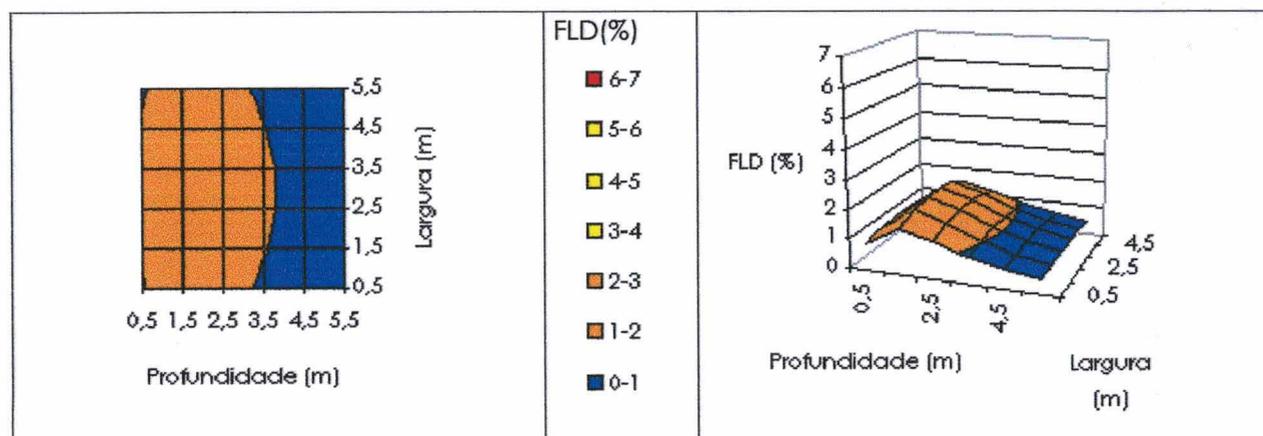


FIGURA 5-51-Modelo MIM Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

5.5.3 Aberturas Laterais Padrão G

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

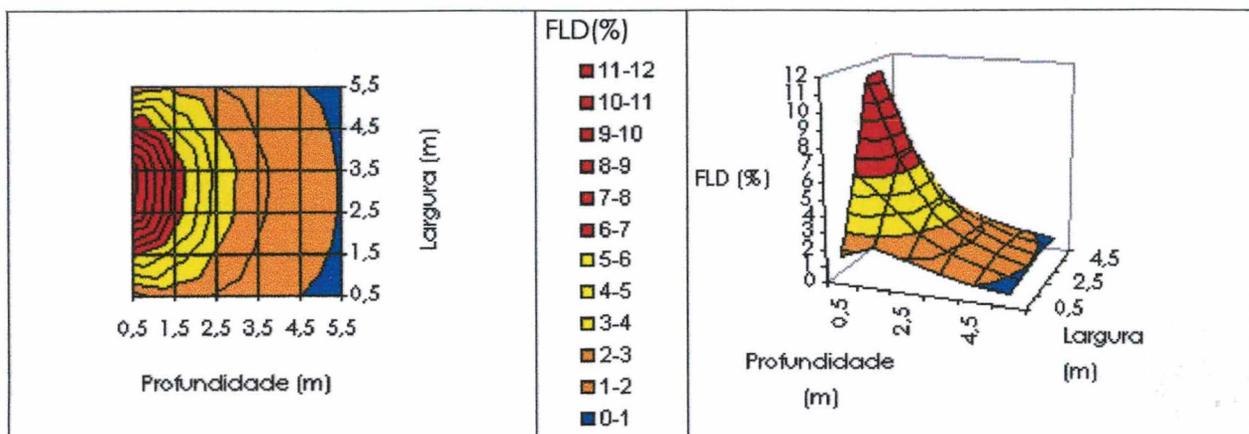


FIGURA 5-52-Modelo GIC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

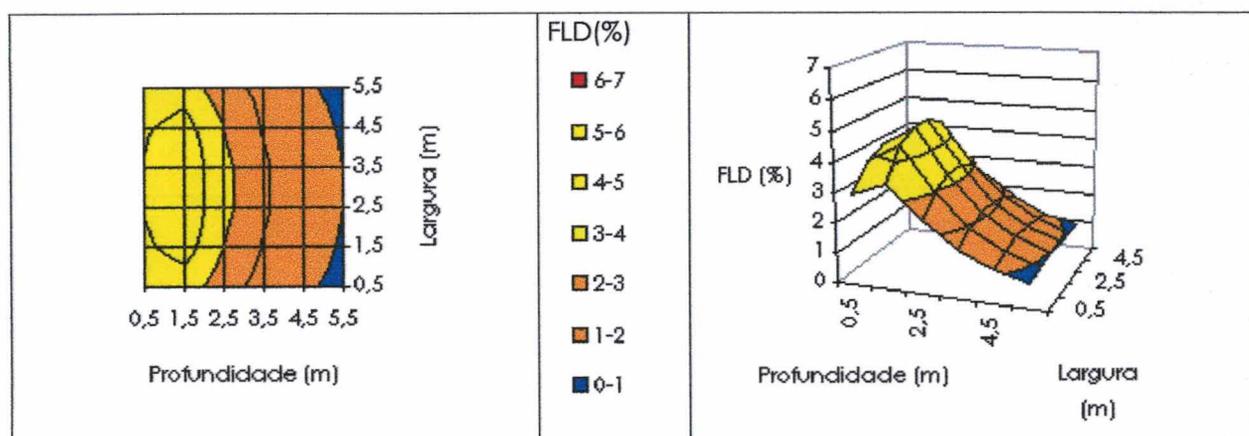


FIGURA 5-53-Modelo GH Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

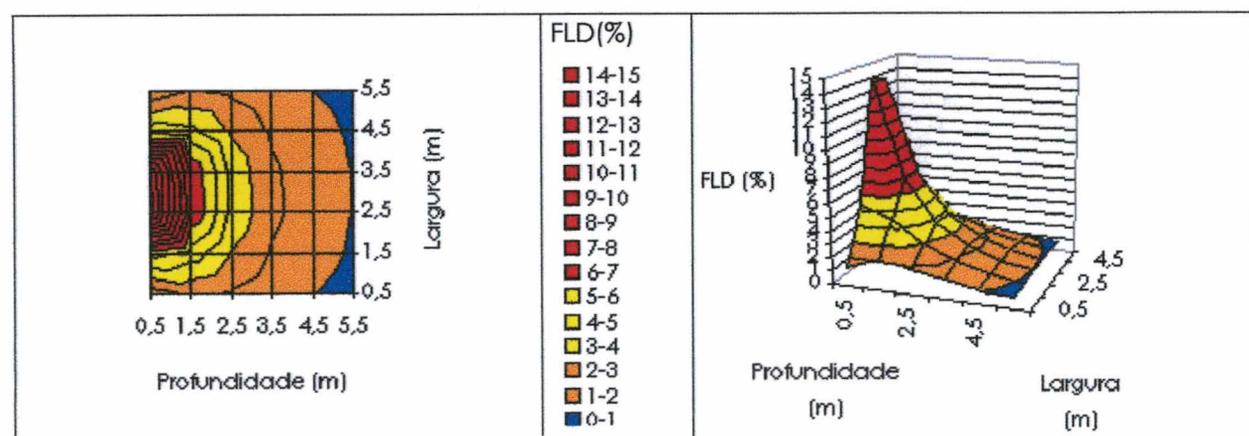


FIGURA 5-54-Modelo GV Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Laterais Padrão G

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

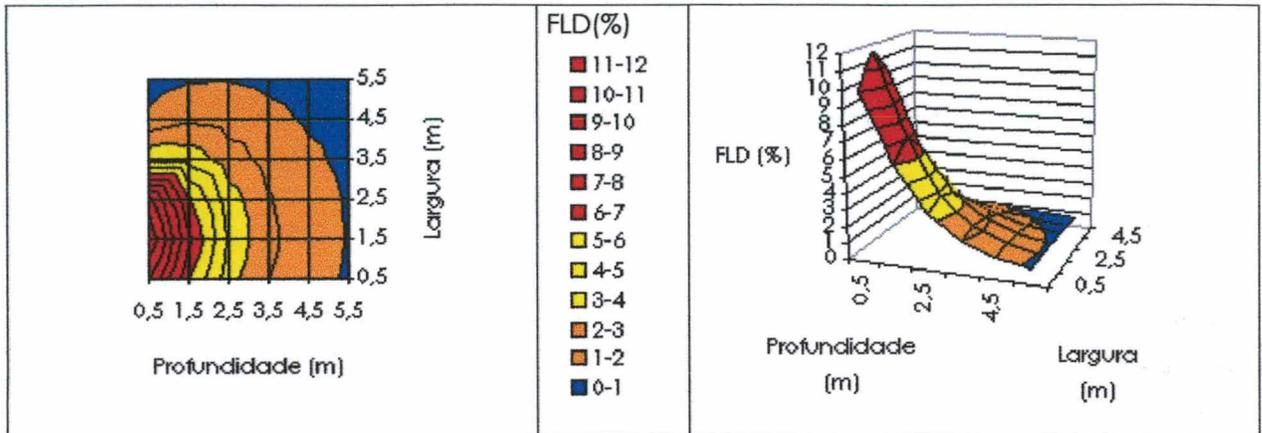


FIGURA 5-55-Modelo GIL Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

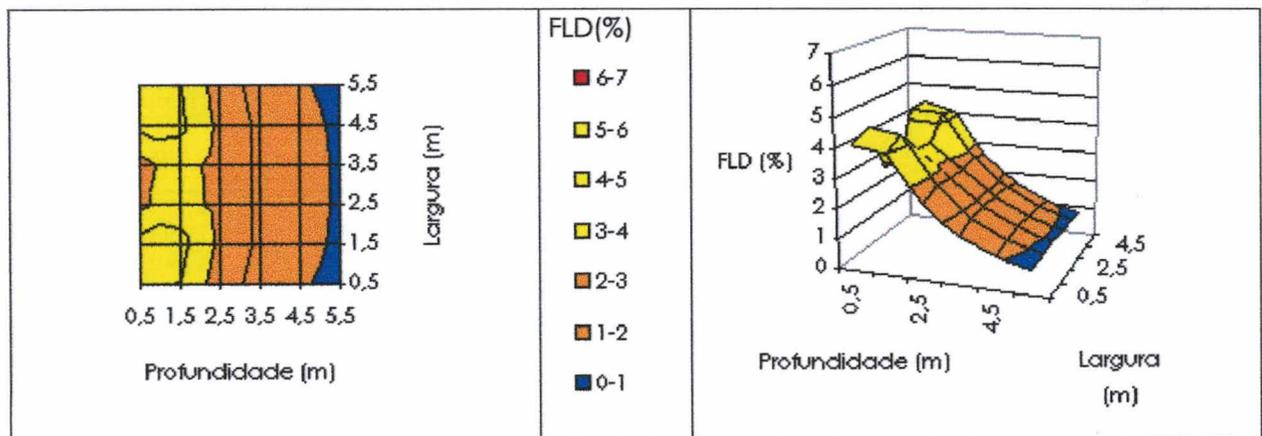


FIGURA 5-56-Modelo GI2L Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

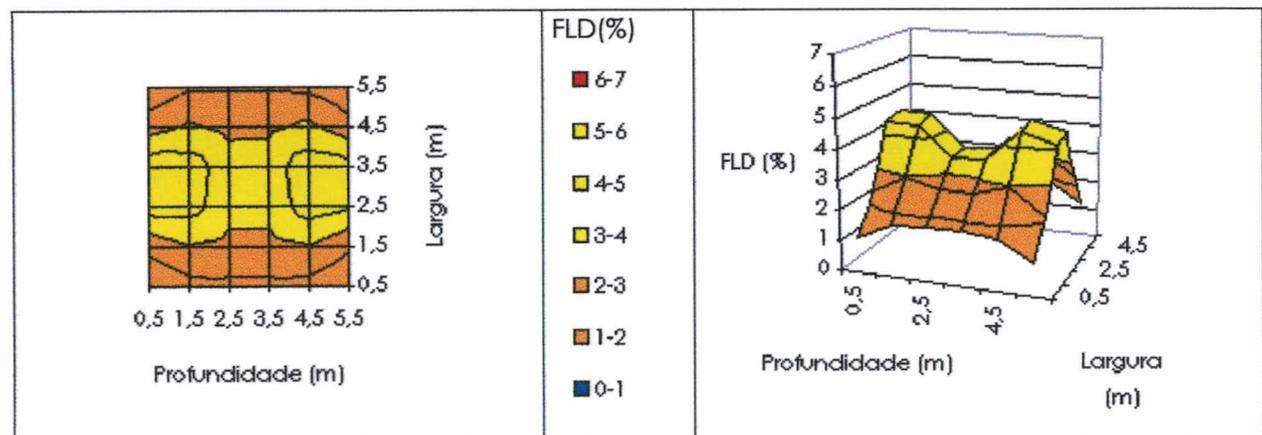


FIGURA 5-57-Modelo GIBI Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Laterais Padrão G

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

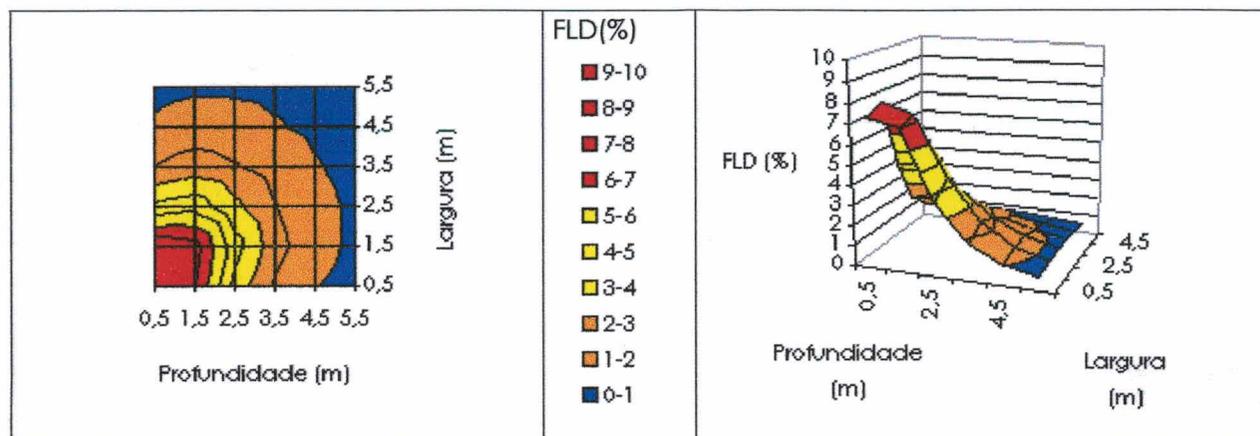


FIGURA 5-58-Modelo GCC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

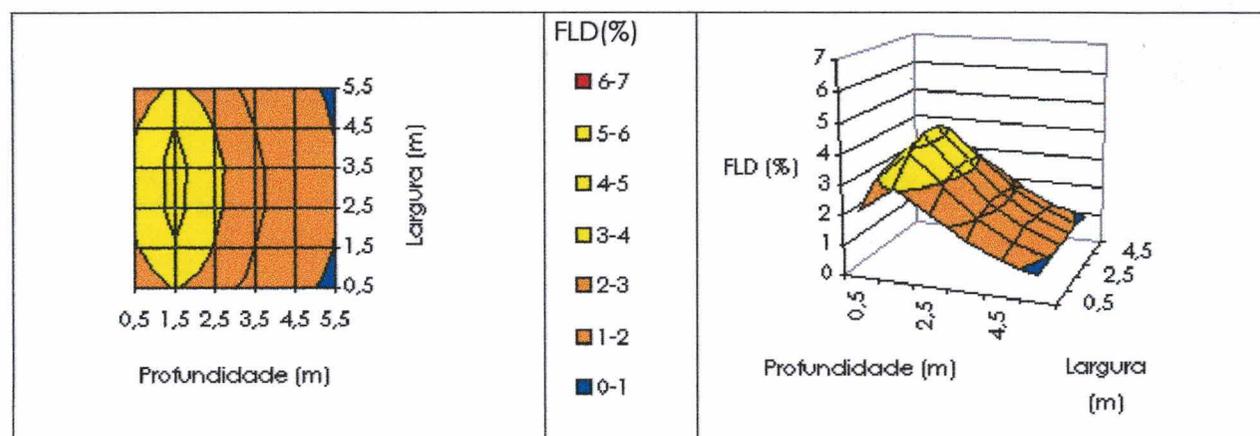


FIGURA 5-59-Modelo GIM Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

5.5.4 Aberturas Zenitais Padrão P

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

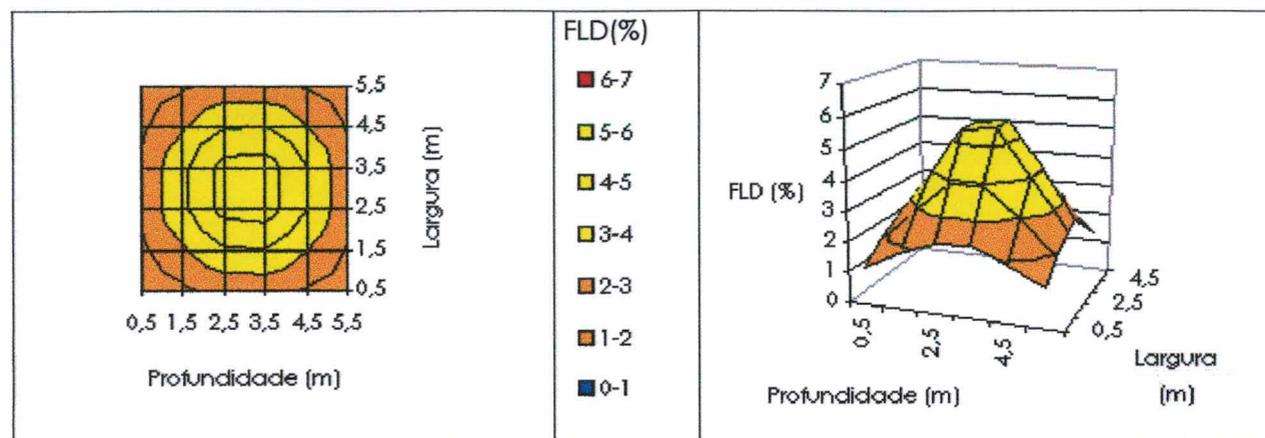


FIGURA 5-60-Modelo **ZPIC** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

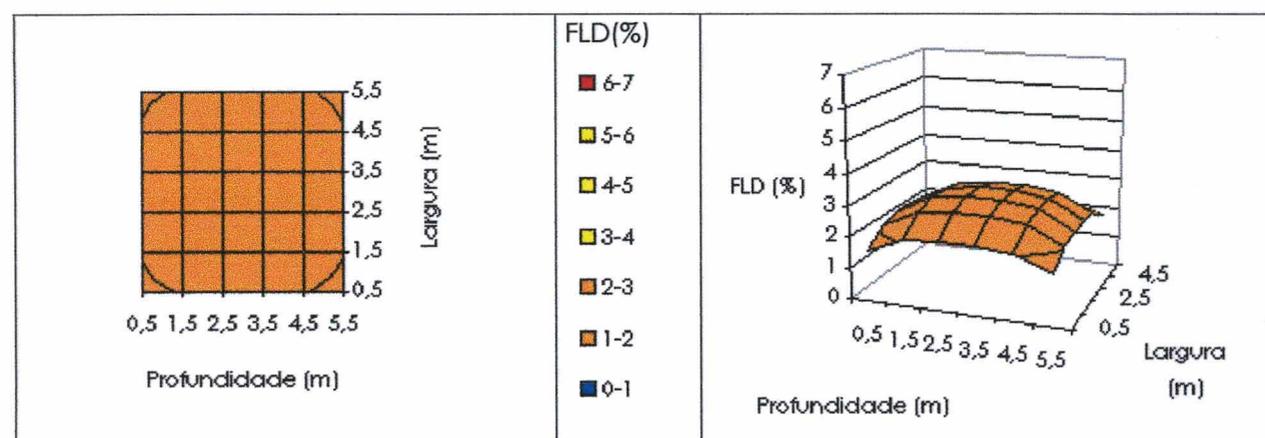


FIGURA 5-61-Modelo **ZP4C** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

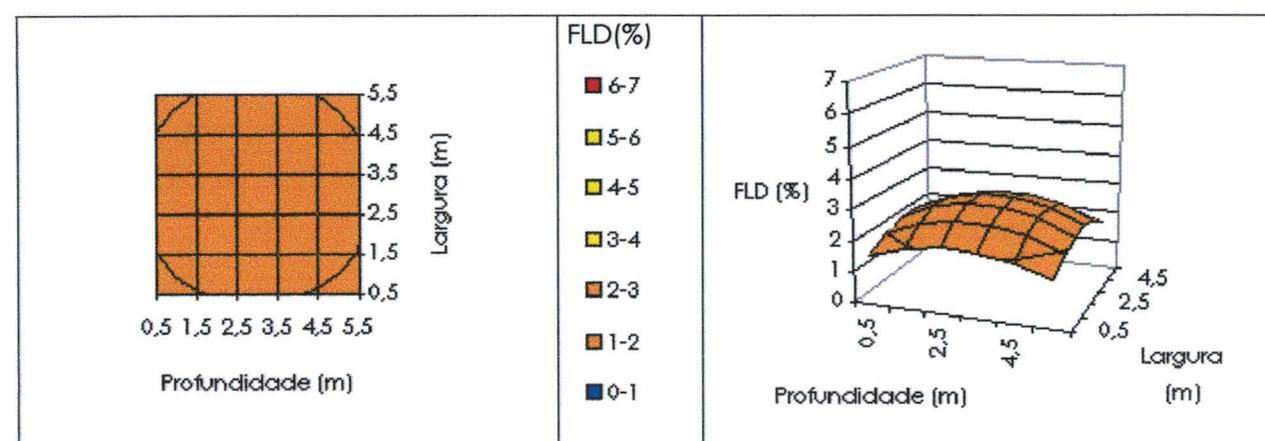


FIGURA 5-62-Modelo **ZPM** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Zenitais Padrão P

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

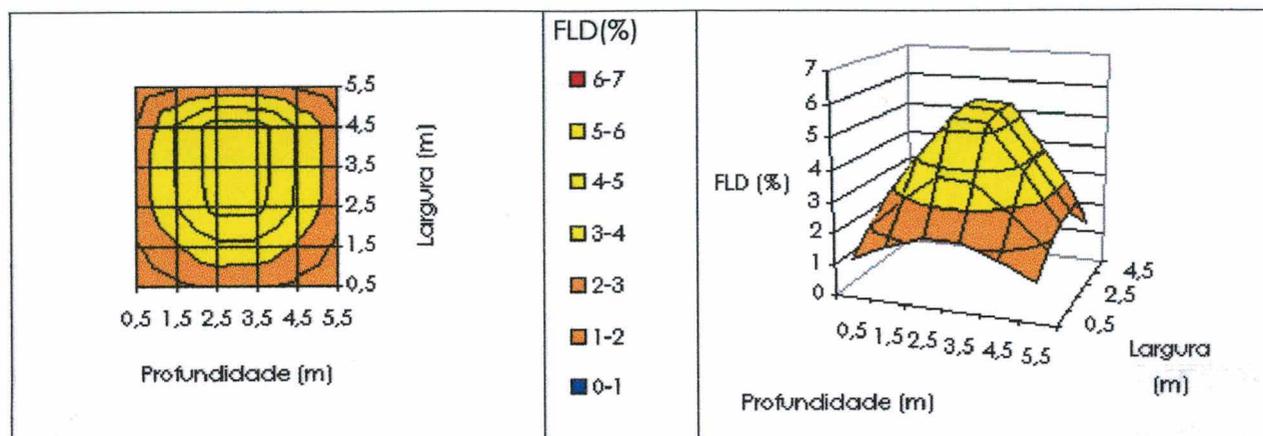


FIGURA 5-63-Modelo ZPTC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

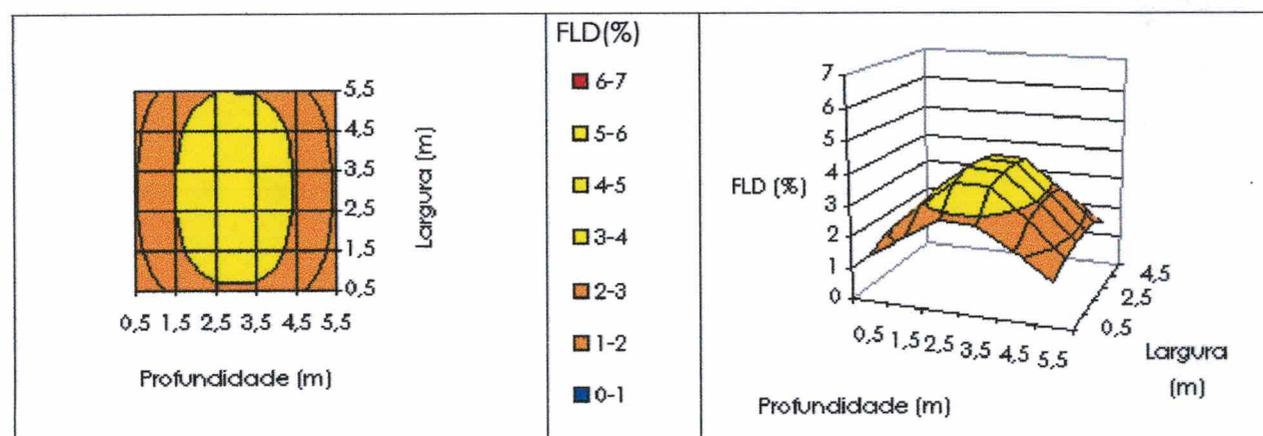


FIGURA 5-64-Modelo ZPTD Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

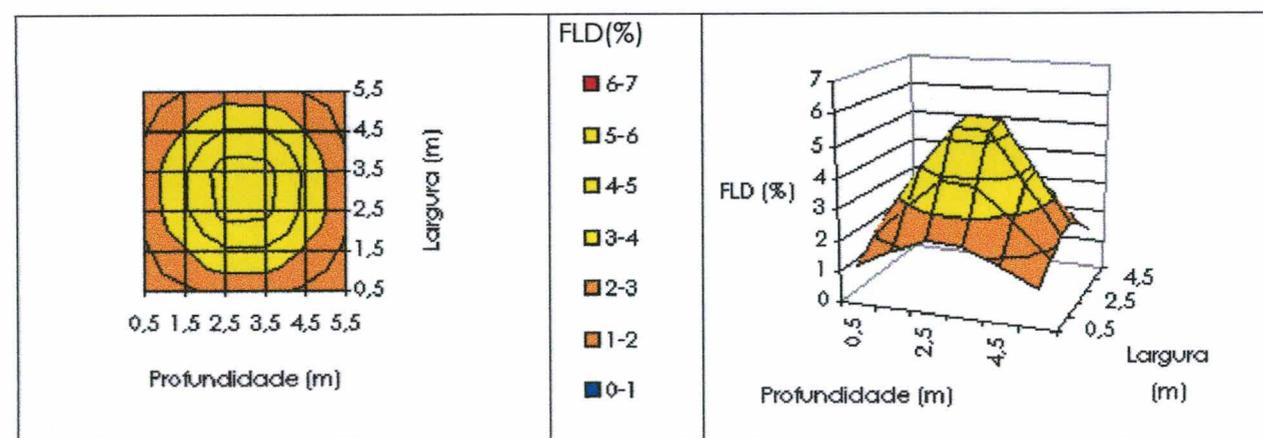


FIGURA 5-65-Modelo ZPLC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Zenitais Padrão P

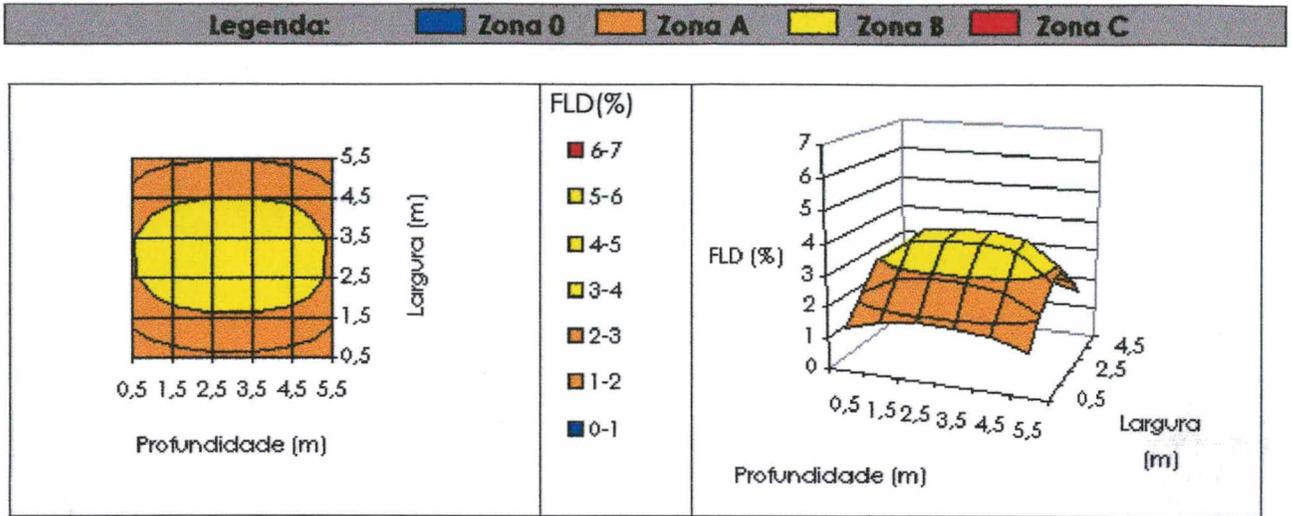


FIGURA 5-66-Modelo ZPLD Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

5.5.5 Aberturas Zenitais Padrão M

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

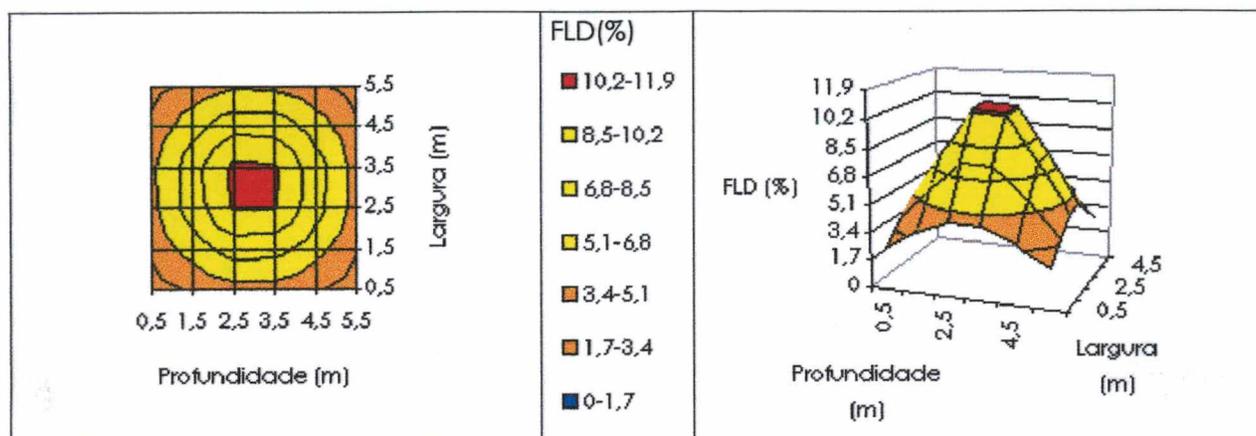


FIGURA 5-67-Modelo **ZMIC** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

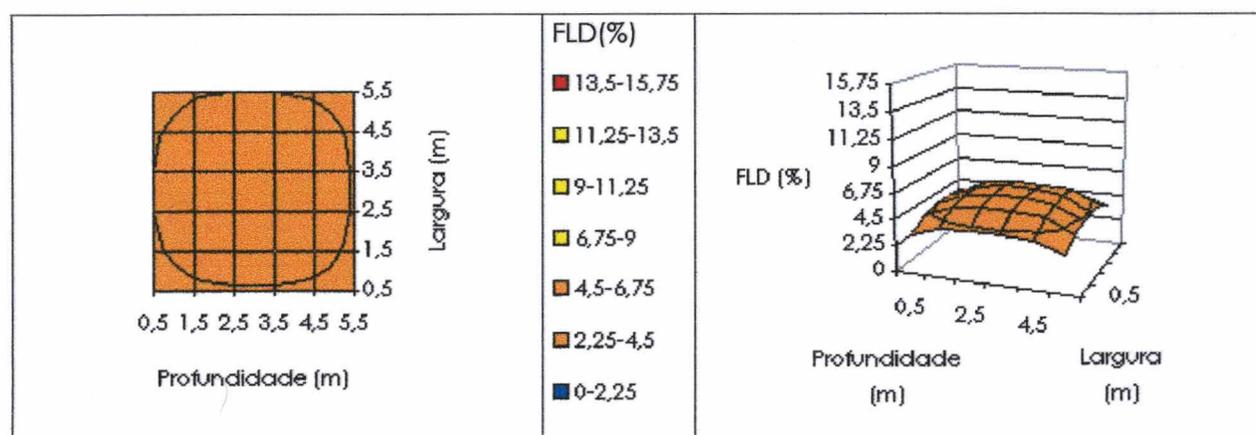


FIGURA 5-68-Modelo **ZM4C** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

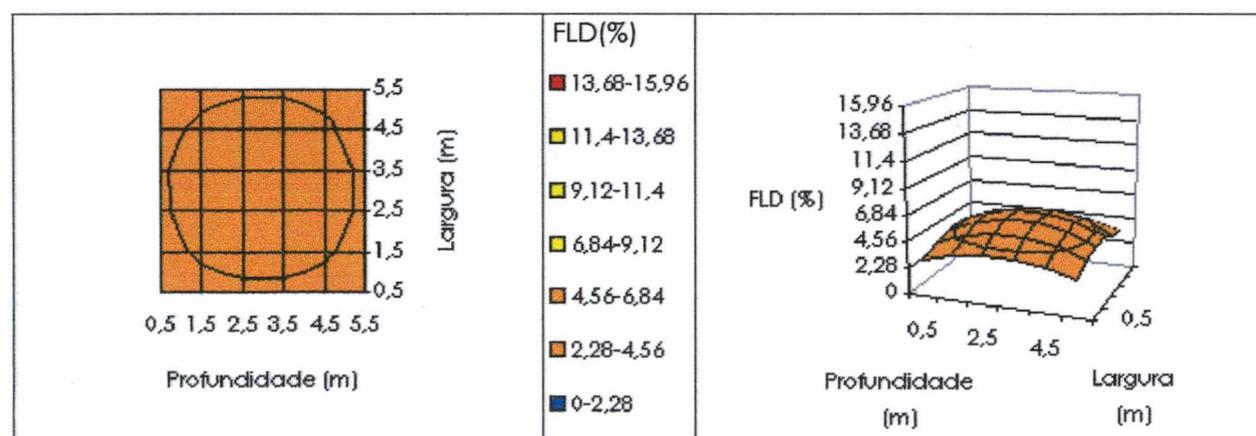


FIGURA 5-69-Modelo **ZMM** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Zenitais Padrão M

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

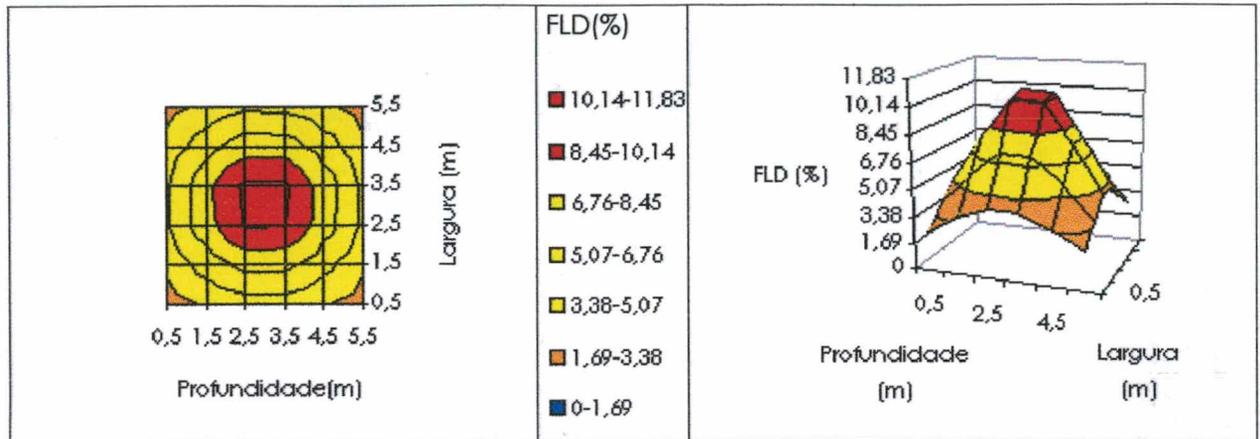


FIGURA 5-70-Modelo ZMTC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

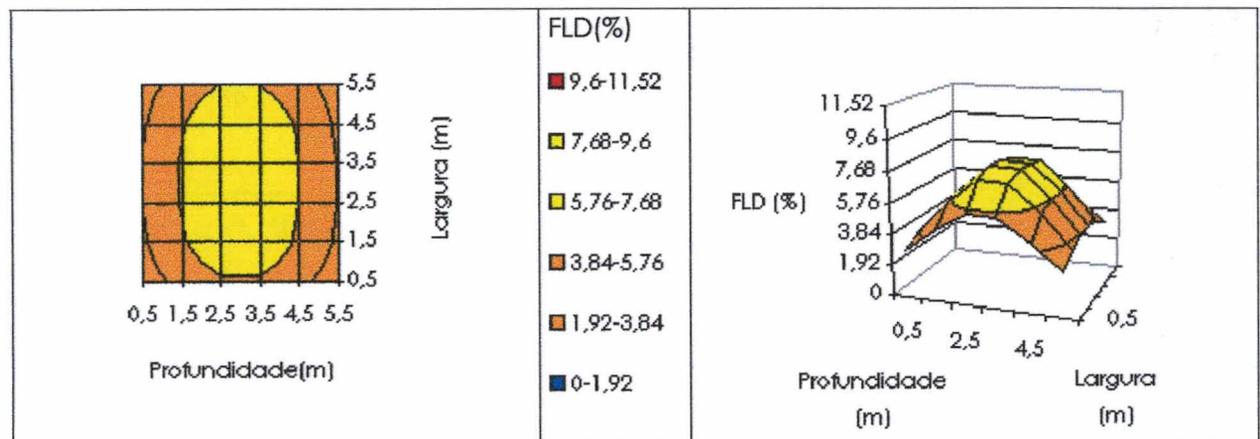


FIGURA 5-71-Modelo ZMTD Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

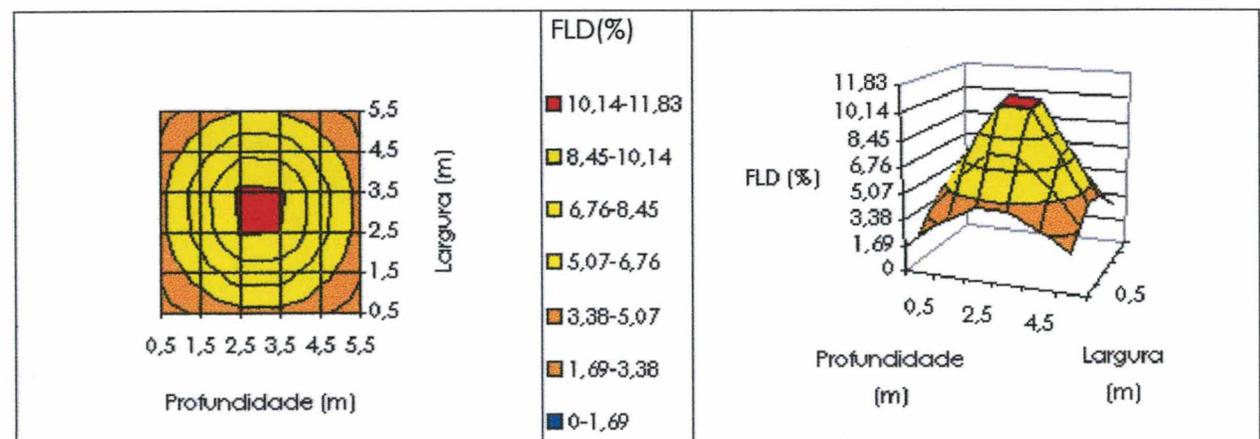


FIGURA 5-72-Modelo ZMLC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Zenitais Padrão M

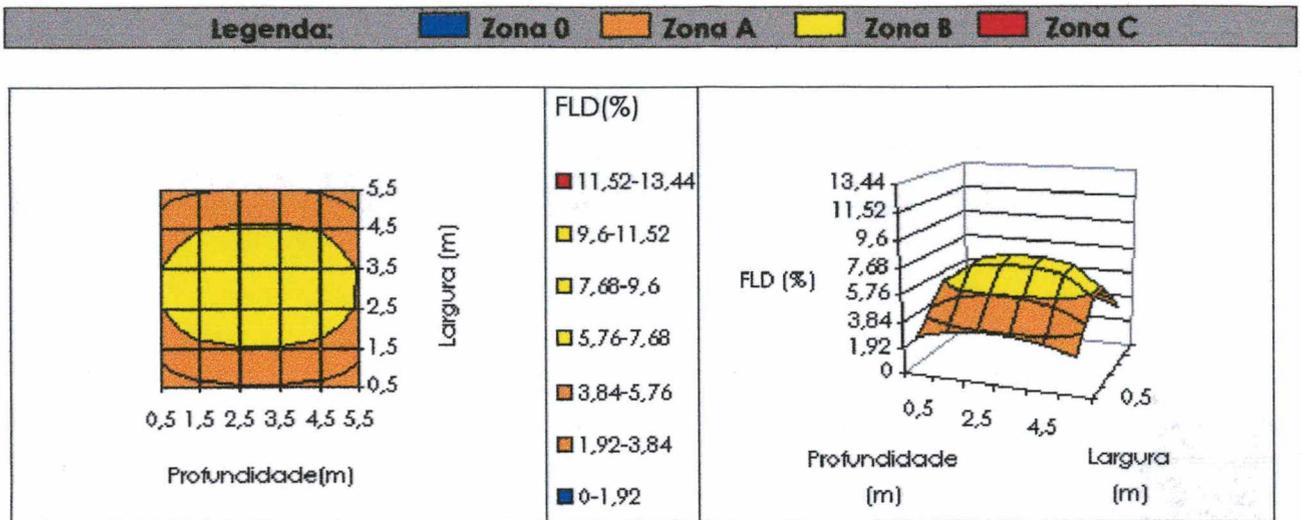


FIGURA 5-73-Modelo **ZMLD** Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

5.5.6 Aberturas Zenitais Padrão G

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

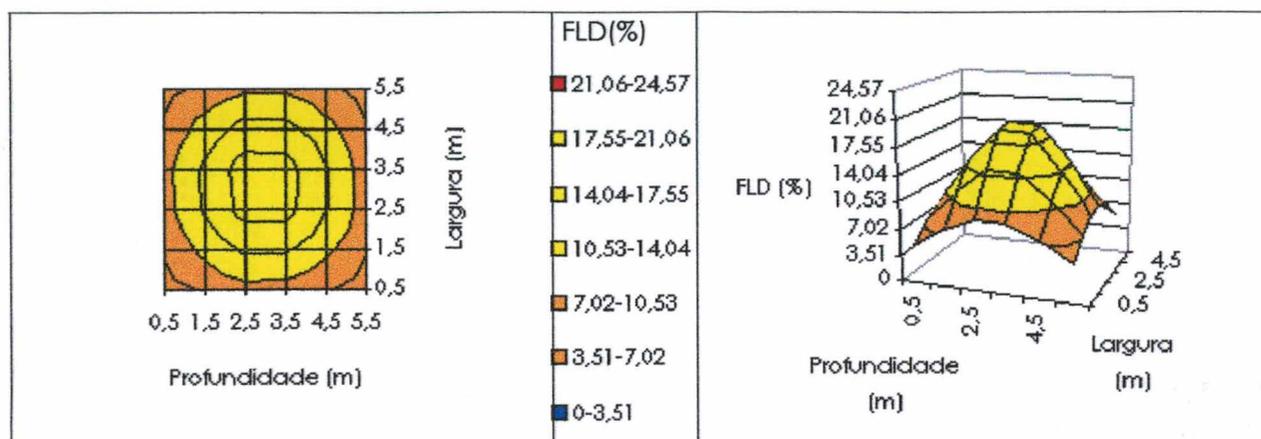


FIGURA 5-74-Modelo ZGIC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

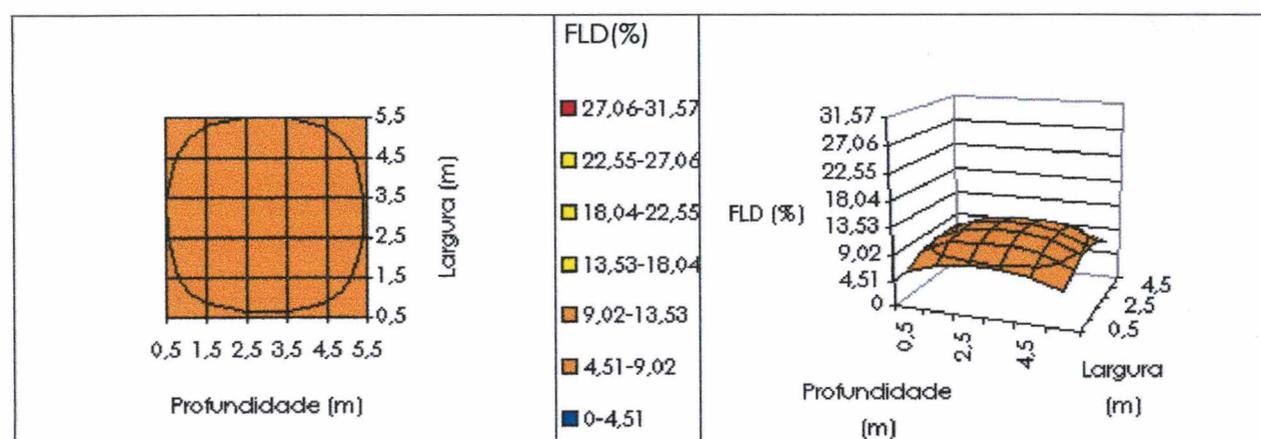


FIGURA 5-75-Modelo ZG4C Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

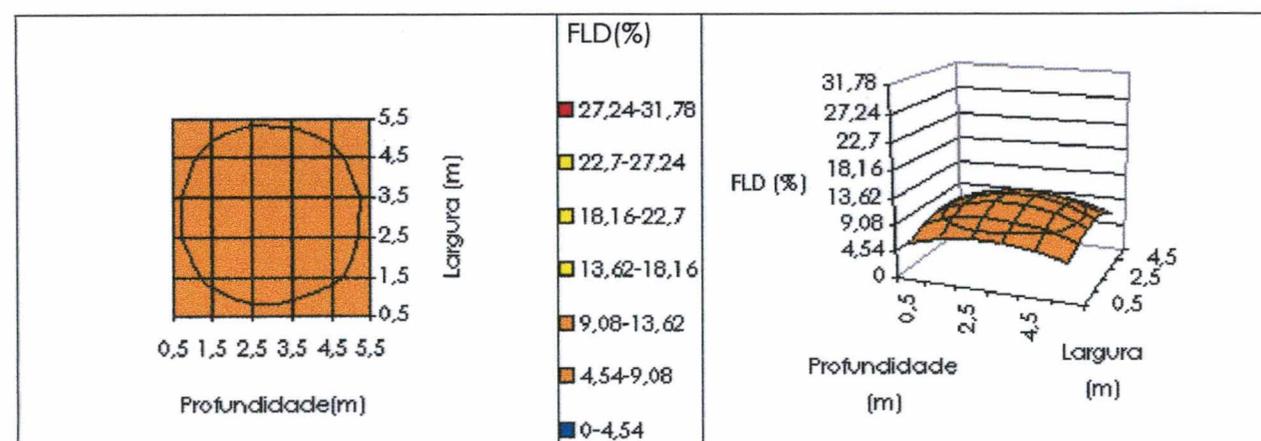


FIGURA 5-76-Modelo ZGM Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Zenitais Padrão G

Legenda: ■ Zona 0 ■ Zona A ■ Zona B ■ Zona C

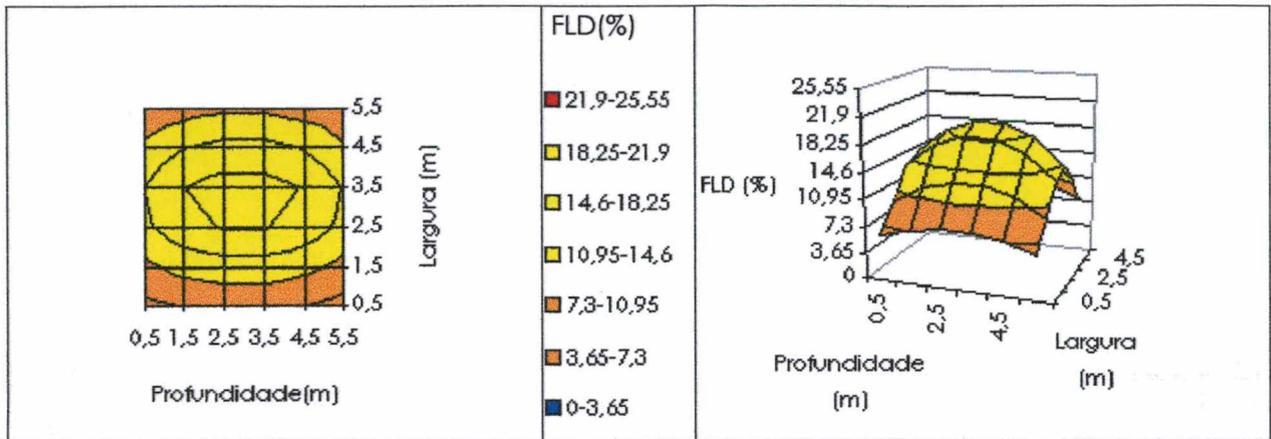


FIGURA 5-77-Modelo ZGTC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

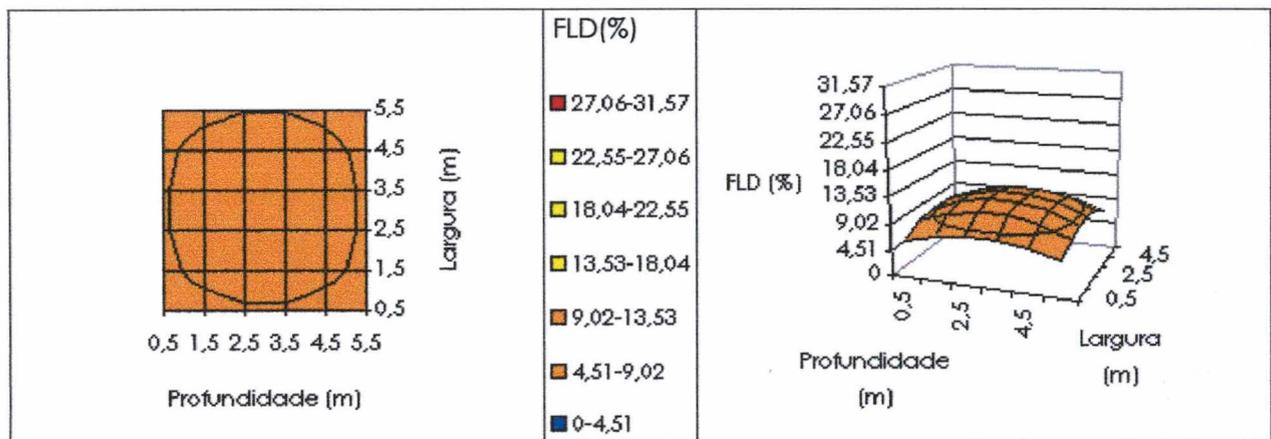


FIGURA 5-78-Modelo ZGTD Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

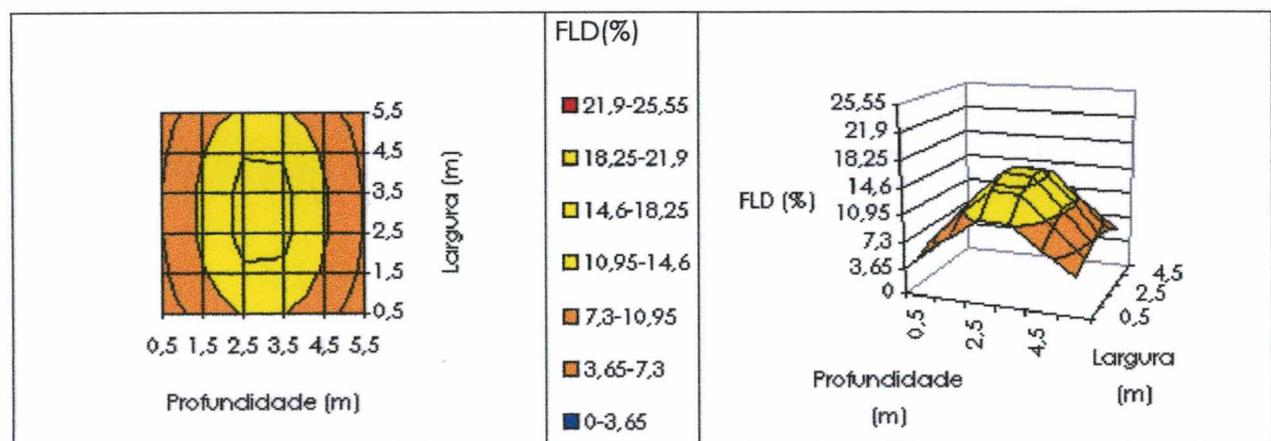


FIGURA 5-79-Modelo ZGLC Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

Aberturas Zenitais Padrão G

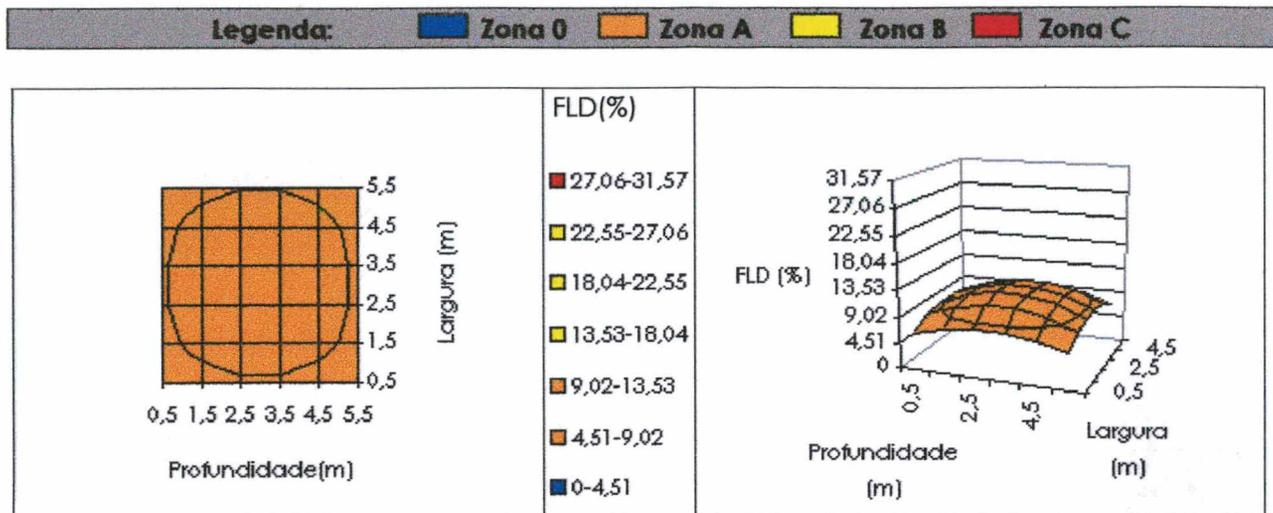


FIGURA 5-80-Modelo ZGLD Zonas de Luz - vista em planta e vista lateral

5.5.7 Desempenho Luminoso em função da posição – Aberturas Laterais

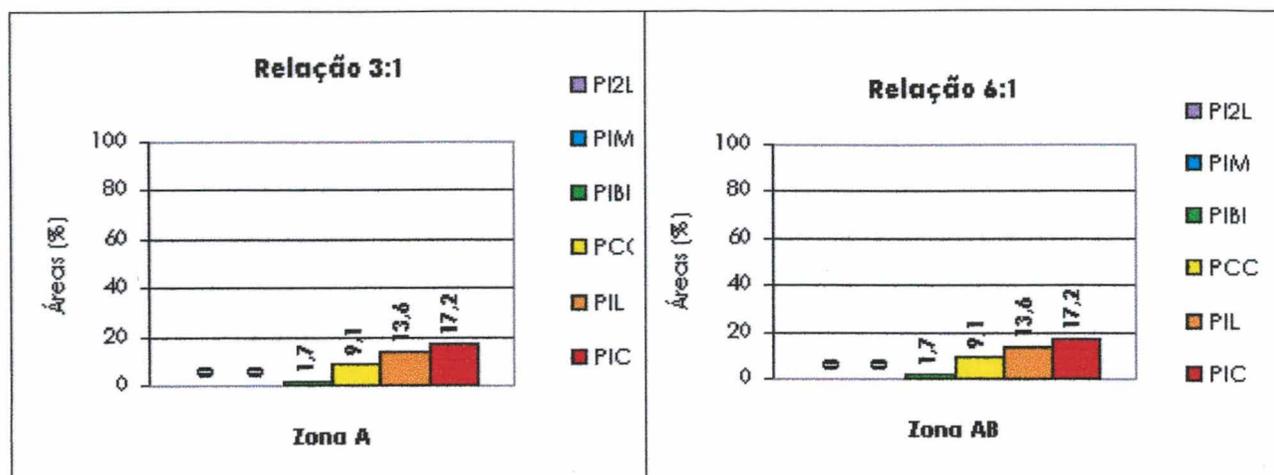


FIGURA 5-81 – Influência da posição para aberturas laterais - Padrão P

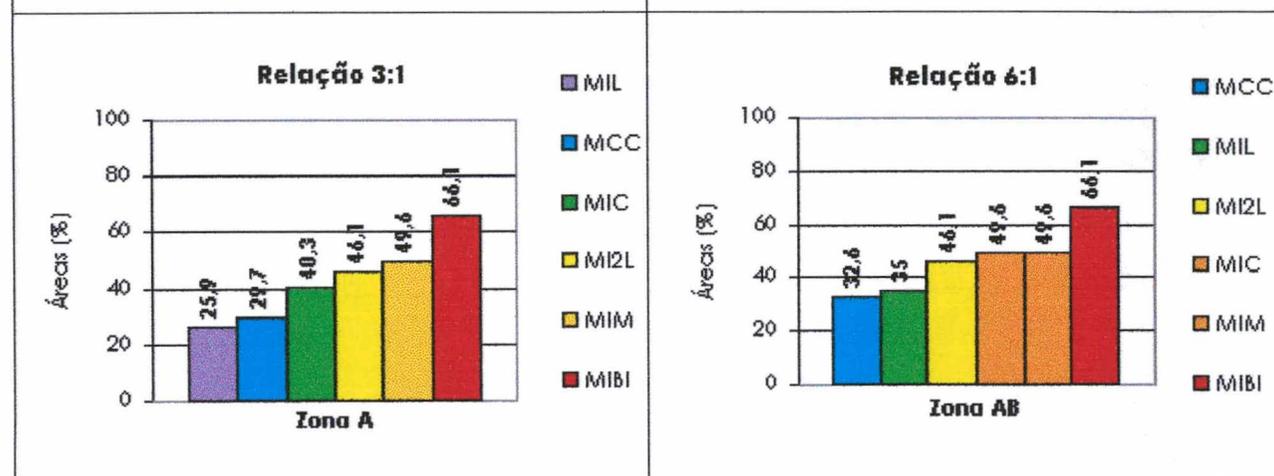


FIGURA 5-82 – Influência da posição para aberturas laterais - Padrão M

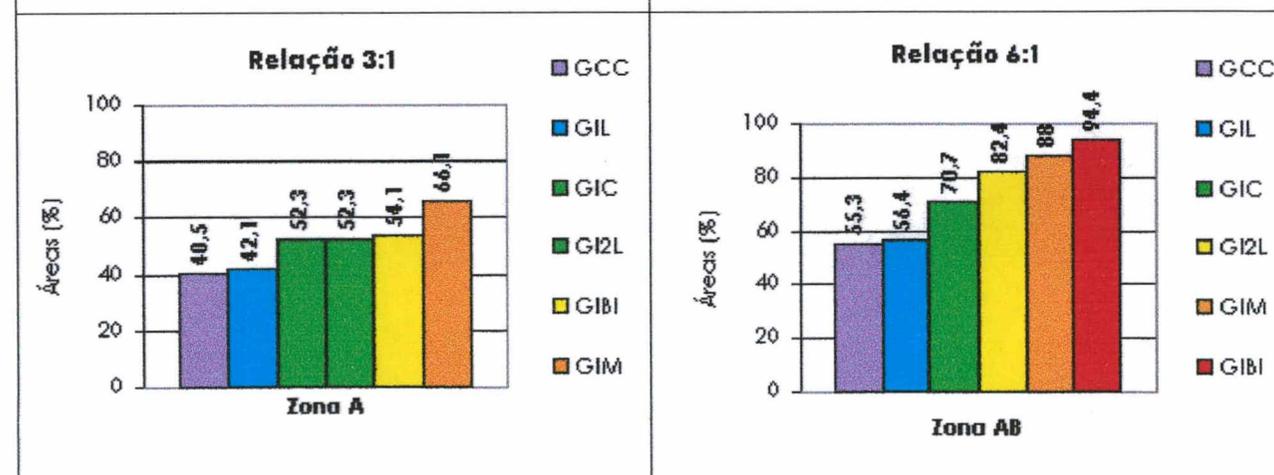


FIGURA 5-83 – Influência da posição para aberturas laterais - Padrão G

5.5.8 Desempenho Luminoso em função da posição – Aberturas Zenitais

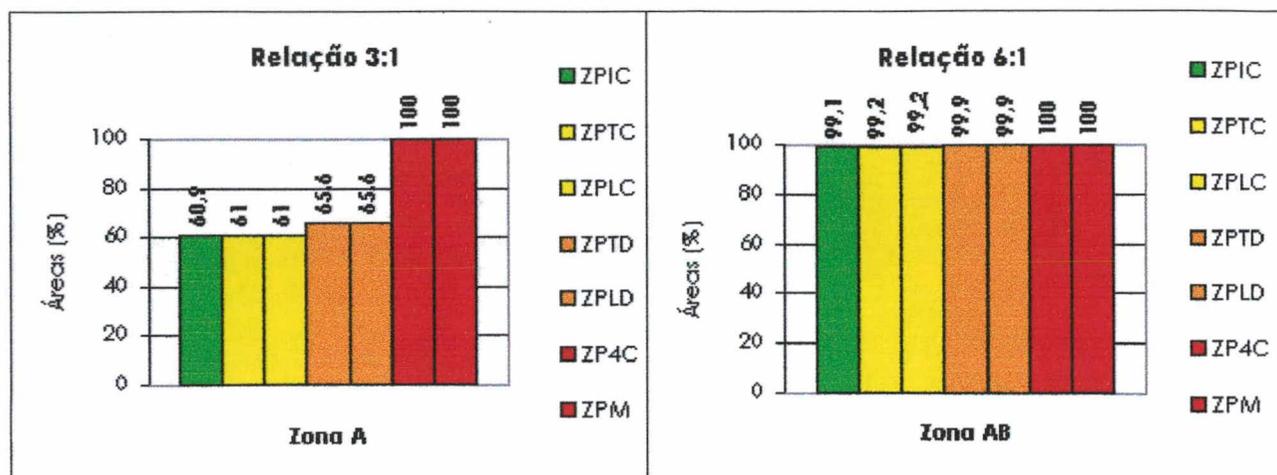


FIGURA 5-84 – Influência da **posição** para aberturas zenitais - **Padrão P**

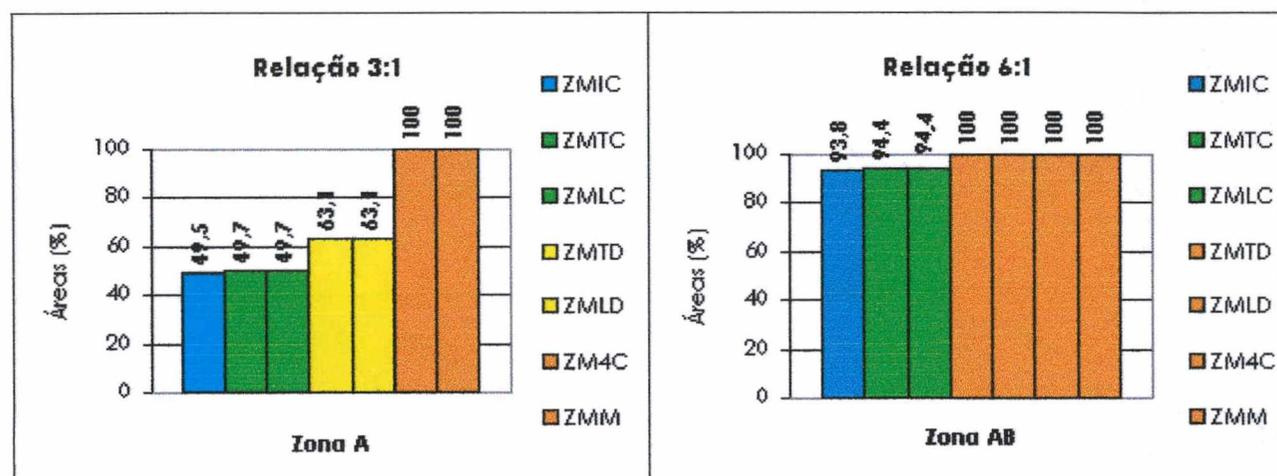


FIGURA 5-85 – Influência da **posição** para aberturas zenitais - **Padrão M**

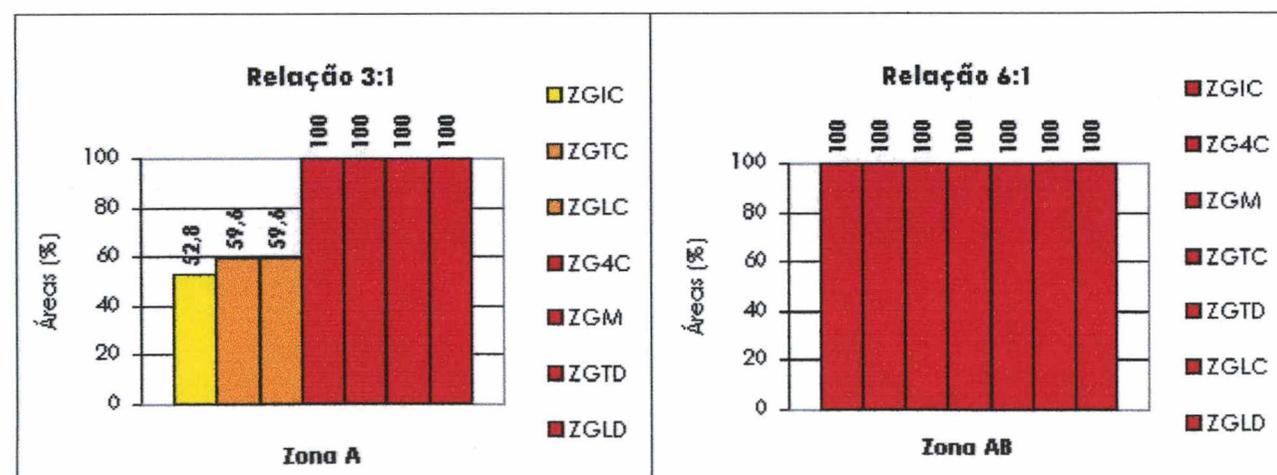


FIGURA 5-86 – Influência da **posição** para aberturas zenitais - **Padrão G**

5.5.9 Desempenho luminoso em função da forma – Aberturas Laterais e Zenitais

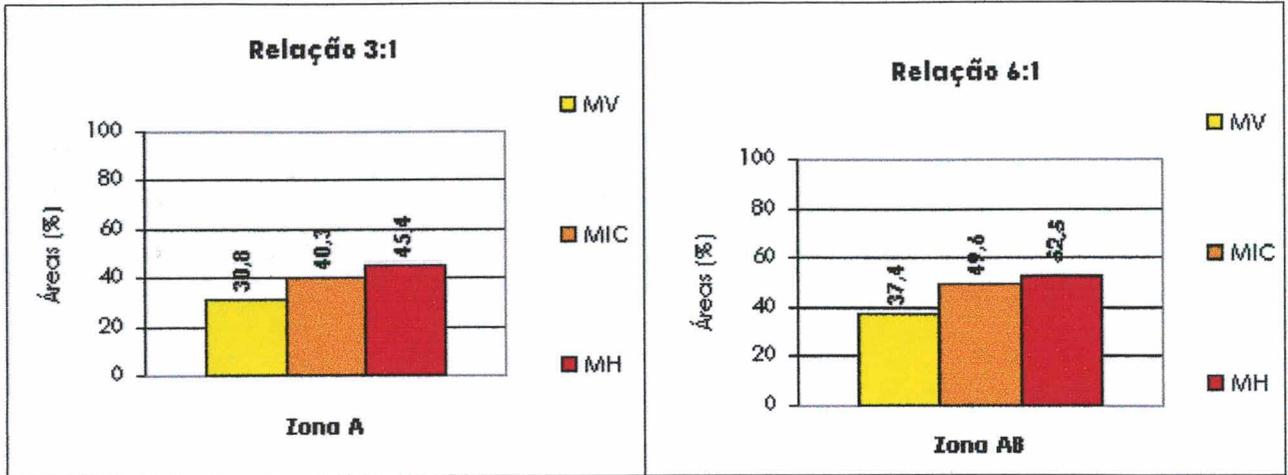


FIGURA 5-87 – Influência da forma para aberturas laterais - Padrão M

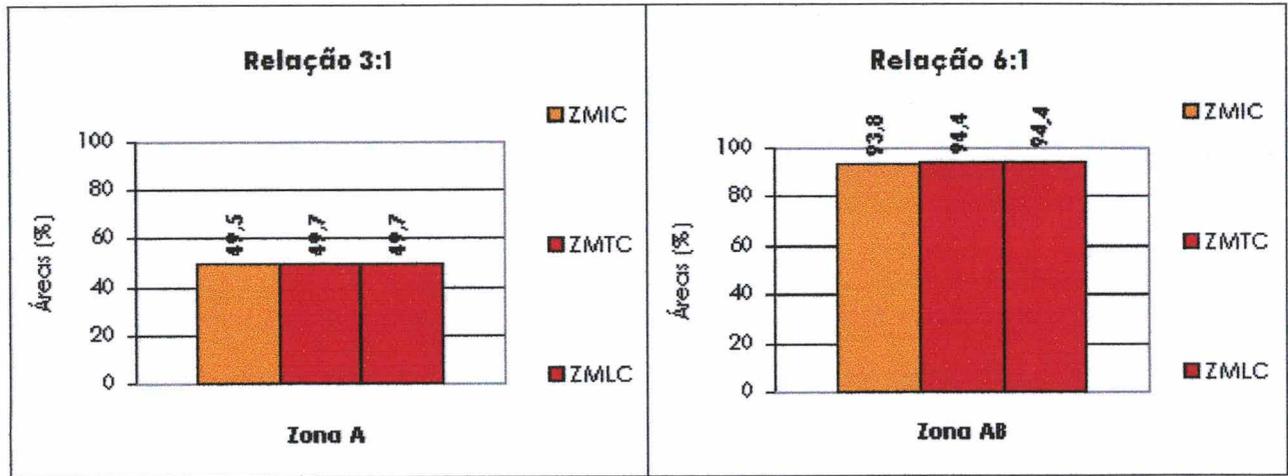


FIGURA 5-88 – Influência da forma para aberturas zenitais - Padrão M

5.5.10 Desempenho Luminoso em função do tamanho – Aberturas Laterais e Zenitais

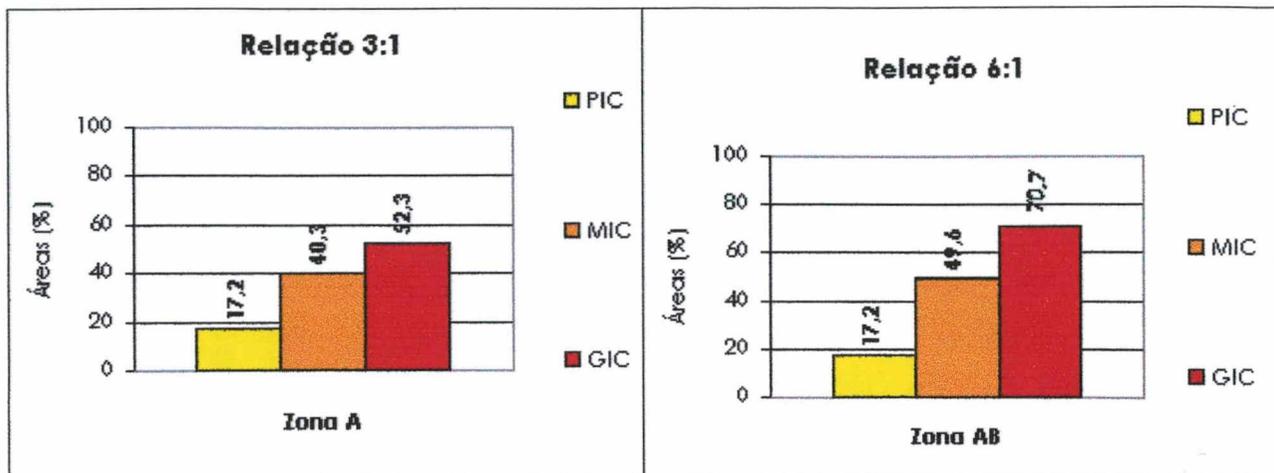


FIGURA 5-89 –Influência do tamanho - aberturas laterais (wwr=10%,20% e 40%)

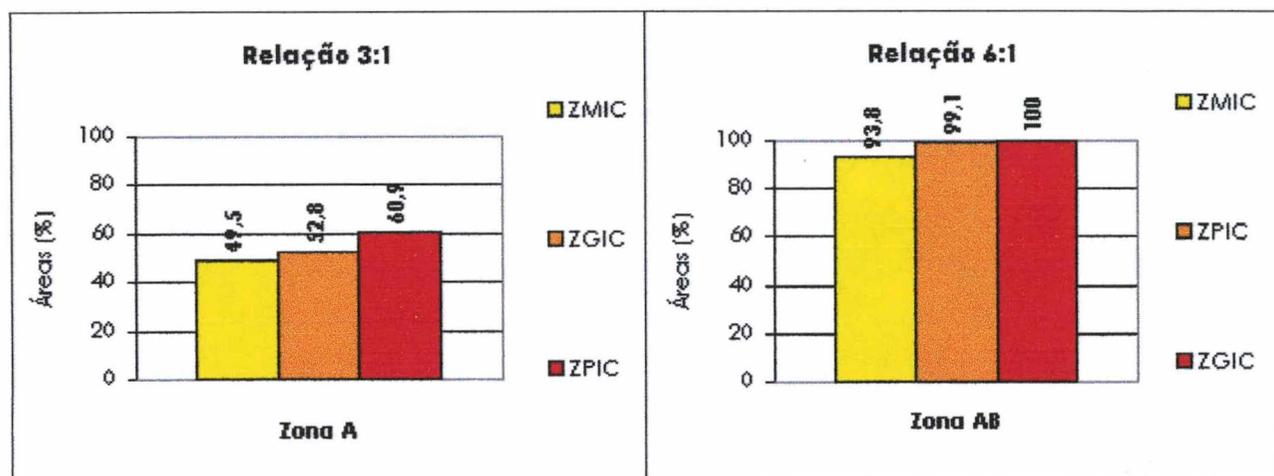


FIGURA 5-90 –Influência do tamanho - aberturas zenitais (sfr=5%, 10% e 20%)

5.6 Análise Comparativa do Zoneamento

O mapeamento das Zonas de Luz geradas a partir da aplicação do Método Gráfico para avaliação do Desempenho Luminoso proposto por este trabalho, permite analisar o comportamento da distribuição da luz natural no ambiente, caracterizando cada tipologia de abertura estudada.

Uma simples análise visual sobre os Diagramas de curvas isoFLD mostra a performance do sistema de iluminação em termos qualitativos, e a análise quantitativa é feita com os resultados numéricos obtidos – áreas percentuais das Zonas de Luz – possibilitando a checagem dos dados visuais.

A seguir são apresentadas algumas inferências, das inúmeras possíveis, tiradas das figuras e gráficos resultantes do trabalho.

Inicialmente é realizada a análise dos resultados para cada Padrão de Abertura e, posteriormente com a ajuda dos Diagramas com os valores das áreas das Zonas de Luz agrupados segundo os 3 Padrões (P,M e G) é analisada a influência do tamanho (dimensões) das aberturas laterais ($w_{wr}=10, 20$ e 40%) e das aberturas zenitais ($s_{fr}=5, 10$ e 20%), a influência da forma e da posição das aberturas.

O desempenho luminoso será tão melhor, quanto maior for a Zona A se o gradiente de luz for de 3:1.

O desempenho luminoso será tão melhor, quanto maior for a Zona AB se o gradiente de luz for de 6:1.

5.6.1 Aberturas Laterais Padrão P

Com base nas TABELA 5-1 e FIGURAS 5-36 a 5-43 relativas as Zonas de Luz e 5-81 é possível verificar que as aberturas laterais Padrão P ($w_{wr}=10\%$):

- com respeito à forma da abertura, intermediária, horizontal e vertical observa-se que a forma horizontal apresenta uma distribuição de luz ligeiramente mais uniforme que a forma intermediária. Para estas 3 tipologias de aberturas somente em $\sim 20\%$ da área do ambiente são atingidos níveis de iluminação acima do mínimo considerado como significativo para iluminação natural ($E=200$ lux, $FLD=1\%$);
- com respeito à posição da abertura observa-se que praticamente na área junto à parede que contem a abertura nas posições lateral e de canto, os valores de FLD são maiores que o mínimo não ultrapassando 14% da área do recinto;
- para as 3 formas, a Zona 0 abrange a quase totalidade da área;
- observa-se que de um modo geral o desempenho luminoso de Modelos com aberturas de Padrão P ($w_{wr}=10\%$) não pode ser considerado satisfatório, uma vez que os níveis de iluminação não são significativos para iluminação natural, dentro do critério considerado pelo método.

5.6.2 Aberturas Laterais Padrão M

Com base nas TABELA 5-2 e FIGURAS 5-44 a 5-51 e 5-82:

- observa-se que os modelos com aberturas com $wwr=20\%$ apresentam duas zonas de iluminação marcantes, a primeira junto à parede que contem a janela com um bom desempenho luminoso, seja do ponto de vista de gradiente de luz de 3:1 para os modelos MI2L e MIM ou mesmo para o gradiente de luz de 6:1 para os modelos MIC, MH, MV e MIL, e a segunda zona abrangendo o meio restante do ambiente, com níveis de iluminação insuficientes para a iluminação natural.
- O modelo MIBI apresenta o melhor desempenho luminoso, sendo a iluminação uniformemente distribuída na quase totalidade do recinto dentro do gradiente de luz de 3:1.

Legenda explicativa segundo a nomenclatura definida na metodologia, cap. 4:

MIC: Conforme mostrado na FIGURA 4-1, corresponde à abertura lateral padrão M($wwr=20\%$), forma intermediária e posição central.

MH: Idem, com forma horizontal e posição central.

MV: Idem, com forma vertical e posição central.

MIL: Conforme mostrado na FIGURA 4-2, corresponde à abertura padrão M, forma intermediária e posição lateral.

MI2L: Idem, com forma intermediária e posição lateral dupla (duas aberturas na mesma parede).

MIBI: Idem, com forma intermediária e posição bilateral (aberturas em paredes opostas).

MCC: Idem, com forma intermediária e posição de canto.

MIM: Idem, com forma intermediária e posição múltipla.

5.6.3 Aberturas Laterais Padrão G

Com base nas TABELA 5-3 e FIGURAS 5-52 a 5-59 e 5-83 é possível verificar que:

- os modelos com aberturas padrão G ($wwr=40\%$) apresentam um bom desempenho luminoso na quase totalidade do ambiente sob o gradiente de luz de 6:1 para GH, GI2L, GIBI e GIM;
- o aumento da área de uma abertura padrão M para G incorre numa maior abrangência do alcance da luz dentro do recinto, mas produz também gradientes maiores de iluminâncias, criando zonas iluminadas com altos níveis de iluminação em detrimento de uma distribuição de luz mais uniforme para os modelos com uma só unidade de abertura (MIC→GIC, MV→GV, MIL→GIL,) e para a abertura de canto (MCC→GCC).

GIC: Conforme mostrado na FIGURA 4-1, corresponde à abertura lateral padrão G ($wwr=40\%$), forma intermediária e posição central.

GH: Idem, com forma horizontal e posição central.

GV: Idem, com forma vertical e posição central.

GIL: Conforme mostrado na FIGURA 4-2, corresponde à abertura padrão G, forma intermediária e posição lateral.

GI2L: Idem, com forma intermediária e posição lateral dupla

GIBI: Idem, com forma intermediária e posição bilateral (aberturas em paredes opostas).

GCC: Idem, com forma intermediária e posição de canto.

GIM: Idem, com forma intermediária e posição múltipla.

5.6.4 Aberturas Laterais – todos os Padrões

Com base nas FIGURAS já citadas e nas FIGURAS 5-87 e 5-89 é possível verificar que:

- o tamanho das aberturas é o fator que maior influência exerce sobre os níveis de iluminação natural do ambiente, principalmente nas regiões adjacentes a parede que contem a abertura. Com respeito aos gradientes de luz estudados verifica-se um melhor desempenho luminoso das aberturas padrão M para o gradiente de 3:1 e das aberturas padrão G para o gradiente de luz de 6:1. Isto leva a concluir que o incremento da área da abertura conduz a um maior gradiente de luz, e conseqüente menor uniformidade para os níveis de iluminação.
- quanto à posição das aberturas, para uma mesma área, a eficiência aumenta se esta área for distribuída uniformemente em mais de uma abertura, e ainda a possibilidade de posicioná-las em paredes opostas resulta numa opção eficiente de distribuição de luz uniforme. Caso uma única abertura seja a alternativa de escolha para o projeto arquitetônico, sua localização no centro da sala proporciona um melhor desempenho luminoso.
- quanto à forma observa-se um melhor desempenho luminoso para as aberturas horizontais, seguidas pelas de formato intermediário; já as aberturas verticais apresentam altos gradientes, acima dos critérios estabelecidos a partir do padrão M ($wwr=20\%$) elevando os valores substancialmente com o incremento da área padrão G ($wwr=40\%$).
- o posicionamento de aberturas de canto será mais eficaz se estas forem posicionadas mais centralizadas em relação à parede que as contem.

5.6.5 Aberturas Zenitais Padrão P

Com base nas TABELA 5-4 e FIGURAS 5-60 a 5-66 e 5-84:

- observa-se um excelente desempenho luminoso das diversas tipologias de aberturas de padrão P para o gradiente de luz de 3:1, uma vez que a Zona A abrange totalmente a área do recinto para os Modelos contemplados com 4 ou mais unidades de aberturas: ZP4C e ZPM, e igual desempenho para as demais tipologias de aberturas para o gradiente de 6:1;
- em termos de valores quantitativos de níveis de iluminação nota-se que os menores valores ocorrem ao longo do perímetro da sala e valores mais altos sob as aberturas. Pode-se ainda verificar que áreas unitárias menores de aberturas zenitais distribuem qualitativamente melhor a luz do que aberturas unitárias maiores e em menor número de unidades.

Legenda explicativa segundo a nomenclatura definida na metodologia, cap. 4:
ZP4C: Conforme mostrado na FIGURA 4-3, corresponde à abertura zenital padrão P ($w_{wr}=5\%$), com forma intermediária e posição 4 cantos.
ZPM: Idem, com forma intermediária e posição múltipla.

5.6.6 Aberturas Zenitais Padrão M

Com base nas TABELA 5-5 e FIGURAS 5-66 a 5-73 e 5-85:

- observa-se um excelente desempenho luminoso das diversas tipologias de aberturas de padrão M para o gradiente de luz de 3:1, uma vez que a Zona A abrange totalmente a área do recinto para os Modelos contemplados com 4 ou mais unidades de aberturas: ZM4C e ZMM, e igual desempenho para as tipologias de aberturas com duas unidades: ZMTD e ZMLD para o gradiente de 6:1. Para os Modelos com aberturas unitárias começam a aparecer valores de gradiente de luz inaceitáveis, dentro dos parâmetros do Método, sob as aberturas;
- em termos de valores quantitativos de níveis de iluminação nota-se a ocorrência de valores maiores de iluminâncias em consequência do aumento da área de abertura.

Legenda explicativa segundo a nomenclatura definida na metodologia, cap. 4:

ZM4C: Conforme mostrado na FIGURA 4-3, corresponde à abertura zenital padrão M (wwr=10%), com forma intermediária e posição 4 cantos.

ZMM: Idem, com forma intermediária e posição múltipla.

ZMTD: Idem, com forma transversal e posição dupla.

ZMLD: Idem, com forma longitudinal e posição dupla.

ZG4C: Conforme mostrado na FIGURA 4-3, corresponde à abertura zenital padrão G (wwr=20%), com forma intermediária e posição 4 cantos.

ZGM: Idem, com forma intermediária e posição múltipla.

ZGTD: Idem, com forma transversal e posição dupla.

ZGLD: Idem, com forma longitudinal e posição dupla.

5.6.7 Aberturas Zenitais Padrão G

Com base nas TABELA 5-6 e FIGURAS 5-74 a 5-80 e 5-86:

- observa-se um excelente desempenho luminoso das diversas tipologias de aberturas de Padrão G para o gradiente de luz de 3:1, uma vez que a Zona A abrange totalmente a área do recinto para os Modelos contemplados com 2 ou mais unidades de aberturas: ZGTC, ZGLC, ZG4C e ZGM, e igual desempenho para todas as tipologias de aberturas para o gradiente de 6:1.
- verifica-se elevados níveis de iluminação para todos os Modelos estudados, ainda que uniformemente distribuídos do ponto de vista do Método adotado por este trabalho.

5.6.8 Aberturas Zenitais – todos os Padrões

Com base nas FIGURAS já citadas e nas FIGURAS 5-88 e 5-90, observa-se:

- as aberturas unitárias ao aumentarem sua área de $wwr=5\%$ para $wwr=10\%$ apresentam um maior gradiente de luz excedendo a relação 6:1, ao contrário do incremento de área de $wwr=10\%$ para 20% quando os gradientes de luz não ultrapassam a relação 6:1, mostrando um excelente desempenho luminoso, com o espraiamento da área da abertura.
- sob os parâmetros de avaliação do Método Gráfico, baseado na limitação de gradientes de luz, objetivando uniformidade no ambiente iluminado, as aberturas zenitais são sem dúvida alguma, muito mais eficazes do que as aberturas laterais.

- a multiplicidade de aberturas em comparação com aberturas unitárias de igual área total, sempre apresenta melhor desempenho luminoso.

Estrutura do Aplicativo

6.1 Desenvolvimento da Estrutura do Aplicativo HiperMídia	119
6.2 Desenho da Interface do HiperLUX.....	124
6.3 A Navegação no HiperLUX.....	131

Este capítulo abrange o desenvolvimento das bases para a estrutura de um aplicativo hipermídia - HiperLUX- de apoio ao processo de ensino-aprendizado de iluminação Natural.

6.1 Desenvolvimento da Estrutura do Aplicativo Hipermídia

Esta etapa do trabalho pretende apresentar as bases para a estrutura de um aplicativo hipermídia de apoio ao processo de ensino-aprendizado de Iluminação Natural. O protótipo denominado de "HiperLUX" tem o objetivo de ser um aplicativo como um sistema tutorial sem contudo utilizar técnicas de Inteligência Artificial (IA). Estas técnicas permitiriam analisar padrões de erro, avaliar o estilo e a capacidade de aprendizado do aluno, além de oferecer a instrução especial sobre o conceito que o aluno apresentasse dificuldade (VALDETE, 2000).

Outrossim, o estudo e aplicação de técnicas de Inteligência Artificial fogem ao objetivo desta pesquisa devido a sua complexidade e necessidade de conhecimento específico dentro da Área da Informática.

O que se pretende com o trabalho é o enriquecimento do material didático a ser disponibilizado com uma aplicação prática, dinâmica e atraente, utilizando-se os recursos da hipermídia como auxílio na tarefa de construção do conhecimento aos estudantes. Acredita-se ser a hipermídia um facilitador do entendimento da metodologia desenvolvida para a avaliação do Desempenho Luminoso de Aberturas. A idéia originou-se da tentativa de modernização do ensino de iluminação natural e, também, das dificuldades encontradas para a explicação de conceitos físicos, modelagem de ambientes e respostas a hipóteses pensadas, limitadas pelo uso de quadro negro (2D) e por modelos físicos, entre outras ferramentas tradicionais utilizadas pelo ensino até então.

O HiperLUX é conceituado como um aplicativo educacional e a filosofia de aprendizagem baseia-se em orientações das teorias comportamentalista e construtivista na medida em que pretende ser um tutorial (comportamental) e

permite que o aluno decida por qual caminho seguir, trazendo exemplos do mundo real - escolha da morfologia de abertura (construtivismo).

A idéia é que o hiperdocumento seja utilizado por usuários – estudantes dos Cursos de Arquitetura.

O sistema de autoria sugerido para a implementação do aplicativo é o Director 7.0 da Macromedia. Uma característica importante nos sistemas de autoria é a interatividade, pois é ela que coloca o usuário no controle do sistema e permite a manipulação dos recursos multimídia oferecidos.

Pensando na utilização de precedentes como referenciais para estudo do assunto específico - Iluminação Natural, e sendo a metodologia geradora de resultados – imagens e diagramas – adapta-se muito bem a divulgação pelos recursos da multimídia. Busca-se apresentar uma aplicação prática de conceitos teóricos utilizando-se do computador como uma ferramenta de ensino através da sua capacidade de transmitir informação e conhecimento.

A utilização da Simulação de modelos simplificados oferece imagens realísticas, permitindo a possibilidade de desenvolver hipóteses, testá-las e analisar os resultados. Isto leva ao refinamento e comprovação de conceitos, ajudando na decisão de soluções para o conteúdo de ensino.

Pretende-se a exploração com as imagens simuladas, onde o usuário possa manipular uma imagem com variações paramétricas especificadas pela clicagem de itens na tela do computador. Usa-se a visualização dos efeitos do desempenho luminoso das diversas tipologias de aberturas, sob diferentes condições ambientais, como apoio à decisão de projeto de um espaço arquitetônico.

O material para a composição do documento foi pesquisado e desenvolvido e levado à construção de um fluxograma para a realização posterior de um roteiro de produção (story-board). Este permite a apresentação das diversas “páginas” que farão parte do aplicativo, com a relação de todos os recursos multimídia que são ativados. Os fluxogramas do HiperLUX contêm a estrutura de árvore do protótipo com todos os níveis de

apresentação da informação dispostos de forma linear para facilitar o entendimento da sua navegação, conforme mostrado nas FIGURAS 6-1 e 6-2.

O story-board serve de roteiro ilustrativo da tarefa de implementação, apresentando a descrição de cada tela, contendo as mídias que devem estar contidas, descrição dos links, telas de destino e a seqüência de apresentação no sistema.

Á partir do story-board mostrado no Anexo A são desenhadas as telas de interface do aplicativo.

1º Nível	2º Nível	3º Nível	4º Nível
Introdução	Objetivos		
	Justificativa		
Aberturas	Classificação	Lateral	Imagem 1
		Zenital	Imagem 2
	Desempenho Luminoso		Imagem 3
	Variáveis Intervenientes	Tipo de Céu	Imagem 3.1
Imagem 3.2			
Orientação		Imagem 3.3	
Variação Horária		Imagem 3.4	
Variação Sazonal		Imagem 4.1	
	Imagem 4.2		
	Imagem 4.3		
Metodologia	Modelagem	Lateral	Imagem 5.1
		Zenital	Imagem 5.2
	Simulação		Imagem 6.1
	Zonas de Luz	Lateral	Imagem 7.1
		Zenital	Imagem 7.2

FIGURA 6-1 - Fluxograma HiperLux

1º Nível	2º Nível	3º Nível	4º Nível
Resultados	Posição	Lateral	Imagem 8.1
		Zenital	Imagem 8.2
	Forma	Lateral	Imagem 9.1
		Zenital	Imagem 9.2
	Tamanho	Lateral	Imagem 10.1
		Zenital	Imagem 10.2
Mapa	Fluxograma		
Ajuda	Ajuda		
Imprimir	Impressão		
Sair	Sair		

FIGURA 6-2 - Fluxograma HiperLUX (continuação)

6.2 Desenho da Interface do HiperLUX

O planejamento da interface do HiperLUX considera os sentidos visual e auditivo baseando-se na Teoria das Inteligências Múltiplas na busca de uma interface aprazível, comunicativa e eficaz.

Para a concepção da interface foram utilizadas metáforas que, segundo COUTAZ (1990, apud GONÇALVES, 1999), na interação homem-computador é considerada como estimulante de inferências, que permite a identificação de elementos comuns, e também das diferenças entre noções conhecidas e as menos conhecidas.

As telas do HiperLUX foram desenhadas no editor de imagens Adobe Photoshop 5.5, e a seguir são mostradas algumas telas de exemplo. Este software foi o escolhido para o desenho da interface porque possibilita uma boa definição das bordas do desenho através da função “anti-aliasing”, que permite o contorno arredondado das formas, e adequado para o desenho de imagens que serão mostradas na tela do computador. Trabalhando com diversos níveis, mostra-se conveniente no momento de exportar os detalhes do protótipo.

O protótipo apresenta em sua interface poucas cores, basicamente a cor azul escuro, o branco, cinza e laranja. Estas cores mantêm similitude com as cores dos Diagramas gráficos gerados pela metodologia exposta, evitando o uso de múltiplas cores a fim de evitar “ruídos visuais”.

A tela inicial de Apresentação na FIGURA 6-13, pensada com efeito de animação e som, levaria a faixa central contendo o logotipo do HiperLUX (composto pela foto das aberturas e o nome sobrescrito) ao alto, assim como a figura a esquerda da tela seria deslocada mais para a direita, servindo de contraponto ao logo.

As imagens renderizadas aparecem a direita da tela criando a metáfora de ambiente simulado e preparando o usuário para a visão de ambientes renderizados.

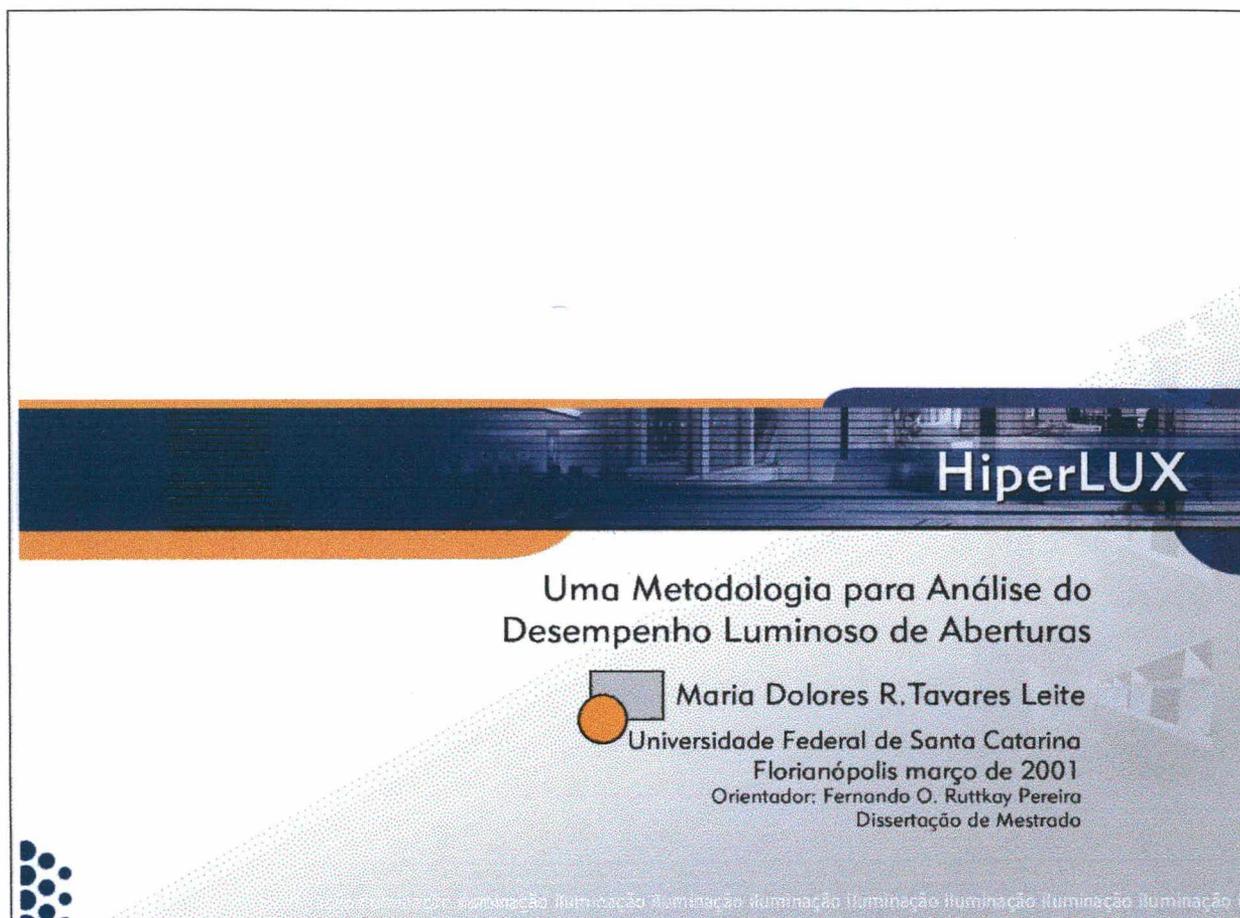


FIGURA 6-13 - Tela inicial de Apresentação do HiperLUX

A tela de Background Padrão do aplicativo é mostrada na FIGURA 6-4; o menu do primeiro nível está sempre presente em todas as telas, disponibilizado de forma linear, visando indicar ao usuário que estas opções devem ser acessadas segundo a ordem lógica mostrada. Os links após acessados mudam de cor, assim como quando ativados, mantendo o usuário informado sobre o andamento da navegação.

Os botões "mapa", "imprimir", "ajuda" e "sair" estão sempre presentes e indicados visualmente como uma bússola, numa metáfora de orientação, para o botão "mapa"; uma folha de papel impresso para o botão "imprimir"; um ponto de interrogação para o botão "ajuda" e um símbolo X idêntico a linguagem Windows para o "sair" do programa.

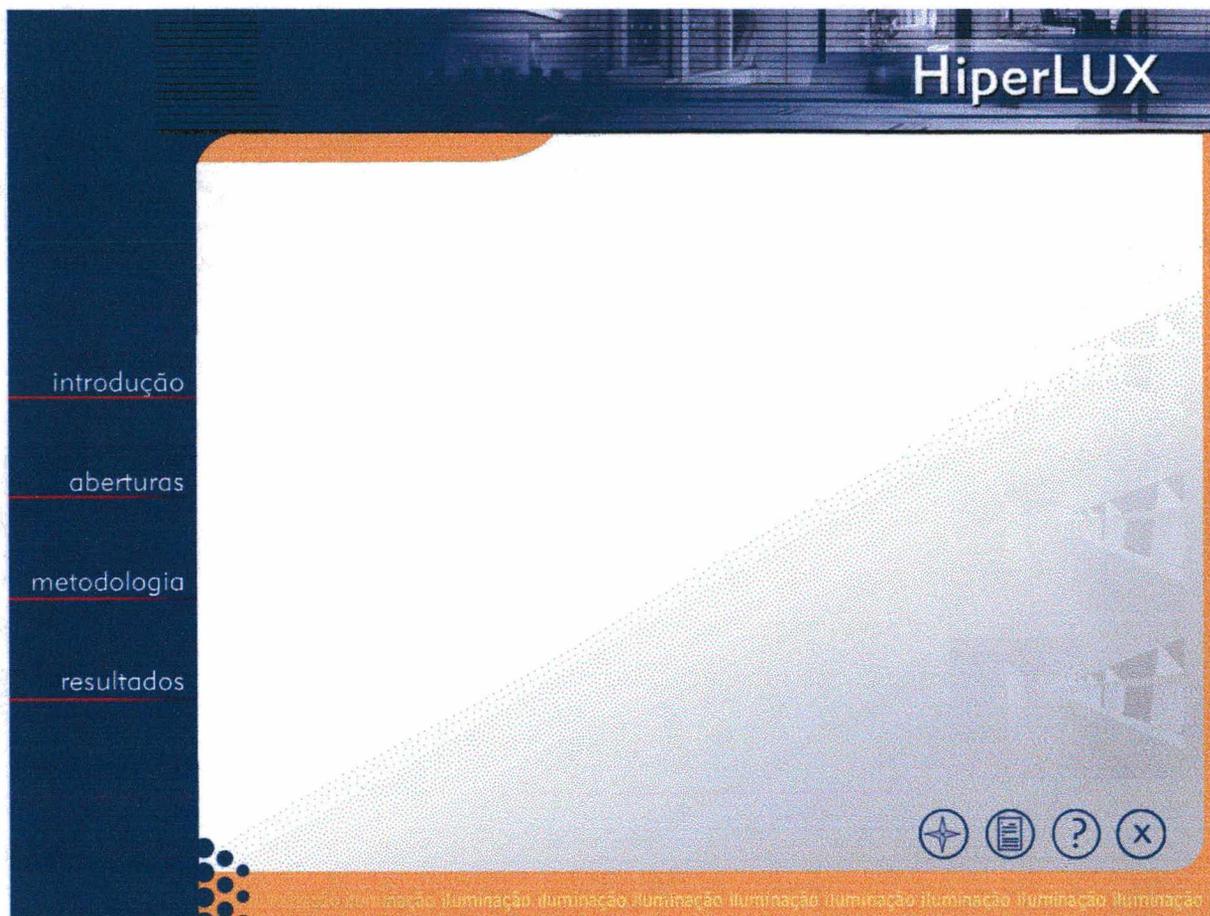


FIGURA 6-4 - Tela Background Padrão

A fim de identificar as etapas percorridas a partir do menu de segundo nível, as telas são paginadas através de numeração junto aos botões “voltar” e “avançar”, representados por setas indicativas da ação.

Assim a “rolagem” de telas é feita horizontalmente como o folhar de um livro. A tela a seguir FIGURA 6-5 mostra um exemplo de tela texto, observa-se a ligação do link de primeiro nível, por meio de um segmento de linha até junto a zona central da página, indicando ser a página uma sub-divisão do link visitado.

No rodapé da tela aparece uma margem com o dizer - iluminação como ressaltando o tema estudado.

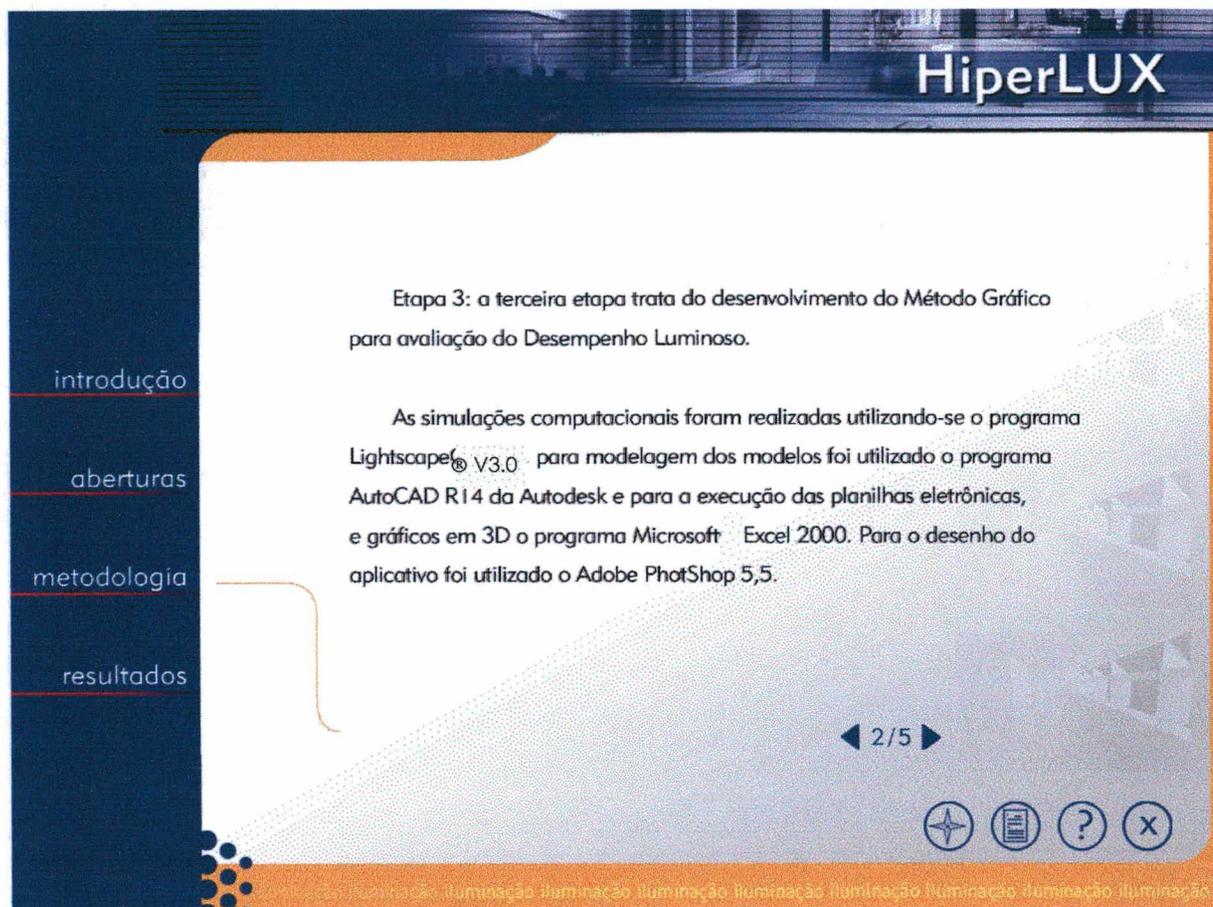


FIGURA 6-5 - Exemplo de tela texto

As informações referentes a conceitos e/ou termos técnicos são identificadas na tela com a palavra em cor distinta – laranja. Esta é uma técnica de linkagem comum que distingue profundamente um documento eletrônico de um impresso, pois além de alertar o leitor para um importante conceito, a versão hipertexto mostra ao usuário um acesso imediato a mais de informação para concluir a exploração do conceito com um simples click no texto, ver FIGURA 6-6.

A seguir são apresentadas outras telas como exemplo para o caso da inserção de foto, gráfico e renderização, como mostrado nas FIGURAS 6-7, 8 e 9.

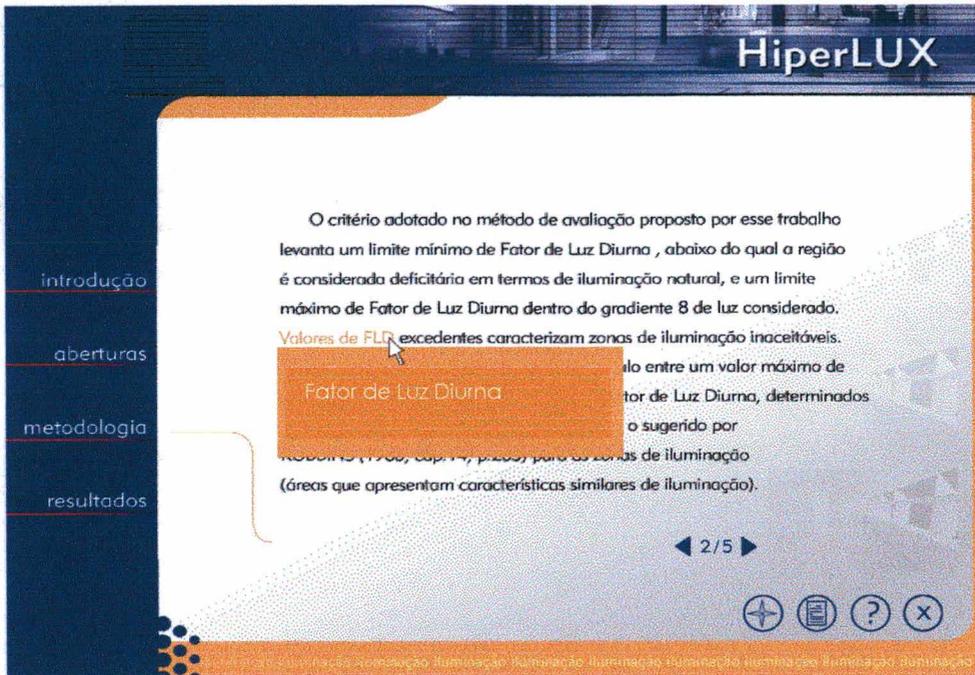


FIGURA 6-6 – Exemplo de tela com janela de conexão ao glossário

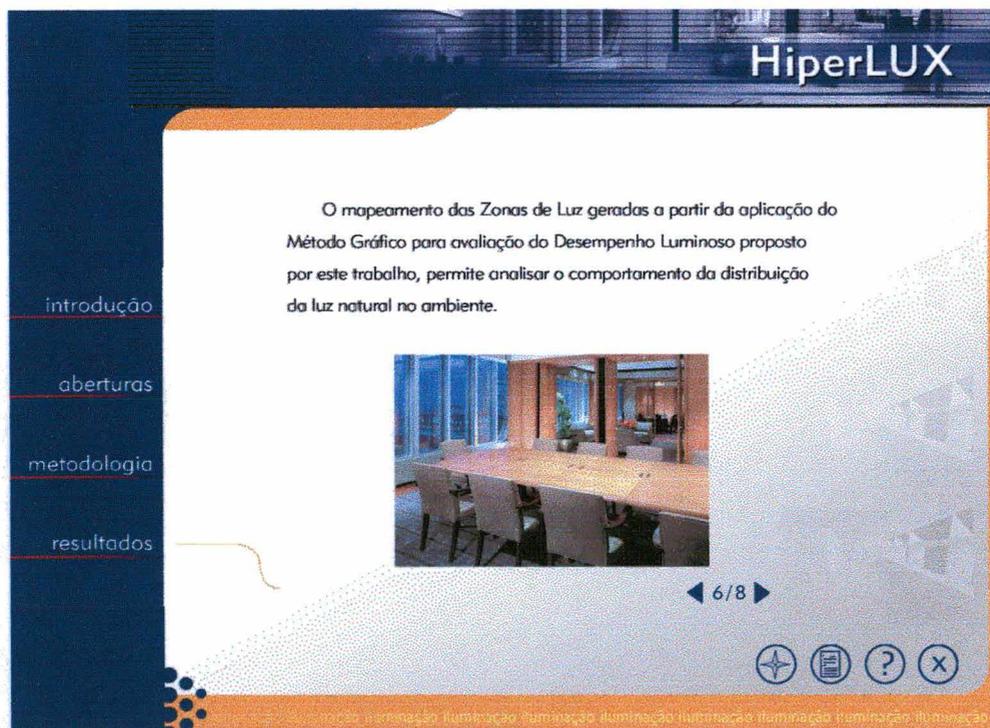


FIGURA 6-7 – Exemplo de tela com foto

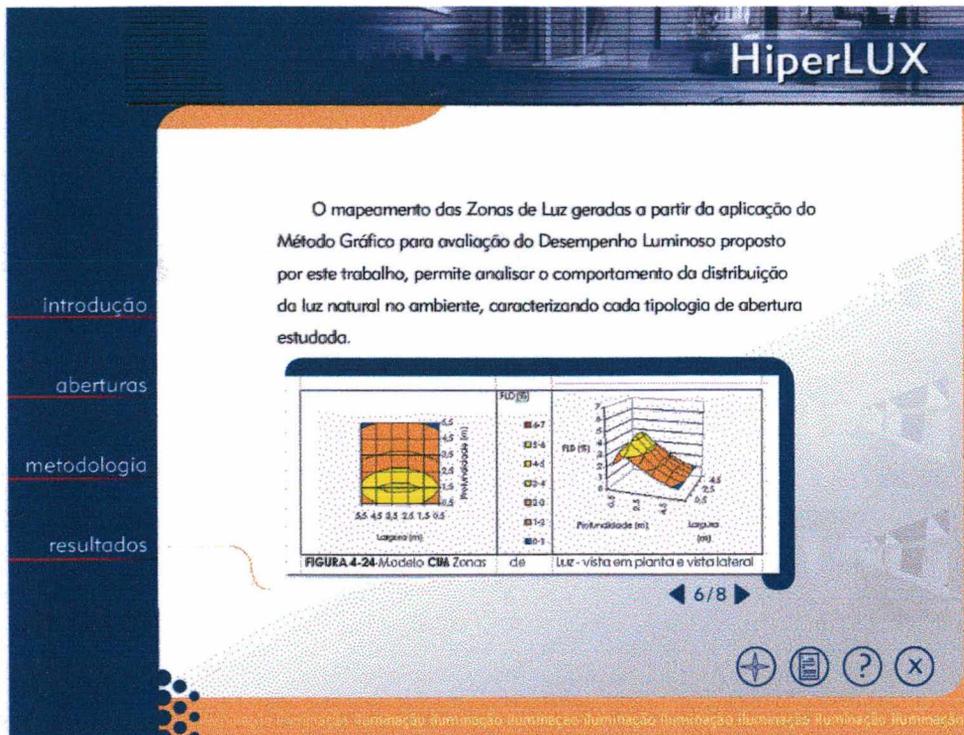


FIGURA 6-8 – Exemplo de tela com gráfico

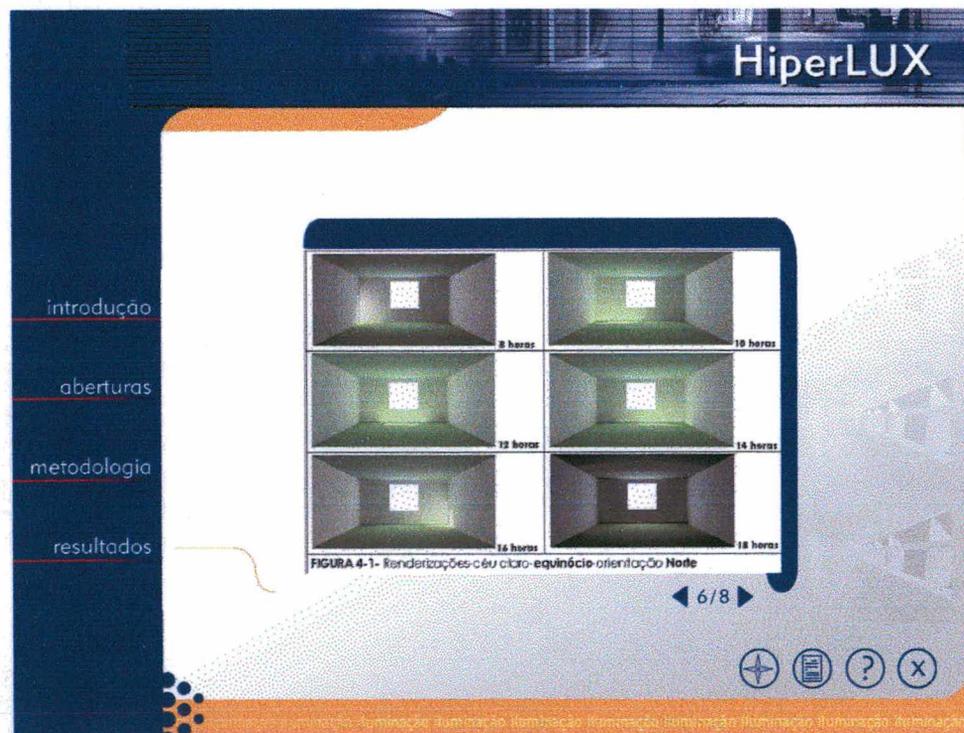


FIGURA 6-9 – Exemplo de tela com renderização

6.3 A Navegação no HiperLUX

O story-board apresenta a descrição resumida do funcionamento de cada tela e a seqüência prevista para sua apresentação no sistema, telas de destino, mídias que devem ser contidas, descrição dos links e botões.

De um modo geral a navegação no HiperLUX como forma de apresentação do desenvolvimento de uma Metodologia para Análise do Desempenho Luminoso de Aberturas segue um embasamento teórico como um tutorial, baseado na Teoria de Aprendizagem Comportamentalista, com a demonstração do conteúdo em quatro etapas principais: Introdução, Aberturas, Metodologia e Resultados, que apresentam a metodologia proposta no Ambiente Hipermídia para auxílio ao ensino-aprendizado de Iluminação Natural. Conforme mostrado no fluxograma – FIGURAS 6-1 e 6-2 estas etapas ao apresentar-se como o Menu de 1ºNível do aplicativo mostram os tópicos e a seqüência principal do sistema. A partir daí são mostrados os subitens de cada uma destas etapas, mostrando o desenrolar da estrutura pensada para o aplicativo, conduzindo ao Menu de 2ºNível, que por sua vez contem invólucros compreendendo o Menu de 3ºNível e estes contem outros invólucros com Unidades de Diagramas e/ou Blocos Básicos de Informação.

Ao permitir alternativas de lincagem através da estrutura do sistema hipermídia, permitindo ao usuário percorrer linearmente ou não o aplicativo possibilita que, como orientação das teorias construtivas, o usuário construa seu auto-aprendizado.

Com o uso de imagens renderizadas através da simulação computacional mostra-se a metáfora da tentativa de simular a realidade virtual através desta tecnologia aliada a animação das imagens.

De um modo geral a navegação no sistema é feita livremente pelo usuário através das telas do Menu de 1ºNível, com seus links na lateral esquerda ou com os botões dispostos na parte inferior direita das telas. Os links quando ativados mudam gradualmente as cores, com o objetivo de permitir ao usuário orientar-se durante a navegação. As telas devem possibilitar o avanço para tela seguinte ou o retorno a anterior através dos links sinalizados como duas

setas orientativas, junto à numeração das telas simulando as páginas de um livro. A maioria das telas apresenta efeitos sonoros ora em termos de voz ou com música de fundo ou de "atenção" a determinado evento/ação.

Visando mostrar teoricamente a navegação no HiperLUX, são apresentadas a seguir as telas projetadas com uma breve descrição do seu conteúdo:

TELA 1 - Apresentação

Esta tela é representada pelo surgimento do logotipo com efeito de animação, o fundo e o texto introdutório, com o convite para conhecer o HiperLUX através de mensagem sonora.

TELA 2 - Background Padrão

Esta tela aparece inicialmente apresentando uma animação que leva o logo (composto pela figura da esquadria ao fundo de uma faixa com o dizer HiperLUX) para o alto da tela alongada para a esquerda aonde vai servir de fundo para o Menu do 1ºNível, conduzindo à próxima tela.

TELA 3 - Menu

Contém o Menu do 1ºNível, que engloba a seqüência do desenrolar do aplicativo: Introdução, Aberturas, Metodologia e Resultados, a clicagem de cada título conduzirá ao Menu de 2ºNível, apresentando a subdivisão de cada um deles. Ao passar o mouse sobre cada um dos títulos aparece além da figura usual de demonstração de link ("mão") a mudança de cor da palavra. Volta a aparecer o título geral do aplicativo com efeito de animação.

TELA 4 - Mapa

Apresenta o mapa com toda a estrutura do protótipo equivalente ao seu fluxograma, onde o usuário pode procurar informações sobre a navegação e compreender o desenvolvimento da Metodologia em questão. Esta tela pode ser acessada a qualquer momento com a clicagem do Botão: Mapa que

juntamente com os Botões Ajuda, Imprimir e Sair permanecem no decorrer da navegação no aplicativo, localizados à direita da tela.

TELA 5 – Ajuda

Da mesma forma que a tela anterior, esta tela pode ser acessada através de um botão que se situa junto aos botões Mapa, Imprimir e Sair. Apresenta um texto explicativo sonorizado sobre a navegação no aplicativo e os propósitos do sistema.

TELA 6 – Imprimir

Esta tela é uma tela usual para impressão, com a anterior acessada com o Botão: Imprimir.

TELA 7 – Sair

Tela Padrão do Programa de Autoria, finalizando a execução do aplicativo, como a anterior acessada com o Botão: Sair.

TELA 8 – Introdução

Este link ao ser clicado muda de cor, porém por estar ativo, a mudança ocorre de forma graduada, para diferenciar as etapas de seu processo. Quando o usuário passa o cursor sobre o link, ele muda da cor branca para o amarelo. Ao clicar, a cor amarela passa para o laranja, e permanece com esta cor durante o acesso ao link. Esta é uma tela texto, composta de uma ou mais “páginas” com a indicação da rolagem horizontal pelas setas (avançar/voltar) e numeração dispostas na parte inferior da tela. Esta etapa introduz o assunto e dispõe de dois links que aparecem no decorrer do texto: Objetivos e Justificativa. Estes ao serem clicados conduzem o usuário cada um deles a uma tela respectiva, telas 9 e 10. A qualquer momento o usuário pode passar para outro item do menu de 1º Nível, clicando os links que aparecem sempre à esquerda da tela. Do mesmo modo o usuário pode selecionar as opções:

Mapa, Imprimir, Ajuda e Sair a qualquer momento através dos botões localizados na parte inferior da tela.

TELA 9 – Objetivos

Idem a tela anterior, esta tela apresenta os objetivos da Metodologia para análise do Desempenho Luminoso de aberturas. Ao optar por avançar o usuário é conduzido à tela 10: Justificativa.

TELA 10 – Justificativa

Idem a tela anterior, esta tela apresenta a justificativa da Metodologia para análise do Desempenho Luminoso de aberturas. Ao optar por voltar o usuário é retorna à tela 9: Objetivos.

TELA 11 – Aberturas

Esta tela por ser um link de 1ºNível comporta-se como o já exposto para a tela Introdução, ao ser lincada. Sendo também uma tela texto, discorre e classifica as aberturas enquanto componentes de passagem da luz, e possibilita a lincagem de três etapas do Menu de 2ºNível, quais sejam: Classificação, Desempenho Luminoso e Variáveis Intervenientes, respectivamente as telas 12, 15 e 16.

TELA 12 – Classificação

Esta tela sendo uma tela texto apresenta a classificação das aberturas e dispõe através de clicagem dois links de 3ºNível: Aberturas Laterais e Zenitais, respectivamente as telas 13 e 14.

TELA 13 – Aberturas Laterais

Esta tela permite a visualização de fotos ilustrativas de aberturas Laterais, através da passagem do mouse sobre as palavras que identificam os diversos tipos de aberturas; conduzindo o usuário as imagens 1.0, com efeitos de animação.

TELA 14 – Aberturas Zenitais

Esta tela permite a visualização de fotos ilustrativas de aberturas zenitais, através da passagem do mouse sobre as palavras que identificam os diversos tipos de aberturas; conduzindo o usuário as imagens 2.0, com efeitos de animação.

TELA 15 – Desempenho Luminoso

Sendo uma tela texto conceitua e relata os parâmetros utilizados para avaliação do Desempenho Luminoso e possibilita através de lincagem a palavra ressaltada no texto, o acesso a diagramas e renderizações ilustrativas, que fazem parte da tela 32, com efeito de animação.

TELA 16 – Variáveis Intervenientes

Esta é uma tela texto que introduz o assunto sobre as variáveis que influenciam no comportamento da luz natural no interior dos ambientes e expõe as variáveis estudadas pela metodologia proposta. Permite o link direto através de palavras ressaltadas no texto com as variáveis em questão: Tipo de Céu, Orientação, Variação Horária e Variação Sazonal, respectivamente as telas 17, 18, 19 e 20, que fazem parte do Menu de 3ºNível.

TELA 17 – Tipo de Céu

Explica os tipos de céus analisados pela metodologia, com imagens ilustrativas dos mesmos. Através das setas avançar/voltar possibilita o avanço à próxima tela-18 ou o retorno à tela 16. A fim de mostrar a influência do tipo de céu esta tela é ligada à tela 33, que apresenta as imagens 3.1 a 3.4, com efeito de animação.

TELA 18 – Orientação

Explica a influência da orientação no comportamento da iluminação natural. Através das setas avançar/voltar possibilita o avanço à próxima tela-19 ou o retorno à tela 16. A fim de mostrar a influência da orientação, esta tela é ligada

às telas 33 e 34, que apresentam as imagens 3.1 a 3.4 e 4.1 a 4.3, com efeito de animação.

TELA 19 – Variação Horária

Explica a influência da variação horária no comportamento da iluminação natural. Através das setas avançar/voltar possibilita o avanço à próxima tela-20 ou o retorno à tela 16. A fim de mostrar a influência do desenrolar do dia, esta tela é ligada às telas 33 e 34, que apresentam as imagens 3.1 a 3.4 e 4.1 a 4.3, com efeito de animação.

TELA 20 – Variação Sazonal

Explica a influência da variação sazonal no comportamento da iluminação natural. Através das setas avançar/voltar possibilita o retorno à tela 16. A fim de mostrar a influência da variação ao longo do ano, esta tela é ligada às telas 33 e 34, que apresentam as imagens 3.1 a 3.4 e 4.1 a 4.3, com efeito de animação.

TELA 21 – Metodologia

Idem à tela Introdução, quanto à mudança gradual de cores ao ser lincada. Esta é também uma tela texto, composta de uma ou mais “páginas” com a indicação da rolagem horizontal pelas setas (avançar/voltar) e numeração dispostas na parte inferior da tela. Esta etapa explica a metodologia proposta para avaliação do Desempenho Luminoso de aberturas e dispõe três links que aparecem no decorrer do texto: Modelagem, Simulação e Zonas de Luz. Estes ao serem clicados conduzem o usuário cada um deles a uma tela respectiva, telas 22, 23 e 24. A qualquer momento o usuário pode passar para outro item do menu de 1º Nível, clicando os links que aparecem sempre à esquerda da tela. Do mesmo modo o usuário pode selecionar as opções: Mapa, Imprimir, Ajuda e Sair a qualquer momento através dos botões localizados na parte inferior da tela.

TELA 22 – Modelagem

Esta é uma tela texto que introduz o assunto sobre a confecção dos modelos. Permite o link direto através de palavras ressaltadas no texto com as duas tipologias de aberturas em questão: Lateral e Zenital, respectivamente reportando o usuário até as Telas 35 e 36, que fazem parte do Menu de 4ºNível.

TELA 23 – Simulação

É a tela que explica como se processa as simulações computacionais, a coleta de dados diversos para o procedimento metodológico. Permite o link direto através de palavras ressaltadas no texto com as duas tipologias de aberturas em questão: Lateral e Zenital, respectivamente reportando o usuário até as Telas 37 e 38, que fazem parte do Menu de 4ºNível.

TELA 24 – Zonas de Luz

É a tela que explica como se processa a construção dos gráficos com o zoneamento das Zonas de Luz. Permite o link direto através de palavras ressaltadas no texto com as duas tipologias de aberturas em questão: Lateral e Zenital, respectivamente reportando o usuário até as Telas 37 e 38, que fazem parte do Menu de 4ºNível.

TELA 25 – Resultados

Idem à tela Introdução, quanto à mudança gradual de cores ao ser lincada. Esta é também uma tela texto, composta de uma ou mais “páginas” com a indicação da rolagem horizontal pelas setas (avançar/voltar) e numeração dispostas na parte inferior da tela. Esta etapa apresenta os resultados encontrados com a aplicação da metodologia proposta para avaliação do Desempenho Luminoso de aberturas e dispõe três links que aparecem no decorrer do texto: Posição, Forma e Tamanho. Estes ao serem clicados conduzem o usuário cada um deles a uma tela respectiva, telas 26, 27 e 28. A qualquer momento o usuário pode passar para outro item do menu de 1ºNível, clicando os links que aparecem sempre à esquerda da tela. Do mesmo modo

o usuário pode selecionar as opções: Mapa, Imprimir, Ajuda e Sair a qualquer momento através dos botões localizados na parte inferior da tela.

TELA 26 – Posição

É a tela que mostra a influência da Posição das aberturas quanto ao Desempenho Luminoso. Permite o link direto através de palavras ressaltadas no texto com as duas tipologias de aberturas em questão: Lateral e Zenital, respectivamente reportando o usuário até as Telas 41 e 42, que fazem parte do Menu de 4ºNível.

TELA 27 – Forma

É a tela que mostra a influência da Forma das aberturas quanto ao Desempenho Luminoso. Permite o link direto através de palavras ressaltadas no texto com as duas tipologias de aberturas em questão: Lateral e Zenital, respectivamente reportando o usuário até as Telas 43 e 44, que fazem parte do Menu de 4ºNível.

TELA 28 – Tamanho

É a tela que mostra a influência do Tamanho das aberturas quanto ao Desempenho Luminoso. Permite o link direto através de palavras ressaltadas no texto com as duas tipologias de aberturas em questão: Lateral e Zenital, respectivamente reportando o usuário até as Telas 45 e 46, que fazem parte do Menu de 4ºNível.

TELA 29 – Glossário

Esta tela pode ser acessada de qualquer outra tela que contenha um termo técnico e/ou conceito que deva ser esclarecido ou disponibilizado para consulta por parte do usuário. A palavra ou termo mostra-se em grifo e reporta automaticamente ao esclarecimento, sobrepondo este à tela que o contém.

TELA 30 – Imagens 1.0

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende um conjunto de cenas que contem fotos de tipologias exemplo de aberturas Laterais, acessadas pela Tela 13, conforme citado nesta.

TELA 31 – Imagens 2.0

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende um conjunto de cenas que contem fotos de tipologias exemplo de aberturas Zenitais, acessadas pela Tela 14, conforme citado nesta.

TELA 32 – Imagens 3.0

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende um conjunto de cenas que contem diagramas e renderizações acessadas pela Tela 15, conforme citado nesta. As cenas são mostradas com efeito de animação.

TELA 33 – Imagens 3.1 a 3.4

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende um conjunto de cenas que contem renderizações e diagramas isolux para a condição de céu claro acessadas pelas Telas 17, 18, 19 e 20 conforme citado nestas, mostrando a influência das orientações: N, S, E e O, para a condição de Equinócio. As cenas são mostradas com efeito de animação.

TELA 34 – Imagens 4.1 a 4.3

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende um conjunto de cenas que contem renderizações, diagramas isolux e isoFLD para a condição de céu encoberto acessadas pelas Telas 17, 19 e 20 conforme citado nestas, mostrando a influência das variações horárias e sazonais, para as condições de Equinócio, Inverno e Verão e orientação Norte. As cenas são mostradas com efeito de animação.

TELA 35 – Imagem 5.1

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende as FIGURAS 4-1 e 4-2, mostradas no Cap.4, acessadas pelas Telas 22 e 39 conforme citado nestas, mostrando os modelos de Aberturas Laterais estudados pela metodologia, apresentadas com efeito de animação.

TELA 36 – Imagem 5.2

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende a FIGURA 4-3, mostrada no Cap.4, acessadas pelas Telas 22 e 40 conforme citado nestas, mostrando os modelos de Aberturas Zenitais estudados pela metodologia, apresentadas com efeito de animação.

TELA 37 – Imagem 6.1

Esta tela trata-se de uma “foto” da tela do programa Lightscape® V3.0 com relação das iluminâncias sobre o plano de referência em um modelo de estudo, acessada através da tela 23.

TELA 38 – Imagem 6.2

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende renderizações com a condição de céu claro e variação horária, com efeito de animação, acessada pela Tela 23 conforme citado nesta, mostrando um exemplo de simulação disponibilizado pelo código computacional.

TELA 39 – Imagens 7.1.1 a 7.1.24

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende as FIGURAS 5-36 a 5-59, mostradas no Cap. 5, conectadas a Imagem 5.1/Tela 35, acessadas pelas Telas 24 e 35 conforme citado nestas, mostrando os modelos de Aberturas Laterais estudados pela metodologia, e as respectivas Zonas de luz geradas apresentadas com efeito de animação rotacionando-as.

TELA 40 – Imagens 7.2.1 a 7.2.21

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende as FIGURAS 5-60 a 5-80, mostradas no Cap. 5, conectadas a Imagem 5.2/Tela 36, acessadas pelas Telas 24 e 36 conforme citado nestas, mostrando os modelos de Aberturas Zenitais estudados pela metodologia, e as respectivas Zonas de luz geradas apresentadas com efeito de animação rotacionando-as.

TELA 41 – Imagens 8.1.1 a 8.1.3

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende as FIGURAS 5-81 a 5-83, mostradas no Cap. 5, acessada pela Tela 26 conforme citado nesta, mostrando em diagramas a influência da Posição para Aberturas Laterais apresentadas com efeito de animação e som.

TELA 42 – Imagens 8.2.1 a 8.2.3

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende as FIGURAS 5-84 a 5-86, mostradas no Cap. 5, acessada pela Tela 26 conforme citado nesta, mostrando em diagramas a influência da Posição para Aberturas Zenitais apresentadas com efeito de animação e som.

TELA 43 – Imagem 9.1

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende a FIGURA 5-87, mostrada no Cap. 5, acessada pela Tela 27 conforme citado nesta, mostrando em diagramas a influência da Forma para Aberturas Laterais apresentadas com efeito de animação e som.

TELA 44 – Imagem 9.2

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende a FIGURA 5-88, mostrada no Cap. 5, acessada pela Tela 27 conforme citado nesta, mostrando em diagramas a influência da Forma para Aberturas Zenitais apresentadas com efeito de animação e som.

TELA 45 – Imagem 10.1

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende a FIGURA 5-89, mostrada no Cap. 5, acessada pela Tela 28 conforme citado nesta, mostrando em diagramas a influência do Tamanho para Aberturas Laterais apresentadas com efeito de animação e som.

TELA 46 – Imagem 10.2

Formalmente considerada uma tela, na realidade compreende a FIGURA 5-90 mostrada no Cap. 5 acessada pela Tela 28 conforme citado nesta, mostrando em diagramas a influência da Forma para Aberturas Zenitais apresentadas com efeito de animação e som.

De um modo geral o usuário pode navegar livremente por todo sistema hipermídia de acordo com suas necessidades de esclarecimentos e interesse, no momento que desejar, através da disponibilidade de linkar e/ou percorrer as telas que compõem o trabalho. A animação das imagens renderizadas tem como pretensão uma simulação da realidade virtual como forma de tornar o mais atraente possível um assunto: Iluminação Natural e afins, que por si só já se apresenta fascinante aos estudiosos, e que agora se pretende que sua apresentação ao estudante através dos recursos da hipermídia o estimule a iniciar-se por seu estudo com maior interesse e de forma mais eficaz.

Conclusões

7.1 Considerações Finais	143
7.2 Conclusões	144
7.3 Limitações do Trabalho	145
7.4 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	146

Este capítulo finaliza o conteúdo da dissertação, apresentando as principais conclusões da pesquisa, seguindo com a apresentação das limitações encontradas e finalizando com sugestões para trabalhos futuros, relacionados com esta dissertação.

7.1 Considerações Finais

A etapa inicial do presente trabalho com o estudo piloto possibilitou maior interação com o modelo de estudo, assim como com os programas computacionais. Desta fase resultou o levantamento de dados para análise da influência das variáveis intervenientes que o trabalho se propôs a analisar, ajudando a definir os parâmetros para o posterior desenvolvimento do Método Gráfico de avaliação do Desempenho Luminoso.

A comparação visual e gráfica dos diferentes gradientes de luz, é o objetivo da presente proposta de ferramenta metodológica desenvolvida. Permite prever e visualizar quantitativa e qualitativamente o comportamento da iluminação natural na superfície de referência.

A luz difusa de um céu encoberto é simulada contribuindo com seus padrões de distribuição de iluminação para a análise de distintas tipologias de aberturas.

As variáveis morfológicas associadas às aberturas laterais e zenitais: forma, posição e tamanho foram experimentados para comparar os efeitos de luz gerados por cada uma delas. As diversas tipologias de aberturas deste trabalho assemelham-se a morfologias reais de aberturas.

A facilidade de interação com o método constitui uma importante vantagem na medida em que os resultados são imediatos e visuais.

A criação do banco de imagens constitui a base para a composição do aplicativo hipermídia.

O programa Lightscape® utilizado nas simulações computacionais, mostra-se adequado, possibilitando a coleta de dados para o desenvolvimento da metodologia proposta por este trabalho. Como aspecto negativo do

programa , já ressaltado na bibliografia, está a inexistência de interface com programa de tratamento de dados.

É possível a verificação do comportamento da iluminação natural , sob o ponto de vista da distribuição da luz, ao se modificar a geometria das aberturas quanto à forma e posição das mesmas, ao manter-se constante a área total da abertura.

O aspecto tamanho da abertura é observado com a evolução da sua área ($w_{wr}=10\%$, 20% e 40% , e, $s_{fr}=5\%$, 10% e 20%), mantendo-se constantes as outras duas variáveis (forma e posição).

7.2 Conclusões

Esta pesquisa oferece uma proposta que demonstra as possibilidades das inovações tecnológicas para uso como apoio ao ensino-aprendizado de Iluminação Natural.

A aplicação do Método Gráfico permite uma análise visual simplificada do desempenho luminoso através do uso do Fator de Luz Diurna, caracterizando a tipologia da abertura, e possibilitando o estudo comparativo entre aberturas laterais e zenitais.

Concluindo, deve-se considerar como fator relevante a tipologia, a posição e o tamanho da abertura adotada, na medida em que estas variáveis influenciam diretamente na a determinação do comportamento da luz natural que adentra em um ambiente.

A ferramenta metodológica desenvolvida é passível de apresentação em um Ambiente Hipermídia de Aprendizagem, com a utilização dos recursos atuais de transmissão do conhecimento e informação - computacionais, fornece as bases para desenvolvimento de um aplicativo educacional hipermídia.

Através da pesquisa bibliográfica sobre sistemas hipermídia, baseados nas técnicas psico-pedagógicas de aprendizagem, verifica-se que os mesmos

inserir-se como novos recursos de tecnologia educacional. Permitindo a apresentação de conteúdos de ensino de forma dinâmica e eficaz, permitem também a individualização do ensino, onde o aluno passa a ser agente de sua própria aprendizagem.

O desenvolvimento do protótipo poderia ser seguido como base para a apresentação de outros conteúdos inerentes ao tema estudado, qual seja o ensino da Iluminação Natural.

Verifica-se a possibilidade de mostrar-se os conceitos teóricos, ao mesmo tempo a sua aplicação prática e de imediato os resultados e conclusões, fazendo uso de uma tecnologia muito receptiva tanto por parte do aluno como do professor.

A exploração do meio computacional para o ensino-aprendizado mostra-se adequado e com capacidade inesgotável de pesquisa para atingir o objetivo maior, que é a formação de indivíduos capazes para atuar na sociedade em que vivem.

7.3 Limitações do Trabalho

A proposta da pesquisa constitui-se na aplicação simplificada de Tecnologias de Aprendizagem para a realização da estrutura de um aplicativo hipermídia educacional.

A proposta levantada pelo trabalho deveria ser concluída com a implementação do aplicativo com o uso de um programa de autoria. A partir disto dever-se-ia fazer uma "testagem" do sistema dirigida ao público alvo – alunos da Disciplina de Iluminação Natural, qualificando uma amostra desta população para os testes, seguindo os critérios inerentes sobre o assunto do âmbito da Ergonomia, Estatística e da Educação.

7.4 Sugestões para Trabalhos Futuros

Á partir das perspectivas de evolução nos resultados obtidos nesta dissertação, assim como das limitações surgidas, podem ser propostos,

Para a complementação do Método Gráfico desenvolvido:

- aplicação do Método Gráfico desenvolvido por este trabalho para outras combinações de tipologias de aberturas laterais e zenitais;
- análise de outras variáveis intervenientes na distribuição da luz natural como a contribuição da refletividade das superfícies internas.

Para a finalização e melhoria do aplicativo desenvolvido:

- a complementação do desenvolvimento da estrutura do aplicativo através da efetiva implantação do sistema hipermídia com a utilização de um programa de autoria;
- agregar ao projeto maior interatividade, possibilitando a inserção de exercícios interativos assim como a utilização de recentes recursos como a Realidade Virtual, por exemplo através de imagens VRML;

Sugere-se ainda a utilização de conteúdos teóricos e metodologias desenvolvidas inerentes ao tema da Iluminação Natural como material a ser divulgado através de Ambientes Hipermídia como forma de estabelecer uma rotina metodológica para uso desta tecnologia educacional - Ambientes Hipermídia de Aprendizagem.

Referências Bibliográficas

- ABNT – **Iluminação natural – parte 1: Conceitos básicos e definições**, projeto 02:135.02-001. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT – **Iluminação natural – parte 2: Procedimentos de cálculo para a disponibilidade de luz natural**, projeto 02:135.02-002. Rio de Janeiro, 1997.
- ABNT – **Iluminação Natural – parte 3: Procedimentos de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos**, projeto 02:135.02-003. Rio de Janeiro, 1997.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ALUCCI, M. P.; CARNEIRO, C. de M; BARING, J.G.de A. **Implantação de Conjuntos Habitacionais**. Recomendações para adequação climática e acústica. IPT. São Paulo, 1986.
- ALVES, Adriana Gomes. **Agentes cognitivos como guias de mundos lúdicos virtuais**. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- AMARAL, Maria das Graças Velho do. **Iluminação Natural: Revisão da Legislação Construtiva de Florianópolis**. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting in architecture: a European reference book**. Brussels and Luxembourg: James & James, 1993.
- BELL, James; BURT, William. **Designing building for daylight**. Building Research Establishment. London, 1995.
- BITENCOURT, Leonardo; OITICICA, Maria Lucia G. R.; PÁDUA, A; FONTAN, R. **Influência da localização, dimensão e forma das janelas nos Níveis de Iluminação Natural produzidos por céus encobertos**. In: III Encontro Nacional de Conforto Ambiental. Anais... Gramado, 1995.
- BIZZOTTO, Carlos Eduardo N. **Director Multimídia e Internet**. Florianópolis: Visual Books, 1998.

- CABÚS, Ricardo C. **Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias.** Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- CARMODY, John; SELKOWITZ, Stephen; HESCHONG, Lisa. **Residential Windows: a Guide to New Technologies and Energy Performance.** W.W. Norton & Company, 1996.
- CIBSE – **Code for interior lighting.** The Chartered Institution of Building Services Engineers. London: 1994.
- CIBSE – **Window Design – Applications Manual.** The Chartered Institution of Building Services Engineers. London, 1987.
- CORREA, Silvia Morel . **Luz Natural y Luz Artificial: integración de sistemas y su aplicación en proyectos de escuelas.** Tese doctoral – Universitat Politècnica de Catalunya. Catalunya, 1997.
- DEMERS, C. M. H.; HAWKES, D. U. **The image as a tool for composition:** light as a generator of space. In Proceedings of the European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings. Lyon, France, November 1994.
- DEMERS, C. M. H.; HAWKES, D. U. **Typology of Lights:** a classification according to quantitative and qualitative aspects. In Proceedings of the European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings. Lyon, France, November 1994.
- DEMERS, Claude. **Contrast in daylighted interiors:** a method of analysis for designers. In Proceedings of the European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings. Lyon, France, November 1994.
- DUTRA, Luciano. **Uma Metodologia para a Determinação do Fator Solar Desejável em Aberturas.** Florianópolis, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- FONTOYNONT, Marc. **Daylight Performance of Buildings.** European Commission Directorate General XII for Science, Research & Development. James & James, 1999.

- GHISI, Eneidir. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina.** Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC
- GONÇALVES, Marília Matos. **Ambiente Hipermídia como auxiliar na aprendizagem de Geometria Descritiva.** Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- IESNA – Illuminating Engineering Society of Northern America. **Lighting handbook.** New York: IESNA, 1993.
- KERN, Andréa; PEREIRA, Alice T. C. **Hipermídia de apoio à formação dos profissionais de projetos de Habitação Social.** Anais...Graphica 98. Florianópolis, 1998.
- LAM, William M. C. **Sunlighting as formgiver for architecture.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência energética na Arquitetura.** São Paulo: PW, 1997.
- LASSANCE, Guilherme. **On the use of environmental knowledge in the Design Process: Daylighting with Precedents.** PLEA 1997.
- Lightscape Visualization System **User's Guide** Version 3. 1996. San Jose,CA: Lightscape Technologies, Inc.
- Lightscape Visualization System **Getting Started** Version 3. 1996. San Jose,CA: Lightscape Technologies, Inc.
- LINDSTRON, Robert L. **Guia business week para apresentações em multimídia.** Tradução de Elaine Bueno Freire. São Paulo: Ed. Makron Books, 1995.
- MARQUES FILHO, Ogê. **Multimídia em educação e treinamento: maior motivação, baixo custo e alta produtividade.** Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 1999.

- MARTAU, Betina Tschiedel. **Iluminação artificial em espaços comerciais de lojas**. Porto Alegre, 1998. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS.
- MARTIN, James. **Hiperdocumentos e como criá-los**. Tradução de Marcelo Bernstein. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.
- MASCARÓ, Lucia; VIANNA, Nelson S. **Iluminação natural nos edifícios**. Porto Alegre: Propar, 1980.
- MASCARÓ, Lucia. **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983.
- MME (1998). **Balanco Energético Nacional**. Ministério de Minas e Energia – BEN 97. Brasília.
- MILLET, Marieta S. **Light revealing architecture**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1996.
- MILLS, Evan; BORG, Nils. **Rethinking Light Levels**. IAEEL newsletter 1/98, issue no, vol 7, p.4-7.
- MOORE, Fuller. **Environmental Control Systems: heating cooling lighting**. New York: McGraw-Hill, 1993.
- MUNHOZ, Antonio Siemsen. **Um modelo para formação de professores na Educação a Distância**. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- NFRC – National Fenestration Rating Council. **The NFRC Label**. Silver Spring: 1997.
- OLGYAY, V. **Design with Climate**. Princeton: Princeton University, 1963.
- PASSARELLI, Brasilina. **Multimídia na Educação...Novos Rumos Para o Conhecimento-A** Experiência do Núcleo de Apoio à Pesquisa "Escola do Futuro"/USP.[online] Disponível na Internet via WWW. URL:<http://geo.com.br/brasil/m2/m2.htm>. Arquivo capturado em 20/08/99.

- PEREIRA, Alice Theresinha Cybis. **Uma abordagem Psico-Pedagógica aplicada ao Design de Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. Florianópolis, 2000. Trabalho não publicado.
- PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkey. **Iluminação natural no ambiente construído**. Anais...Gramado: ANTAC, 1995.
- PRUS, Elcio Miguel. **Capítulo IV – Teorias de Aprendizagem**. [Parte integrante de Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina]. Trabalho em revisão. Mensagem recebida por ecv3mdl@ecv.ufsc.br em 12/12/2000.
- ROBBINS, Claude L. **Daylighting: design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- SCOTT, Adrian. **Introdução a VRML**. Tradução de Tadeu Kelly Alencar. Disponível na Internet via WWW. [URL:http://geocities.com/SiliconValley/Campus/6230/vrml.html](http://geocities.com/SiliconValley/Campus/6230/vrml.html). Arquivo capturado em 06/02/2001.
- SCHUMAN, J. E.; SELKOWITZ, S. E. **A daylight design tool using a Hypertext Format**. In Proceedings of CIB 89 Paris – Quality for Building Users Throughout the World VI. Paris, 1989.
- SILVA, Valdete Teixeira da. **Módulo pedagógico para um ambiente hipermídia de aprendizagem**. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- STEINHAUER, Lauren. **Director® 6 Studio Skills**. © 1997 Hayden Books. Editora Quark do Brasil Ltda. São Paulo.
- SOARES, M. M.; VALADARES, V. M. **Potencialidades Luminosas de Tipologias de Janelas em Interiores**. Anais... V Encontro Nacional de Conforto Ambiental. Fortaleza, 1999.
- SOUZA, Marcos Barros. **Impacto da luz natural no consumo de energia elétrica em um edifício de escritórios em Florianópolis**. Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

- SOUZA, M. B.; LEITE, M. D. R. T.; LINO, L.; SZPOGANICZ, R. **Análise integrada-Iluminação natural e artificial**. Trabalho da disciplina: Análise Integrada-Iluminação natural. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 3º Trimestre de 1998.
- SOUZA, Roberta V. G. **Iluminação natural em edificações: cálculo de iluminâncias internas desenvolvimento de ferramenta simplificada e sua aplicação à legislação construtiva**. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- TISSIANI, Gabriela. **Virtuallar: um sistema digital de apoio à concepção de projetos habitacionais auxiliado por usuários participativos**. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- U.S. Department of Energy. **Selecting windows for Energy Efficiency**. Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse. Merrifield, 1997.
- WOLFMAN, Douglas E. **Criando em multimídia**. Tradução de Lávio Pareschi. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- ZEILMANN, Solange M. L. **Iluminação Natural por aberturas zenitais com elementos de controle**. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

Anexo A



Apresentação do story - board

TELA 1 Nome: Apresentação		TELA 2 Nome: Background Padrão (HiperLUX)	
Links: Nenhum	Botões: Nenhum	Links: Nenhum	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair
Destino: Tela 3 / Menu	Efeitos: Animação Som	Destino: Tela 3 / Menu	Efeitos: Animação Som
Texto: Nenhum		Texto: Nenhum	
TELA 3 Nome: Menu		TELA 4 Nome: Mapa	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados	Botões: Ajuda Imprimir Sair
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível	Efeitos: Animação(texto)	Destino: Telas do Menu do 1º Nível	Efeitos: Nenhum
Texto: "HiperLUX - Uma Metodologia para Análise do Desempenho Luminoso de Aberturas"		Texto: Fluxograma	

FIGURA A-1- Telas 1, 2, 3 e 4 do story-board

TELA 5 Nome: Ajuda		TELA 6 Nome: Imprimir	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados	Botões: Mapa Imprimir Sair	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair
Destino: Telas do Menu do 1º Nível	Efeitos: Som	Destino: Telas do Menu do 1º Nível	Efeitos: Nenhum
Texto: Explica navegação no programa		Texto: Relativo a impressão	
TELA 7 Nome: Sair		TELA 8 Nome: Introdução	
Links: Nenhum	Botões: Nenhum	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Avançar
Destino: Tela Padrão do Programa de Autoria	Efeitos: Nenhum	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 9 / Objetivos Tela 10/Justificativa	Efeitos: Som
Texto: Finalização		Texto: Introduz o assunto	

FIGURA A-2- Telas 5, 6, 7 e 8 do story-board

TELA 9		TELA 10	
Nome: Objetivos		Nome: Justificativa	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar/Avançar	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 10/Justificativa Tela 8/Introdução	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 9/Objetivos	Efeitos: Som
Texto: Explica objetivos do Método		Texto: Justifica Método	
TELA 11		TELA 12	
Nome: Aberturas		Nome: Classificação	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Classificação Desempenho Luminoso Variáveis Intervenientes	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Laterais Zenitais	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 12 / Classificação Tela 15 / Desempenho Tela 16 / Variáveis Intervenientes	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 11 / Aberturas Tela 13 / Laterais Tela 14 / Zenitais	Efeitos: Som
Texto: Sobre aberturas		Texto: Classifica aberturas	

FIGURA A-3- Telas 9, 10, 11 e 12 do story-board

TELA 13 Nome: Aberturas Laterais		TELA 14 Nome: Aberturas Zenitais	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Classificação Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Classificação Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 12/Classificação	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 12/Classificação	Efeitos: Som
Texto: Sobre aberturas laterais		Texto: Sobre aberturas zenitais	
TELA 15 Nome: Desempenho Luminoso		TELA 16 Nome: Variáveis Intervenientes	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Tipo de Céu Orientação Variação Horária Variação Sazonal	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 11 / Aberturas	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 17 / Tipo de Céu Tela 18 / Orientação Tela 19 / Variação Horária Tela 20 / Variação Sazonal	Efeitos: Som
Texto: Conceitua e relata parâmetros utilizados		Texto: Introduz o assunto	

FIGURA A-4- Telas 13, 14, 15 e 16 do story-board

TELA 17 Nome: Tipo de Céu		TELA 18 Nome: Orientação	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 16 / Variáveis Intervenientes	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 16 / Variáveis Intervenientes	Efeitos: Som
Texto: Explica céus analisados e influência		Texto: Explica influência da orientação	
TELA 19 Nome: Variação Horária		TELA 20 Nome: Variação Sazonal	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 16 / Variáveis Intervenientes	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 16 / Variáveis Intervenientes	Efeitos: Som
Texto: Explica influência Variação Horária		Texto: Explica influência Variação Sazonal	

FIGURA A-5- Telas 17, 18, 19 e 20 do story-board

TELA 21		TELA 22	
Nome: Metodologia		Nome: Modelagem	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Modelagem Simulação Zonas de Luz	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 22 / Modelagem Tela 23 / Simulação Tela 24 / Zonas de Luz	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 21 / Metodologia Imagens	Efeitos: Som
Texto: Explica metodologia		Texto: Explica modelagem	
TELA 23		TELA 24	
Nome: Simulação		Nome: Zonas de Luz	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 21 / Metodologia Imagens	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 21 / Metodologia Imagens	Efeitos: Som
Texto: Explica simulação		Texto: Explica Zonas de Luz	

FIGURA A-6- Telas 21, 22, 23 e 24 do story-board

TELA 25		TELA 26	
Nome: Resultados		Nome: Posição	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Posição Tamanho Forma	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 26 / Posição Tela 27 / Forma Tela 28 / Tamanho	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 25 / Resultados Imagens	Efeitos: Som
Texto: Informa resultados		Texto: Analisa influência da Posição	
TELA 27		TELA 28	
Nome: Forma		Nome: Tamanho	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar	Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados Imagens	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Sair Voltar
Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 25 / Resultados Imagens	Efeitos: Som	Destino: Telas 4,5,6 e 7 Telas do Menu do 1º Nível Tela 25 / Resultados Imagens	Efeitos: Som
Texto: Analisa influência da Forma		Texto: Analisa influência do Tamanho	

FIGURA A-7- Telas 25, 26, 27 e 28 do story-board

TELA 29		TELA 30	
Nome: Glossário		Nome: Imagens: 1.0	
Links: Introdução Aberturas Metodologia Resultados	Botões: Mapa Ajuda Imprimir Voltar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar
Destino: Tela anterior	Efeitos: Nenhum	Destino: Tela 13 / Aberturas Laterais	Efeitos: Animação
Texto:Glossário *Esta tela pode ser acessada de qualquer outra tela que contenha um termo técnico e/ou conceito		Diagrama: Fotos de aberturas laterais	
TELA 31		TELA 32	
Nome: Imagens: 2.0		Nome: Imagens: 3.0	
Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar
Destino: Tela 14 / Aberturas Zenitais	Efeitos: Animação	Destino: Tela 15 / Desempenho Luminoso	Efeitos: Animação
Diagrama: Fotos de aberturas zenitais		Diagrama: Diagramas e renderizações	
TELA 33		TELA 34	
Nome: Imagens: 3.1 a 3.4		Nome: Imagens: 4.1 a 4.3	
Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar
Destino: Tela 17 / Tipo de Céu Tela 18 / Orientação Tela 19 / Variação Horária Tela 20 / Variação Sazonal	Efeitos: Animação	Destino: Tela 17 / Tipo de Céu Tela 19 / Variação Horária Tela 20 / Variação Sazonal	Efeitos: Animação
Diagrama: Renderização céu claro/variação horária , gráficos curvas isolux orientações: N, S, E e O/equinócio		Diagrama: Renderização céu encoberto variação horária, gráficos curvas isolux e isoFLD/equinócio,inverno e verão,orientação: N	

FIGURA A-8- Telas 29, 30, 31, 32, 33 e 34 do story-board

TELA 35		TELA 36	
Nome:		Nome:	
Imagem: 5.1		Imagem: 5.2	
Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar / Avançar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar / Avançar
Destino: Tela 22 / Modelagem Tela 39 / Imagens	Efeitos: Animação	Destino: Tela 22./Modelagem Tela 40 / Imagens	Efeitos: Animação
Diagrama: Figuras 3.1 e 3.2		Diagrama: Figura 3.3	
TELA 37		TELA 38	
Nome:		Nome:	
Imagem: 6.1		Imagem: 6.2	
Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar
Destino: Tela 23 / Simulação	Efeitos: Nenhum	Destino: Tela 23 / Simulação	Efeitos: Animação
Diagrama: "Foto" Lightscape		Diagrama: Renderização céu claro/variação horária	
TELA 39		TELA 40	
Nome:		Nome:	
Imagens: 7.1.1 a 7.1.24		Imagens: 7.2.1 a 7.2.21	
Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar / Avançar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar / Avançar
Destino: Tela 24 / Zonas de Luz Tela 35 / Imagem 5.1	Efeitos: Animação	Destino: Tela 24 / Zonas de Luz Tela 36 / Imagem 5.2	Efeitos: Animação
Diagrama: Zonas de Luz Aberturas Laterais: Figuras: 4-30 a 4-53 conectadas a imagem 5.1		Diagrama: Zonas de Luz Aberturas Zenitais: Figuras: 4-54 a 4-74 conectadas a imagem 5.2	

FIGURA A-9 - Telas 35, 36, 37, 38, 39 e 40 do story-board

TELA 41		TELA 42	
Nome:		Nome:	
Imagens: 8.1.1 a 8.1.3		Imagens: 8.2.1 a 8.2.3	
Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar
Destino: Tela 26 / Posição	Efeitos: Animação Som	Destino: Tela 26 / Posição	Efeitos: Animação Som
Diagrama: Aberturas Laterais -Desempenho / Posição: Figuras 4-75 a 4-77		Diagrama: Aberturas Zenitais -Desempenho / Posição: Figuras 4-78 a 4-80	
TELA 43		TELA 44	
Nome:		Nome:	
Imagens: 9.1		Imagens: 9.2	
Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar
Destino: Tela 27 / Forma	Efeitos: Animação Som	Destino: Tela 27 / Forma	Efeitos: Animação Som
Diagrama: Aberturas Laterais -Desempenho / Forma: Figura 4-81		Diagrama: Aberturas Zenitais -Desempenho / Forma: Figura 4-82	
TELA 45		TELA 46	
Nome:		Nome:	
Imagem: 10.1		Imagem: 10.2	
Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar	Links: Nenhum	Botões: Imprimir Voltar
Destino: Tela 28 / Tamanho	Efeitos: Animação Som	Destino: Tela 28/ Tamanho	Efeitos: Animação Som
Diagrama: Aberturas Laterais -Desempenho / Tamanho: Figura 4-83		Diagrama: Aberturas Zenitais -Desempenho / Tamanho: Figura 4-84	

FIGURA A-10- Telas 41, 42, 43, 44, 45 e 46 do story-board