

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA ILUMINAÇÃO
NATURAL EM SALAS TÍPICAS DE EDIFÍCIOS DE
ESCRITÓRIOS EM MACEIÓ-AL

Sara de Oliveira Cardoso

**MACEIÓ
2006**

Sara de Oliveira Cardoso

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA ILUMINAÇÃO
NATURAL EM SALAS TÍPICAS DE EDIFÍCIOS DE
ESCRITÓRIOS EM MACEIÓ-AL**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de
Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau
de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús

MACEIÓ
2006

C268a Cardoso, Sara de Oliveira.

Avaliação das condições da iluminação natural em salas típicas de edifícios de escritórios em Maceió-AL / Sara de Oliveira Cardoso. – Maceió, 2006.

xiv, 174f. : il.

Orientador: Ricardo Carvalho Cabús.

Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2006.

Bibliografia: f. 121-128.

Apêndices: f. 129-174.

1. Iluminação de interiores. 2. Escritórios -- Iluminação natural. I. Título.

CDU: 749.2(813.5

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

Sara de Oliveira Cardoso

**AValiação das Condições da Iluminação Natural
em Salas Típicas de Edifícios de Escritórios em
Maceió-AL**

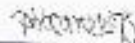
Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de
Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau
de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Aprovada em 17/10/2006

BANCA EXAMINADORA



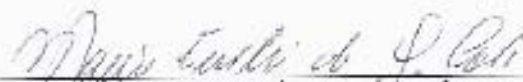
Prof. Dr. RICARDO CARVALHO CABÚS
Centro de Tecnologia - UFAL



Prof. Dr. PAULO SÉRGIO SCARAZZATO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - USP



Prof. Dr. GIANNA MELO BARBIRATO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL



Prof. Dr. MARIA EMÍLIA GUSMÃO COUTO SARMENTO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL

Ao meu pai e à minha mãe, a quem devo tudo. Meu reconhecimento e gratidão pela paciência, compreensão e apoio constante, nesta etapa e em todas as outras da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Ricardo Carvalho Cabús, que orientou este trabalho com competência, segurança e paciência, elementos indispensáveis para a conclusão deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), pela bolsa de estudos, que possibilitou o desenvolvimento desta dissertação.

À Banca Examinadora, pelas contribuições ao aprimoramento da dissertação.

Aos demais Professores do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) que, de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica e para realização deste estudo.

Ao meu irmão, namorado e amigos próximos que por tantas vezes suportaram minhas angústias, dando apoio e incentivo para seguir adiante.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE GRÁFICOS	IX
LISTA DE TABELAS	X
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações iniciais	2
1.2 Justificativa.....	3
1.3 Objetivo geral	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
1.5 Estrutura do trabalho	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Breve histórico.....	8
2.2 A luz natural	12
2.3 Fontes de luz natural.....	13
2.3.1 Luz direta do sol	13
2.3.2 Luz difusa do céu.....	14
2.3.3 Luz refletida no entorno	15
2.4 Propriedades de controle da luz.....	16
2.5 Sistemas de iluminação natural	17
2.5.1 Aberturas laterais.....	18
2.5.2 Aberturas zenitais	20
2.5.3 Espaços de transição.....	22
2.6 Elementos de controle e redirecionamento da luz.....	23
2.6.1 Separadores convencionais.....	24
2.6.2 Cortinas.....	24
2.6.3 Persianas internas	25
2.6.4 Cobogós.....	25
2.6.5 Toldos	26
2.6.6 Venezianas.....	26
2.6.7 Brises	27
2.6.8 Marquises	27
2.6.9 Beirais.....	28
2.6.10 Prateleiras de luz.....	28
2.6.11 Dutos de luz.....	29
2.7 Iluminação artificial.....	30

2.8 Tendências da iluminação	31
2.9 Ferramentas para avaliação da luz natural.....	32
2.9.1 Modelos em escala reduzida.....	33
2.9.2 Ferramentas simplificadas	35
2.9.3 Códigos computacionais.....	36
2.9.3.1 O programa TropLux v-2.25	37
2.9.3.2 O software DLN	38
3. ETAPAS METODOLÓGICAS.....	40
3.1 Levantamento de dados	41
3.2 Caracterização das tipologias	42
3.2.1 Dimensões	42
3.2.2 Características constantes.....	43
3.2.3 Características variáveis	44
3.3 Seleção da ferramenta de simulação.....	47
3.4 Critérios para definição das simulações	48
3.4.1 Simulação I: Diagnóstico da situação típica atual.....	49
3.4.2 Simulação II: Propostas de intervenção “A”.....	51
3.4.3 Simulação III: Propostas de intervenções “B”	53
3.5 Apresentação dos resultados.....	55
4. RESULTADOS E ANÁLISES	58
4.1 Levantamento de dados	59
4.2 Simulação I: situação típica atual	64
4.2.1 Salas com janela central (JC)	64
4.2.1.1 Salas 4,00 x 6,00m ² – Janela central.....	65
4.2.1.2 Salas 6,00 x 6,00m ² – Janela central.....	69
4.2.1.3 Salas 8,00 x 6,00m ² – Janela central.....	72
4.2.1.4 Análise das salas com janela central	75
4.2.2 Salas com janela lateral (JL).....	79
4.2.2.1 Salas 4,00 x 6,00m ² – Janela lateral	79
4.2.2.2 Salas 6,00 x 6,00m ² – Janela lateral	83
4.2.2.3 Salas 8,00 x 6,00m ² – Janela lateral	85
4.2.2.4 Análise das salas com janela lateral	88
4.3 Simulação II: propostas de intervenções “A”	91
4.3.1 Salas com janela central (JC) + prateleira de luz (PL).....	92
4.3.2 Salas com janela lateral (JL) + prateleira de luz (PL)	95
4.3.3 Análise das salas com prateleira de luz	98
4.4 Simulação III: propostas de intervenções “B”	99
4.4.1 Salas com janela alta (JA) + abertura contínua (AC).....	100
4.4.2 Salas com janela alta (JA) + cobogó concreto (CC).....	103
4.4.3 Salas com janela alta (JA) + cobogó branco (CB)	106

4.4.4 Análise das salas com janela alta.....	109
4.5 Considerações finais.....	111
5. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES	115
5.1 Conclusões.....	116
5.2 Limitações do trabalho	120
5.3 Sugestões para futuros trabalhos	120
REFERÊNCIAS	121
APÊNDICES	129
APÊNDICE 1	130
Levantamento das tipologias dos edf. de escritórios.....	131
APÊNDICE 2	154
Cálculo da refletância das superfícies internas.....	155
APÊNDICE 3	158
Carta solar x prateleira de luz.....	159
APÊNDICE 4	166
Hora legal x hora solar	167
APÊNDICE 5	168
Estudo piloto para definição do pavimento de simulação	169
APÊNDICE 6	171
Perfil climático da cidade de maceió.....	172

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diferença entre os níveis de iluminância das fachadas.....	2
Figura 2: Imagens de Stonehenge na Inglaterra em planta baixa (a),.....	9
Figura 3: Zigurate de Ur.....	9
Figura 4: Pirâmide de Quéops.....	9
Figura 5: Vista externa (a) e vista interna do Panteão (b).	10
Figura 6 : Edf. Sede da ONU em NY (a) e Edf. Ocean Tower em Maceió-AL (b)	11
Figura 7: Reflexão especular (a), reflexão difusa (b) e reflexão mista (c).	16
Figura 8: Transmissão especular (a), transmissão difusa (b) e transmissão mista (c).....	17
Figura 9: Exemplos de janela de madeira no quarto(a) e de madeira com vidro na sala de jantar(b)	18
Figura 10: Exemplo de porta em terraço numa residência em Maceió-AL,.....	18
Figura 11: Parede translúcida (a) e pele de vidro no Edf. Ocean Tower (b).....	19
Figura 12: Exemplo de clarabóia no almoxarifado do Núcleo de Desenvolvimento Infantil da UFAL.....	20
Figura 13: Exemplo de cobertura dente-de-serra, Carnes&Verdes, Maceió-AL.	21
Figura 14: Exemplo de teto transparente.	21
Figura 15: Exemplo de domo opaco com perfurações (a) e domo	21
Figura 16: Exemplo de lanternim numa residência em Maceió-AL,	22
Figura 17: Exemplo de pátio no prédio da reitoria da UFAL.....	22
Figura 18: Atrio Central Plaza Las Américas,.....	23
Figura 19: Corte esquemático (a) e exemplo de cortina em quarto infantil (b).....	24
Figura 20: Corte esquemático (a) e exemplo de persiana(b).	25
Figura 21: Corte esquemático (a) e exemplo de elemento vazado no	25
Figura 22: Corte esquemático (a) e exemplo de toldo em edifício comercial(b).	26
Figura 23: Corte esquemático (a) e exemplo de veneziana (b).	26
Figura 24: Corte esquemático (a) e exemplo de brise na Biblioteca da UFAL,.....	27
Figura 25: Corte esquemático (a) e exemplo de marquise (b).....	28
Figura 26: Corte esquemático (a) e exemplo de beiral (b).	28
Figura 27: Corte esquemático (a) e exemplo de uma prateleira de luz localizada no	29
Figura 28: Exemplo de maquete (a) e simulação, utilizando um heliodon, localizado na UFAL (b).	33
Figura 29: Exemplo de simulação com o método gráfico, onde se vêem, respectivamente: corte de uma edificação com abertura zenital (a), transferido (b), diagrama de pontos para o céu encoberto (c) e sobreposição da máscara de sombra com o diagrama de pontos (d).	36
Figura 30: Tela inicial do programa TropLux V-2.25	38
Figura 31: Tela do software DLN	38
Figura 32: Esquema do Tipo A - tipologia com corredor central.....	43
Figura 33: Esquema do Tipo B - tipologia com corredor lateral.....	43
Figura 34: Salas com largura fixa e 4,00m (a), 6,00m (b) e 8,00m (c) de profundidade	45
Figura 35: Salas com janela central (a), lateral (b) e corte janela baixa (c).	45
Figura 36: Salas com janela central (a), lateral (b) e corte janela alta(c).	46
Figura 37: Planta baixa da prateleira de luz na janela lateral (a), na janela central (b) e corte transversal de ambas as tipologias (c).	46
Figura 38: Janela contínua.....	47
Figura 39: Elementos vazados.....	47

Figura 40: Corte modelo Tipo A.....	49
Figura 41: Corte modelo Tipo B (b).....	49
Figura 42: Localização dos pontos de simulação na planta baixa das salas com 4,00 x 6,00m ² (a),	50
Figura 43: Localização dos pontos de simulação na planta baixa das salas com 4,00 x 6,00m ² (a),	50
Figura 44: Planta baixa da prateleira de luz na janela lateral (a), na janela central (b) e	52
Figura 45: Visão do céu da Tipologia B.....	53
Figura 46: Modelo 01	54
Figura 47: Modelo 02	54
Figura 48: Modelo 03	54
Figura 49: Exemplo da tabela gerada pelo software TropLux para a Sala 14,.....	55
Figura 50: Edifício Breda Center	60
Figura 51: Business Tower.....	60
Figura 52: Fachadas sem proteção solar, respectivamente:.....	62
Figura 53: Fachadas com proteção solar, respectivamente:	63
Figura 54: Fachadas com pele de vidro, respectivamente:.....	63
Figura 55: Exemplos de janela de correr (a) e maximar (b).....	63
Figura 56: Salas com janela central, largura fixa de 6,00m e profundidade variável de 4,00m (a), 6,00m (b) e 8,00m (c).....	65
Figura 57: Distribuição das iluminâncias médias por ponto em lux, sala 4,00 x 6,00m ² ;.....	66
Figura 58: Distribuição das iluminâncias médias por ponto, sala 6x6m;.....	70
Figura 59: Comparação entre a localização dos Pontos 01 e 03, nas salas 4,00 x 6,00m ² e 6,00 x 6,00m ²	71
Figura 60: Distribuição das iluminâncias médias por ponto, sala 8,00 x 6,00m ² ;.....	73
Figura 61 : Localização geral dos pontos de simulação.....	77
Figura 62: Relação entre iluminâncias e localização dos pontos.	77
Figura 63: Iluminâncias dos dias menos luminosos de cada orientação.	78
Figura 64: Salas com janela lateral, largura fixa de 6m e profundidade variável de 4m (a), 6m (b) e 8m (c).	79
Figura 65: Marcação dos cortes AA' e BB' para elaboração dos desenhos que demonstram a variação luminosa na largura e na profundidade do ambiente.	81
Figura 66: Distribuição das iluminâncias das salas 4,00 x 6,00m ² com janela lateral, mostrando a variação luminosa na profundidade e na largura do ambiente.....	81
Figura 67: Distribuição das iluminâncias das salas 6,00 x 6,00m ² com janela lateral, mostrando a variação luminosa na profundidade e na largura do ambiente.....	84
Figura 68: Distribuição das iluminâncias das salas 8,00 x 6,00m ² com janela lateral, mostrando a variação luminosa na profundidade e na largura do ambiente.....	87
Figura 69: Relação entre iluminâncias e localização dos pontos nas salas com janela lateral.	89
Figura 70: Prateleira de luz na janela lateral (a) e na janela central (b).	92
Figura 71: Localização dos pontos na sala 8x6m com prateleira de luz.	92
Figura 72: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central com e sem prateleira de luz nas orientações SE e SO.	93
Figura 73: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central com e sem prateleira de luz nas orientações NO e NE.....	94
Figura 74: Distribuição das iluminâncias das salas com janela lateral, com e sem prateleira de luz na orientação SO, mostrando a variação luminosa na profundidade e na largura do ambiente.	96
Figura 75: Corte da sala com janela alta voltada para a circulação lateral de abertura contínua.	99

Figura 76: Corte da sala com janela alta voltada para a circulação lateral com fechamento em cobogó de piso a teto.	99
Figura 77: Abertura contínua.....	100
Figura 78: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com abertura contínua.....	102
Figura 79: Distribuição das iluminâncias das salas com janela lateral, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com abertura contínua.....	102
Figura 80: Cobogó de concreto.....	103
Figura 81: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com cobogó de concreto.	105
Figura 82: Distribuição das iluminâncias das salas com janela lateral, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com cobogó de concreto.	105
Figura 83: Cobogó pintado na cor branca.....	107
Figura 84: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com cobogó de concreto.	108
Figura 85: Distribuição das iluminâncias das salas com janela lateral direita, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com cobogó de concreto.....	108
Figura 86: Distribuição geral das iluminâncias das salas com janela central, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral.	110
Figura 87: Distribuição geral das iluminâncias das salas com janela lateral, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral.....	111
Figura 88: Vista lateral direita (a) e vista lateral esquerda (b).	155
Figura 89: Medição da luminância no piso (a) e no papel branco (b).	155
Figura 90: Medição da luminância no teto (a) e no papel branco (b).	156
Figura 91: Medição da luminância na parede (a) e no papel branco (b).	156
Figura 92: Carta solar de Maceió.	160
Figura 93: Vista JC.....	161
Figura 94: Vista JL.....	161
Figura 95: Corte JC/JL.....	161
Figura 96: Máscara de sombra JC/NE.....	161
Figura 97: Máscara de sombra JC/NO.....	161
Figura 98: Máscara de sombra JC/SE.....	161
Figura 99: Máscara de sombra JC/SO.....	161
Figura 100: Máscara de sombra JL/NE.....	161
Figura 101: Máscara de sombra JL/NO.....	161
Figura 102: Máscara de sombra JL/SE.....	162
Figura 103: Máscara de sombra JL/SO.....	162
Figura 104: Vista JC + PL.....	163
Fig Figura 105: Corte JC + PL.....	163
Figura 106: M. Sombra JC+PL/NE.....	163
Figura 107: M. Sombra JC+PL/NO.....	163
Figura 108: M. Sombra JC+PL/SE.....	163
Figura 109: M. Sombra JC+PL/SO.....	163
Figura 110: Vista JL + PL.....	164
Figura 111: Corte JL + PL.....	164
Figura 112: M. Sombra JL+PL/NE.....	164
Figura 113: M. Sombra JL + PL/NO.....	164
Figura 114: M. Sombra JL+PL/SE.....	164
Figura 115: M. Sombra JL + PL/SO.....	164
Figura 116: Gráficos da variação dos níveis de iluminação durante o dia.....	170

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Características do vidro utilizado nas simulações.....	44
Gráfico 2: Comparação entre as médias de cada ponto e a profundidade da sala.....	57
Gráfico 3: Localização dos edifícios de escritórios.....	60
Gráfico 4: Quantidade de pavimentos e salas por pavimento	61
Gráfico 5: Tipologia das plantas.....	62
Gráfico 6: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 4,00 x 6,00m ² com janela central.....	68
Gráfico 7: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 6,00 x 6,00m ² com janela central.....	71
Gráfico 8: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 8,00 x 6,00m ² com janela central.....	74
Gráficos 9 e 10: Relação entre as médias de cada sala e a localização dos pontos no solstício de inverno nas orientações sudeste e sudoeste.....	78
Gráficos 11 e 12 : Relação entre as médias de cada sala e a localização dos pontos no solstício de inverno nas orientações nordeste e noroeste.....	78
Gráfico 13: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 4,00 x 6,00m ² com janela lateral.....	82
Gráfico 14: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 6,00 x 6,00m ² , com janela lateral.....	85
Gráfico 15: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 6,00 x 6,00m ² , com janela lateral.....	87
Gráficos 16 e 17: Relação entre as médias dos pontos na sala 4,00 x 6,00m ² , no solstício de inverno na orientação Sudeste e no solstício de verão na orientação Nordeste.....	90
Gráficos 18 e 19: Relação entre as médias dos pontos na sala 6,00 x 6,00m ² , no solstício de inverno na orientação Sudeste e no solstício de verão na orientação Nordeste.....	91
Gráficos 20 e 21: Relação entre as médias dos pontos na sala 8,00 x 6,00m ² , no solstício de inverno na orientação Sudeste e no solstício de verão na orientação Nordeste.....	91
Gráfico 22: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, salas 8,00 x 6,00m ² com janela central, com e sem o uso da prateleira de luz.....	94
Gráfico 23: Horas em que é necessária a utilização da luz artificial no ambiente, salas 8,00 x 6,00m ² com janela lateral, com e sem o uso da prateleira de luz.....	97
Gráficos 24 e 25: Distribuição das iluminâncias nas salas com e sem prateleira de luz, tipologia com janela central (a) e com janela lateral (b).....	98
Gráfico 26: Distribuição geral das iluminâncias das salas com abertura contínua, fechamento em cobogó de concreto e cobogó pintado na cor branca.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis de iluminância, segundo a NBR 5413/1992.....	30
Tabela 2: Propriedades físicas dos materiais empregados no edifício modelo	44
Tabela 3: Simulação I - diagnóstico da situação típica anual.....	51
Tabela 4: Simulação II - Propostas de intervenção A	52
Tabela 5: Simulação III - Propostas de intervenções B.....	54
Tabela 6: Exemplo da tabela geral que foi exportada do software TropLux.	56
Tabela 7: Comparação entre os Pontos 01 no dia 22/03.	56
Tabela 8: Comparação entre os Pontos 01 na orientação SE.	56
Tabela 9: Comparação dos três pontos no dia menos luminoso da orientação SE.....	57
Tabela 10: Comparação entre as médias de cada ponto e a profundidade da sala.....	57
Tabela 11: Levantamento dos edifícios de escritório da cidade de Maceió	59
Tabela 12: Orientação das maiores fachadas.....	61
Tabela 13: Iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 4,00 x 6,00m ² , janela central, tabela ponto x hora, dados em lux.	65
Tabela 14: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos 02 e 03 em relação ao Ponto 01 em cada orientação, na sala 4,00 x 6,00m ² com janela central.	67
Tabela 15: Iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 6,00 x 6,00m ² , janela central, tabela ponto x hora, dados em lux.	69
Tabela 16: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos 2 e 3 em relação ao Ponto 1 em cada orientação, na sala 6,00 x 6,00m ² com janela central.	70
Tabela 17: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 01 e 03, nas salas 4,00 x 6,00m ² e 6,00 x 6,00m ² com janela central, dados em lux.	70
Tabela 18: Iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 8,00 x 6,00m ² , com janela central, tabela ponto x hora, dados em lux.....	73
Tabela 19: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos 2 e 3 em relação ao Ponto 1 em cada orientação, na sala 6,00 x 6,00m ² com janela central.	74
Tabela 20: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 1 e 3, nas salas 4,00 x 6,00m ² e	74
Tabela 21: Tabela comparativa para análise geral das médias das iluminâncias das salas com janela central, em lux.	76
Tabela 22: Média das iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 4,00 x 6,00m ² , com janela lateral, tabela ponto x hora, dados em lux.	80
Tabela 23: Médias das iluminâncias dos Pontos de Simulação Simplificados das salas 4,00 x 6,00m ² com janela lateral, dados em lux.	80
Tabela 24: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos Simplificados 02, 02', 03 e 03' em relação ao Ponto 01 e 01' em cada uma das orientações, na sala 4,00 x 6,00m ² com janela lateral.	82
Tabela 25: Média das iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 6,00 x 6,00m ² , com janela lateral, tabela ponto x hora, dados em lux.	83
Tabela 26: Médias das iluminâncias dos Pontos de Simulação Simplificados das salas 6,00 x 6,00m ² com janela lateral, dados em lux.	83
Tabela 27: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos Simplificados 02, 02', 03 e 03' em relação ao Ponto 01 e 01' em cada uma das orientações, na sala 6,00 x 6,00m ² com janela lateral.	84
Tabela 28: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 01 e 03, nas salas 4,00 x 6,00m ² e 6,00 x 6,00m ² com janela lateral.	84

Tabela 29: Média das iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 8,00 x 6,00m ² , com janela lateral, tabela ponto x hora, dados em lux.	86
Tabela 30: Médias das iluminâncias dos pontos de simulação simplificados das salas 6,00 x 6,00m ² com janela lateral, dados em lux.	86
Tabela 31: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos Simplificados 2, 2', 3 e 3' em relação ao Ponto 1 e 1'em cada uma das orientações, na sala 8,00 x 6,00m ² com janela lateral'	87
Tabela 32: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 01 e 03, nas salas 4,00 x 6,00m ² e 6,00 x 6,00m ² com janela lateral.	87
Tabela 33: Tabela comparativa dos pontos simplificados para análise geral das salas com janela lateral.....	88
Tabela 34: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 1 e 3, nas salas 4,00 x 6,00m ² e	90
Tabela 35: Médias e variação das iluminâncias (U ^a e U ^b) das salas 8,00 x 6,00m ² com janela central com prateleiras de luz (JC + PL) e das salas sem prateleira de luz (JC sem PL).	93
Tabela 36: Médias das iluminâncias da sala com prateleiras de luz (JC + PL) e da sala sem prateleira de luz (JC sem PL).	95
Tabela 37: Médias e variação das iluminâncias (U) das salas com prateleiras de luz (JL + PL) e das salas sem prateleira de luz (JL sem PL).	96
Tabela 38: Iluminâncias da sala com janela alta + abertura contínua (JA+AC)	100
Tabela 39: Iluminâncias e variação luminosa (U) entre os Pontos 1 e 2 e os Pontos 1 e 3 das salas com janela alta + abertura contínua (JA+AC).	101
Tabela 40: Médias e variação das iluminâncias (U) das salas com a inclusão da janela alta + abertura contínua (JA + AC) e das salas sem a intervenção.....	101
Tabela 41: Iluminâncias da sala com janela alta + fechamento em cobogó de concreto de piso a teto (JA+CC).....	103
Tabela 42: Iluminâncias e variação luminosa (U) entre os Pontos 1 e 2 e os Pontos 1 e 3 das salas com janela alta + cobogó de concreto (JA+CC).	104
Tabela 43: Médias e variação das iluminâncias (U) das salas com a inclusão da janela alta + cobogó de concreto (JA + CC) e das salas sem a intervenção.....	104
Tabela 44: Variação entre as iluminâncias (U) geradas pela abertura contínua e pelo fechamento em cobogó de concreto de piso a teto na circulação lateral.....	105
Tabela 45: Iluminâncias da sala com janela alta + fechamento em cobogó pintado na cor branca de piso a teto (JA+CB).....	106
Tabela 46: Iluminâncias e variação luminosa (U) entre os Pontos 1 e 2 e os Pontos 1 e 3 das salas com janela alta + cobogó pintado na cor branca(JA+CB).	107
Tabela 47: Médias e variação das iluminâncias (U) das salas com a inclusão da janela alta + cobogó de concreto (JA + CC) e das salas sem a intervenção.....	107
Tabela 48: Variação entre as iluminâncias (U) geradas pela abertura contínua e pelo fechamento em cobogó de concreto de piso a teto na circulação lateral.....	109
Tabela 49: Tabela comparativa das iluminâncias proporcionadas pela janela alta contínua nos fundos das salas, dados em lux.	109
Tabela 50: Comparação entre as profundidades das salas e os tipos de abertura.....	112
Tabela 51: Comparação geral das salas com janela central, dados em lux.	113
Tabela 52: Comparação geral das salas com janela lateral, dados em lux.	113

Tabela 53: Tabela resumo dos resultados – variação das iluminâncias entre os Pontos 01 e 03, respectivamente o mais próximo e o mais afastado da abertura.....	119
Tabela 54: Valores e médias das iluminâncias encontradas na bateria de medição 01, no piso.....	154
Tabela 55: Valores e médias das iluminâncias encontradas na bateria de medição 01, no piso.	156
Tabela 56: Valores e médias das iluminâncias encontradas na bateria de medição 02, no teto.	157
Tabela 57: Valores e médias das iluminâncias encontradas na bateria de medição 03, na parede.	157
Tabela 58: Normais Metereológicas da cidade de Maceió.....	172

RESUMO

A cidade de Maceió possui uma quantidade de luz abundante, proveniente do sol e do céu. Por sua vez, os sistemas de iluminação artificial funcionam integralmente ao longo do dia em muitos edifícios de escritórios. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho da iluminação natural em salas típicas de edifícios de escritórios implantados na cidade, de modo a sugerir diretrizes e recomendações para futuras construções, tendo em vista a racionalização do uso da iluminação artificial. Foi desenvolvida com base em simulações computacionais em salas de escritório padronizadas, a partir de um diagnóstico da situação atual dos edifícios de escritórios localizados em Maceió. Foram realizadas três baterias de simulações: na primeira, obteve-se uma avaliação das condições de iluminação natural das salas de escritórios nos solstícios e equinócios e nas quatro orientações mais recorrentes na cidade em estudo. Na segunda etapa, foram adicionadas prateleiras de luz às aberturas das salas mais profundas nas quatro orientações. Na terceira, foi incluída uma abertura alta contínua voltada para a circulação lateral do edifício nas salas mais profundas e em duas orientações. A inclusão dos elementos construtivos nas duas últimas etapas de simulação teve como objetivo investigar suas influências na melhoria da uniformidade luminosa das salas de escritórios. Como resultado da primeira etapa de simulação, verificou-se uma média de 75% de variação entre as iluminâncias dos pontos mais próximos e mais afastados da abertura nas salas mais profundas; com a inclusão das prateleiras de luz, essa variação diminuiu para, em média, 70% nas salas com as mesmas dimensões e com a inclusão da janela alta contínua para 65%. Se forem adicionadas as duas intervenções propostas nas salas (prateleira de luz + abertura contínua voltada para a circulação lateral), essa variação entre os pontos será de 50%. Então, os resultados obtidos por meio das simulações computacionais mostram que a utilização das intervenções propostas melhorou significativamente a uniformidade luminosa do ambiente. Portanto a utilização destas intervenções pode implicar em projetos mais eficientes em relação ao uso da iluminação natural, e conseqüentemente uma melhora na eficiência energética da edificação.

ABSTRACT

Maceió, the capital of a North-eastern state in Brazil, has abundant sun and sky light during the whole year. Despite this natural resource the electrical lighting system works in full-scale throughout the day in many office buildings. The main objective of this study is to evaluate the performance of the natural light in typical office buildings of the city, in order to suggest and recommend guidelines for future constructions, taking into account the rationalization of artificial lighting use. The study was based on a previous diagnosis of the actual conditions of different office buildings in Maceió, and was developed through computer simulations of standard office buildings. The investigation was divided in three stages: the first was an assessment of the conditions of sun lighting in the office rooms in a typical luminous day of each of the four seasons, considering the buildings' four most recurrent directional references. In the second stage, light shelves were added to the openings of the largest rooms in reference to the four directions. Lastly, it was added a high continuous window turned to the side corridor of the building's largest rooms in two directions. The insertion of constructive elements in the last two stages of the simulation aimed at investigating the influence of the performed changes in the improvement of the lighting uniformity in the office rooms. As a result of the first stage of the simulation, it was verified an average of 75% of variation in the illuminance between the nearest and the most distant points from the opening for the largest rooms; the addition of light shelves caused this rate to decrease to an average of 70% in the rooms with the same dimensions and of 65% with the addition of a continuous high window. The addition of the two proposed interventions (light shelves and continuous opening turned to the corridor) caused the variation between points to decrease to 50%. Therefore, the results obtained through computer simulations show that the changes suggested have significantly improved the lighting uniformity of the ambiance.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais	2
1.2 Justificativa.....	3
1.3 Objetivo geral	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
1.5 Estrutura do trabalho	5

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde o início dos tempos, pode-se perceber a preocupação do homem em possuir e controlar a luz. Segundo BURGER (1996), essa empatia transcende a existência dos anos, a evolução do homem e da sociedade.

Assim, passou-se da brasa à tocha, da vela à lamparina, do lampião à lâmpada elétrica, inventada por Thomas Edison. O aperfeiçoamento desta última levou ao desenvolvimento da lâmpada fluorescente, e o aumento da sua eficácia produziu a primeira possibilidade de competir com o Sol e o céu, como uma fonte viável de luz para interiores.

A iluminação artificial passou, então, a ser usada indiscriminadamente no decorrer de todo o dia. E, além do gasto de energia com a própria iluminação, tem-se o aquecimento do ambiente interno, devido à pouca quantidade e qualidade das aberturas, e à necessidade do uso de condicionadores de ar, originando um aumento na demanda de energia elétrica.

Além do desenvolvimento da iluminação artificial, também ocorreram avanços das técnicas construtivas, como o uso do concreto armado e do aço, ocasionando um aumento no gabarito das edificações. A malha urbana, no entanto, continuou praticamente a mesma, pois nem sempre as ruas foram alargadas, ocasionando o aumento da densidade populacional e a redução dos recuos e afastamentos entre as edificações (GRAZIANO JUNIOR, 2000).

Essa verticalização dos edifícios aumentou o uso da energia elétrica com a inserção de elevadores, climatização artificial de ambientes, maior quantidade de pessoas, além de ter atuado de forma negativa em relação ao aproveitamento da iluminação natural, pois essa contribuição é diretamente proporcional à altura e ao afastamento das edificações.



Figura 1: Diferença entre os níveis de iluminância das fachadas em função das alturas das edificações e largura das ruas.

Fonte: Arquivo pessoal da autora

Com essas alterações, percebeu-se que o domínio da luz natural foi desafiado e passou a ter menor importância na concepção dos projetos, devido à facilidade da utilização da luz artificial e ao aparecimento de novas técnicas e interesses construtivos.

No Brasil, grande parte da energia elétrica é utilizada em edifícios de escritórios. Nesse sentido, deve-se observar que o uso da iluminação natural é muito importante, principalmente em lugares onde há Sol em abundância, sobretudo no horário comercial, quando os escritórios estão ativos.

Sabe-se que a utilização indiscriminada da iluminação artificial é desnecessária em climas onde o Sol é abundante, como no caso do clima quente e úmido.

1.2 JUSTIFICATIVA

A praticidade e facilidade de acesso à energia elétrica fizeram com que seu uso fosse intensificado, a ponto de a iluminação natural ser pouco considerada nos ambientes.

No Brasil, 48% da energia gerada são consumidas em edifícios residenciais, comerciais e públicos, de acordo com dados do PROCEL (2003), e, segundo dados do BEN (Balanço Energético Nacional) em 2004, o setor comercial foi responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica. Destes, cerca de 70% da energia consumida nos edifícios de escritórios é relacionada aos sistemas de condicionamento de ar e iluminação (GONÇALVES, 2004). Segundo SIGNOR (1999), aproximadamente 30% a menos de energia são consumidos em edifícios com projetos adequados climaticamente.

De acordo com os dados apresentados, percebe-se o quanto é importante um projeto adequado às condições climáticas e ao entorno da edificação para uma boa eficiência energética da edificação e um bom conforto térmico e luminoso dos usuários.

A luz natural tem um ótimo desempenho luminoso, pois apresenta definições de cores mais reais que a proporcionada pela luz artificial e proporciona a visualização do meio externo, que, de acordo com CORRÊA (1997), influencia psicologicamente no bem estar do ser humano, já que o homem, mesmo estando em um ambiente interno, deseja estar em contato com os elementos do universo do qual faz parte.

O ambiente interno de um edifício de escritórios deve ser saudável e estimulante, pois o tempo de permanência dos ocupantes em lugares dessa tipologia é relativamente alto.

É por isso que a qualidade visual do ambiente de trabalho, além de outras condições, tem que atender às exigências de normas técnicas, principalmente a NBR 5413 da ABNT, que mostram níveis ideais de iluminação exigidos para a iluminância de interiores¹. Também devem buscar a uniformidade luminosa do ambiente, estudando-se a distribuição para que sejam evitados os ofuscamentos, os reflexos e os grandes contrastes entre as superfícies de cores diferentes.

Por tudo isso, deve ser incentivado o uso da iluminação artificial como complemento e não como o único tipo de iluminação para os ambientes internos durante o dia. Devem-se criar etapas de acionamento da luz artificial, para que ela seja utilizada apenas quando o nível de iluminação estiver baixo.

O que leva à realização desta pesquisa é o intuito de mostrar que é possível fazer uso da iluminação natural para obtenção de um bom desempenho luminoso no interior de ambientes.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o desempenho da iluminação natural em salas típicas de edifícios de escritórios implantados em Maceió-AL, de modo a sugerir diretrizes e recomendações para futuras construções.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Abaixo segue uma lista dos objetivos específicos deste estudo:

- a) Diagnosticar a situação atual de edifícios de escritórios localizados em Maceió-AL;

¹ Esta norma é de iluminação artificial, porém como a norma que diz respeito à iluminação natural ainda não foi totalmente elaborada e publicada, decidiu-se utilizar a NBR 5413 da ABNT como parâmetro de comparação.

b) Avaliar as condições de iluminação natural em salas de escritório padronizadas, nos solstício e equinócios e nas quatro orientações mais recorrentes na cidade de Maceió, investigando a influência da localização das aberturas e a profundidade das salas em relação à uniformidade luminosa da luz natural no interior dos ambientes;

c) Propor diretrizes de projeto para futuras construções de edifícios de escritórios em Maceió, em relação à iluminação natural.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação é dividida em cinco seções, referências e apêndices. Na primeira seção, é apresentada uma visão geral do tema estudado, seguida, pela justificativa, pelos objetivos geral e específicos e pela estruturação geral da pesquisa.

A segunda seção apresenta a revisão bibliográfica em que foi embasada a pesquisa. Inicia-se com um breve histórico da relação luz x homem, seguida pelo estudo da luz natural, das fontes de luz natural, dos mecanismos de controle da luz, dos sistemas de iluminação natural e finalizada por um breve estudo da iluminação artificial e das tendências da iluminação, além de um estudo sobre as ferramentas de simulação e uma descrição do software escolhido para a pesquisa.

Na terceira seção, são descritos os procedimentos metodológicos empregados na elaboração desta dissertação. Inicialmente são apresentados os caminhos percorridos para a obtenção dos dados levantados para a elaboração das tipologias, seguidos pela elaboração destes edifícios tipo, a seleção da ferramenta de simulação e os critérios para a definição dos modelos para simulação.

A seção seguinte apresenta e discute os dados coletados nas simulações computacionais. Primeiramente, são apresentadas as conclusões obtidas no levantamento de dados, necessário para a elaboração das tipologias; e, em seguida, são apresentados os resultados das etapas de simulação.

Na quinta e última seção, são apresentadas as conclusões encontradas nesta pesquisa, acrescida das limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros, seguidas pelas referências.

No Apêndice 1, encontram-se as planilhas elaboradas para o agrupamento das informações adquiridas no levantamento das tipologias dos edifícios de escritórios. O Apêndice 2 apresenta as medições e cálculos realizados para a obtenção da refletância das superfícies internas das salas a serem simuladas. No Apêndice 3, é realizado um estudo para a definição das dimensões das prateleiras de luz que serão utilizadas em um dos modelos de simulação. No Apêndice 4, é mostrada uma tabela com a relação entre a hora solar e a hora legal. O Apêndice 5 apresenta o um estudo piloto para definição do pavimento de simulação, e no Apêndice 6, é apresentada uma breve descrição do perfil climático da cidade de Maceió .

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve histórico.....	8
2.2 A luz natural	12
2.3 Fontes de luz natural.....	13
2.3.1 Luz direta do sol	13
2.3.2 Luz difusa do céu.....	14
2.3.3 Luz refletida no entorno	15
2.4 Propriedades de controle da luz.....	16
2.5 Sistemas de iluminação natural	17
2.5.1 Aberturas laterais.....	18
2.5.2 Aberturas zenitais	20
2.5.3 Espaços de transição.....	22
2.6 Elementos de controle e redirecionamento da luz.....	23
2.6.1 Separadores convencionais.....	24
2.6.2 Cortinas.....	24
2.6.3 Persianas internas:	25
2.6.4 Cobogós	25
2.6.5 Toldos	26
2.6.6 Venezianas.....	26
2.6.7 Brises	27
2.6.8 Marquises	27
2.6.9 Beirais.....	28
2.6.10 Prateleiras de luz.....	28
2.7 Iluminação artificial.....	30
2.8 Tendências da iluminação	31
2.9 Ferramentas de simulação	32
2.9.1 Modelos em escala reduzida.....	33
2.9.2 Ferramentas simplificadas	35
2.9.3 Códigos computacionais.....	36
2.9.3.1 O programa TropLux v-2.25	37
2.9.3.2 O software DLN	38

Nesta seção, é apresentada uma revisão bibliográfica com relação ao tema iluminação natural. Inicia-se a partir de um breve histórico, seguido de uma abordagem de alguns aspectos relevantes ao projeto de sistemas de iluminação natural e seus mecanismos de controle e redirecionamento da luz solar. Logo após, têm-se alguns sistemas de abertura para implementação da iluminação natural do ambiente interno, acompanhado por um breve levantamento sobre a iluminação artificial e as tendências da iluminação. Também são tratados os métodos de simulação e é realizada uma breve introdução sobre a ferramenta computacional selecionada para o desenvolvimento da pesquisa.

2.1 BREVE HISTÓRICO

Durante milênios, a humanidade se desenvolveu tendo o sol como fonte de luz (ALLEN, 1990). O tempo das atividades humanas tinha de ser adequado à disponibilidade da luz, pois, apesar da existência do fogo, sua intensidade luminosa não era suficiente para atender a certos tipos de tarefas.

Os benefícios do sol foram reconhecidos, louvados e rezados (LAM, 1986), porém foi necessária a construção de edificações que produzissem ambientes protegidos dos raios solares para evitar o calor, a degradação de materiais, o ofuscamento causado pelo alto contraste entre áreas mais e menos iluminadas, brilhos e reflexos incômodos. Esse processo evoluiu de acordo com as características climáticas e culturais de cada região do planeta.

Existem diversas indicações de que os povos antigos já observavam cuidadosamente os movimentos dos corpos celestes. Vários princípios foram elaborados a partir dessas observações, como, por exemplo, período para plantio, jornada de trabalho, estações do ano, construções. Segundo PEREIRA (1993), o uso consciente da luz solar estava simbolicamente relacionado com a arquitetura religiosa.

Uma das construções mais antigas e famosas da Inglaterra é o monumento pré-histórico Stonehenge. Trata-se de um altar de pedras que foi utilizado há cerca de 5000 anos e, até hoje, não se tem certeza absoluta de qual era sua finalidade: rituais Druidas, cerimônias em homenagem ao sol ou portal para seres de outros planetas são algumas das possibilidades. Nesse monumento, é possível observar quando o sol aparece no primeiro dia de verão, no enquadramento central da arcada de pedra. (ver Figura 2).

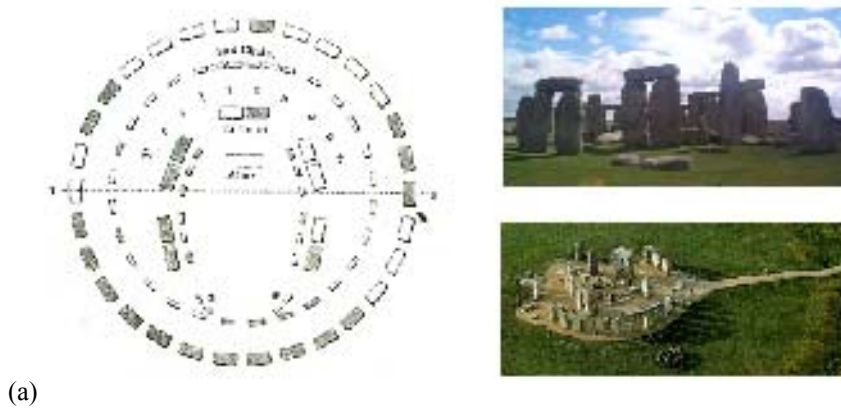


Figura 2: Imagens de Stonehenge na Inglaterra em planta baixa (a), vista frontal (b) e perspectiva (c).

Fonte: <http://www.fromoldbooks.org/OldEngland/pages/0002-Stonehenge> (a, b e c)



Figura 3: Zigate de Ur

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Zigate>

Na arquitetura Mesopotâmica, tem-se o Zigate de Ur como outro exemplo da devoção das antigas civilizações pelos corpos celestiais. Foi construído para o deus da lua, Nanna, entre os anos de 2113 e 2096 a.C. Esse templo consistia em sete pavimentos e seu santuário se localizava no terraço superior, tendo o acesso através de estreitas escadarias que rodeavam os muros.

No Egito, a matrização da luz era um dos aspectos mais salientes da arquitetura. Assim como as outras pirâmides, a de Quéops (ver Figura 4) orienta as suas faces para os quatro pontos cardeais, permitindo que os raios da estrela Sírio, ao passar pelo meridiano, entrem na câmara do núcleo da pirâmide, através de um duto, no momento em que se anunciava o princípio do ano egípcio e o início das inundações, como a luz da estrela Polar entrava pelos dutos do norte (GOITIA, 1995).

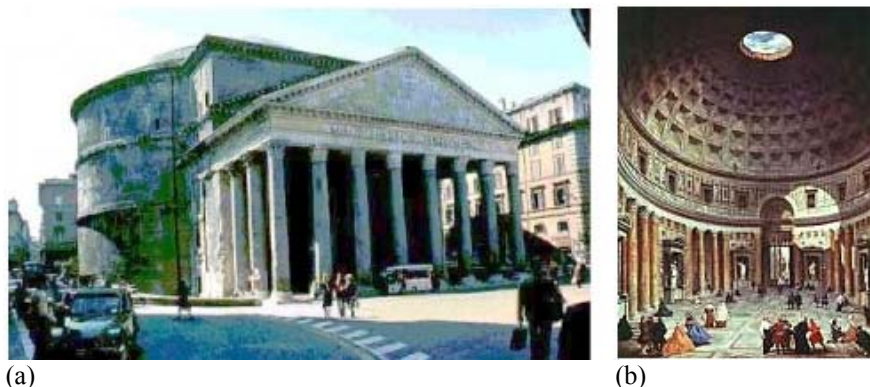


Figura 4: Pirâmide de Quéops.

Fonte: <http://www.projetoockham.org>

Na Grécia, a iluminação dos templos era proveniente, em grande parte, das aberturas laterais. Os grandes pórticos e colunas funcionavam como proteção do sol de verão, porém admitiam a entrada direta da luz quando o sol estava com baixa altitude.

Em Roma, o Panteão possui uma cúpula circular no alto, de onde provém a iluminação. Essa luz reflete-se nas paredes internas e é difundida para todo o ambiente (ver Figura 5, a e b).



(a)

(b)

Figura 5: Vista externa (a) e vista interna do Panteão (b).

Fonte: MORRIS, 1994 (a) e <http://educaterra.terra.com.br/voltaire/atualidade/pimage/governo2> (b)

Nas igrejas do período Gótico, as paredes não são estruturais. Os vãos que iriam ser paredes foram substituídos por elementos translúcidos e coloridos. Na Renascença, esses elementos coloridos desaparecem. Nessa época, acreditava-se que a luz branca, difundida de forma indireta, dava um caráter simbólico e místico às edificações (BENÉVOLO, 1976).

Durante todo esse período, as atividades continuavam a ser regradas pela luz do dia, auxiliadas à noite por tocha ou vela. O homem pré-industrial tinha necessidades bem diferentes das atuais; passava a maior parte do tempo ao ar livre. As atividades domésticas eram bastante simples e não demandavam grandes quantidades de luz.

Porém, com o advento da Revolução Industrial, no séc. XIX, diversos aspectos da sociedade foram alterados (BURGNER, 1996). Houve a necessidade de mais tochas e velas para atender os turnos extras de trabalho. Em 1885, Welsbach inventou o gás incandescente (BAKER, 1993) e as antigas fontes de iluminação artificial passaram a ser substituídas pela luminária a gás, inicialmente nas áreas públicas e indústrias e, posteriormente, nas residências. Com o aparecimento da lâmpada elétrica, entre os séculos XVIII e XIX, e o baixo custo da eletricidade, os ambientes passaram a ser cada vez mais iluminados artificialmente (LAM, 1986 e ENERGY RESEARCH GROUP, 1994).

Além dos avanços com relação à iluminação artificial, a Revolução Industrial também trouxe uma maior liberdade de criação com a descoberta do concreto armado e da estrutura metálica – deixando as paredes livres de sua função estrutural, promovendo mudanças quanto

ao tamanho, à modulação e à qualidade dos painéis de vidro. BAKER (1993) afirmou que a nova arquitetura do ar e da luz estava surgindo.

A partir daí, a função térmica das paredes passaram a ser substituídas pelos sistemas mecânicos de aquecimento e refrigeração e a iluminação dos ambientes não estava mais restrita às regiões próximas às aberturas. O domínio da luz natural foi desafiado e passou a ter menor importância na concepção dos projetos (MASCARÓ,1991).

No entanto, alguns arquitetos como Le Corbusier na França, Alvar Aalto na Finlândia e Frank Lloyd Wright nos Estados Unidos ainda consideravam a luz natural como fator determinante de um projeto e conseguiram criar novos vocabulários arquitetônicos com excelente qualidade luminosa.

Com o surgimento do Estilo Internacional (onde a mesma concepção arquitetônica pode ser usada em países de climas diferentes – ver Figura 6, a e b), surgiram diversas construções com grandes envidraçamentos, que permitiam uma excessiva penetração de luz e calor. Esse estilo, de acordo com LAM (1986), foi “incentivado” pelos custos de energia relativamente baixos.



(a)



(b)

Figura 6 : Edf. Sede da ONU em NY (a) e Edf. Ocean Tower em Maceió-AL (b)

Fonte: <http://www.igadi.org> (a) e arquivo pessoal da autora (b).

PEREIRA (1995) afirmou que houve muita valorização da arquitetura do volume externo, do formal e da monumentalidade, em detrimento do conforto do ambiente e da arquitetura de interior. Porém, em 1973, com a crise do petróleo, essa situação tornou-se insustentável e os benefícios da iluminação natural voltaram a ser significativos. Projetar levando o clima local em consideração para a elaboração dos projetos voltou a ser discutido e colocado em prática gradativamente.

2.2 A LUZ NATURAL

Numa época em que a escassez de recursos naturais tem se tornado tão evidente, torna-se necessária a utilização de todos os artifícios possíveis para reduzir o uso da energia elétrica, sem abrir mão do conforto.

A luz natural é aquela proveniente do Sol, seja de forma direta, através dos raios solares, de forma difusa, em função da refração e reflexão dos raios na atmosfera com ou sem nuvens, ou de forma refletida através do entorno.

De acordo com KOENINGSBERGER et al. (1973), a luz natural também é proporcionada pelo sol, porém sua aparência, distribuição e quantificação estão condicionadas à predominância da constituição atmosférica da abóbada celeste, que pode variar de clara a encoberta.

A luz natural é um recurso gratuito e inesgotável que apresenta vantagens significativas – como economia de energia, maior qualidade da luz e do ambiente, contato com o exterior, além de benefícios físicos e psicológicos aos usuários – por isso, deve ser bem explorada (PEREIRA, 1998).

De acordo com MAGALHÃES (1995), as variáveis que interferem no projeto de iluminação natural são:

- a) Condicionantes locais: clima, orientação, época do ano e dia;
- b) Implantação da edificação: influência do entorno natural ou edificado;
- c) Forma, tamanho e localização das janelas;
- d) Dimensões dos compartimentos;
- e) Elementos externos próximos.

A luz natural tem muita influência na qualidade de vida dos ambientes internos (ROBBINS, 1986). Devido às suas características direcionais, contribui para a orientação espacial e temporal; possui fonte de espectro completo e excelente reprodução de cor; e pode compensar a necessidade da luz elétrica, podendo ser considerada como uma estratégia para conservação de energia.

Portanto, a utilização da luz natural como fonte de iluminação em residências e edifícios comerciais deve ser bem estudada pelos projetistas, devendo-se observar todas as necessidades do projeto, ponderando-as de acordo com sua importância (MOORE, 1991). No entanto, não se pode esquecer de tratar outras variáveis, tais como, as condições térmicas, o uso de protetores solares e um bom projeto de iluminação artificial (CABÚS, 2002).

2.3 FONTES DE LUZ NATURAL

É possível caracterizar as fontes de luz como luz direta do sol, luz difusa do céu e luz refletida no entorno, explicadas a seguir:

2.3.1 Luz direta do sol

A luz natural proveniente do sol é um elemento climático que necessita ser trabalhado por meio de soluções arquitetônicas do edifício, pois ela não atinge uniformemente todos os pontos de um ambiente, nem o ilumina com a quantidade de luz necessária para as mais diversas tarefas a serem realizadas nele (VIANNA e GONÇALVES, 2001; HOPKINSON et al., 1975).

Ao utilizar a luz do sol como fonte iluminação de um ambiente, deve-se ter em mente suas vantagens e desvantagens, pois o excesso de luz pode causar tanto o desconforto físico, quanto o psicológico dos ocupantes. Isso se dá devido ao alto conteúdo energético da luz solar (luz + calor), que geralmente é excluído do ambiente construído, devido ao desconforto térmico (superaquecimento), luminoso (ofuscamento) e a integridade física dos materiais (PEREIRA, 1993).

As condições explicitadas acima justificam a utilização da luz solar de forma indireta. Portanto, ao identificar o local no ambiente em que a iluminação é desejada, deve-se, a partir desse ponto, localizar as melhores superfícies para a reflexão da luz externa. Para aperfeiçoar esse direcionamento, existem algumas recomendações que devem ser seguidas (LAM, 1986):

- a) Utilizar altas refletâncias no teto, que devem ser mais simples, altos e sem muitas articulações, pois quanto mais simples melhor a distribuição de luz;

- b) Maximizar a refletância das superfícies que recebem luz direta do sol, para um melhor redirecionamento da luz para o teto;
- c) Para não haver ofuscamento, deve-se direcionar o plano de reflexão da luz direta, de forma a evitar o nível dos olhos.

Para a elaboração dos projetos, além dessas recomendações, os profissionais devem conhecer a geometria solar local, pois existe uma grande variação da luz solar e disponibilidade de iluminação natural ao longo do dia e do ano.

2.3.2 Luz difusa do céu

De acordo com MOORE (1991), os níveis de iluminação provenientes da abóbada celeste podem variar de 5.000 a 20.000 lux, números consideravelmente menores do que os produzidos pela luz solar direta.

Em 1997, KITTLER et al. propuseram 15 distribuições de céus que foram adotadas pela Commission Internationale De L'eclairage – CIE (2002). Dentre essas distribuições, CABÚS (2002), aplicando para Maceió um método simplificado proposto por ele², propõe a escolha de três tipos de céu para a região: o céu uniforme (CIE 5), o céu parcialmente nublado (CIE 10) e o céu claro (CIE 14).

No céu uniforme, não há luz solar direta atingindo o solo, e a luz do céu é difundida uniformemente através das nuvens, de modo que o padrão de iluminância do céu é visualmente simétrico com relação ao zênite (LYNES, 1968; PEREIRA, 1995). Essa distribuição permanece constante ao longo do dia, porém a iluminância absoluta do céu varia com a altura do sol (MOORE, 1991). A abóbada apresenta-se como uma fonte de iluminação na cor cinza brilhante e apresenta mais brilho ao meio dia solar.

O céu parcialmente nublado é uma combinação de céu claro, de fundo, com nuvens sobrepostas a ele. De acordo com CABÚS (2002), é a forma mais comum em locais de clima quente e úmido, onde a incidência da radiação solar direta se dá de diversos modos diferentes, no decorrer do dia e do ano, para cada fachada da edificação. A padronização da intensidade de sua iluminância é a maior dificuldade para esse tipo de céu, pois, como já foi dito, ela varia

² O autor do método simplificado ressalva que essa metodologia foi baseada numa amostra restrita. Portanto, seu resultado pode ser modificado se utilizado numa amostra mais significativa.

ao longo das horas e pode apresentar-se muito diferente de um dia para o outro, dependendo da quantidade de nuvens formadas na atmosfera (MOORE, 1991).

Já o céu claro se caracteriza pela baixa nebulosidade. A presença pontual da luz do Sol faz com que a iluminação seja variável ao longo do dia, tanto na distribuição quanto na intensidade.

2.3.3 Luz refletida no entorno

Para que a presença da luz solar no interior dos ambientes não se torne incômoda (superaquecimento e ofuscamento) e para que a iluminação seja distribuída de maneira mais uniforme, são utilizados elementos de proteção a fim de refletir ou difundir essa luz.

De acordo com CABÚS (2004), o uso desses elementos de proteção solar nas regiões tropicais reduz a captação da luz natural a partir da abóbada celeste, além de proteger contra os raios diretos do sol. Nesses casos, a luz do sol, refletida difusamente nas superfícies externas, pode se tornar uma importante fonte de iluminação.

Existem dois tipos principais de luz refletida no entorno: a luz refletida no solo e a luz refletida nas obstruções, ambos exemplificados a seguir.

LAM (1986) trata da luz solar refletida no solo para edificações localizadas em baixas latitudes e durante o verão; TREGENZA (1995) apresenta um estudo onde permite o cálculo da componente refletida no solo por método simplificado na iluminação média do plano de trabalho e de outras superfícies; mais recentemente, CABÚS (2002, 2004 e 2005) apresenta estudos específicos sobre a influência da luz refletida no solo tropical, afirmando que a parcela de luz refletida pelo solo é significativa em relação à luz do sol refletida difusamente nas superfícies externas.

O estudo mais recente sobre a luz refletida no entorno foi elaborado por ARAÚJO (2006), onde foi analisada a influência do entorno construído e da luz refletida para a iluminação natural de edificações no trópico úmido, avaliando a eficácia do parâmetro fator de céu, a influência da orientação da abertura e a contribuição percentual da luz refletida pelo entorno.

Então, pode-se dizer que a luz natural refletida no entorno influencia na quantidade da iluminação interna dos ambientes. Portanto, as soluções arquitetônicas do edifício como fontes indiretas de luz devem ser estudadas de forma criteriosa, assim como sua implantação no terreno e revestimento da área externa.

2.4 PROPRIEDADES DE CONTROLE DA LUZ

Para que seja possível um bom projeto de iluminação natural, deve-se conhecer o movimento e os principais mecanismos de manipulação da luz solar, além das propriedades físicas dos materiais internos e externos do ambiente.

Abaixo segue uma explicação dos principais tipos de controle da luz solar:

- a) Reflexão: a reflexão da luz é de forma especular quando mantém a aparência, a direcionalidade e o tamanho da fonte original; e é dita difusa quando o ângulo de reflexão independe do ângulo de incidência (ver Figura 7, a, b e c). Num ambiente interno, levando em consideração a luz solar, pode-se dizer que o uso de superfícies especulares seria bom como refletores primários, para refletir a luz do sol para dentro da sala, e a utilização de superfícies difusas (teto), para distribuir a luz no espaço interno;

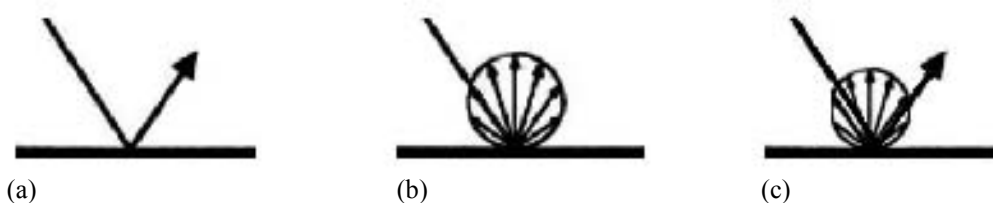


Figura 7: Reflexão especular (a), reflexão difusa (b) e reflexão mista (c).

Fonte: BAKER et al., 1993.

- b) Transmissão: dá-se através de superfícies não opacas. É obtida em função do ângulo de incidência da luz e das características difusoras do material (ver Figura 8, a, b e c). Num projeto, seria ideal um material que transmitisse a maior parte da luz visível e não permitisse a transmissão dos raios ultravioleta e infravermelhos do espectro solar.



(a) (b) (c)
Figura 8: Transmissão especular (a), transmissão difusa (b) e transmissão mista (c)
Fonte: BAKER et al., 1993.

2.5 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

O conhecimento do comportamento da luz natural é de grande importância na elaboração de um projeto arquitetônico. Seu uso gera a necessidade de estudos integrados de qualidade visual, controle de ofuscamento e reflexos, níveis de contraste, reprodução de cores, uso correto de materiais e conhecimento de suas propriedades, junto à necessidade da complementação com a iluminação artificial, requisitos térmicos e interações com o meio externo.

De acordo com ROBBINS (1986), o objetivo de um sistema de iluminação natural, semelhante a qualquer outro sistema de iluminação, é prover as edificações de certa quantidade de luz onde houver necessidade, bem como provocar um bom desempenho visual no ambiente interno. Para tanto, muitas vezes é necessária a elaboração de elementos que colaborem com o desempenho das aberturas.

Esses elementos são concebidos para melhorar a luz natural, quando ela é necessária, ou obstruí-la, quando for indesejável, de acordo com o uso do espaço, situação geográfica, altitude, cultura, clima, necessidade de evitar o ganho térmico que advém da iluminação excessiva, dentre outros aspectos.

Segundo ROBBINS (1986), existem sete critérios de iluminação: lateral, zenital, inclinada, com luz direta do sol, indireta, por espaços de transição e suas combinações. A seguir têm-se uma descrição dos sistemas mais utilizados:

2.5.1 Aberturas laterais

A iluminação lateral tem como característica a distribuição da luz solar de forma desigual no plano de trabalho, o que é indesejável em ambientes como salas de aula ou escritórios. O uso de elementos de redirecionamento da luz do sol pode minimizar esses efeitos e melhorar a uniformidade luminosa (ARAÚJO, CAVALCANTE e CABÚS, 2005).

Os componentes de passagem de luz lateral são as janelas, as portas em terraços, paredes translúcidas e cortinas de vidro (ver Figuras 9, a e b; 10 a e b; e, 11, a e b). A utilização correta dessas aberturas possibilita que trocas térmicas, luminosas e visuais entre o interior e o exterior do edifício aconteçam de modo a privilegiar o conforto físico e o psicológico do usuário.



(a)



(b)

Figura 9: Exemplos de janela de madeira no quarto(a) e de madeira com vidro na sala de jantar(b) de uma residência em Maceió-AL.

Fonte: Arquivo pessoal da autora.



(a)



(b)

Figura 10: Exemplo de porta em terraço numa residência em Maceió-AL, vista externa (a) e vista interna (b).

Fonte: Arquivo pessoal da autora.



(a)



(b)

Figura 11: Parede translúcida (a) e pele de vidro no Edif. Ocean Tower (b)

Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/institucional/inst73/inst73.gif> (a) e arquivo pessoal da autora (b).

Além da iluminação natural, as aberturas laterais também são responsáveis por grande parte das trocas de ar no interior dos ambientes (BITTENCOURT, 1995). De acordo com GIVONI (1982), a ventilação depende: do tamanho e da orientação das aberturas em relação à ventilação dominante; da existência de ventilação cruzada nos ambientes; das subdivisões dos espaços internos; e da existência de dispositivos de filtragem.

Por outro lado, sempre se deve ter em mente que o calor e a luz se propagam juntos, fazendo com que a utilização da luz solar seja tratada como um problema e não como uma oportunidade de uso (MOORE, 1991). De acordo com esse parâmetro, o projeto das aberturas depende do desejo das pessoas pela luz do sol. Sua admissão, quando existe necessidade de aquecimento, e sua exclusão, para evitar o superaquecimento, ofuscamento e desgastes dos materiais.

Porém, não basta conhecer as finalidades das aberturas para que seu uso seja feito da maneira correta. Existem outros parâmetros de geometria e execução que devem ser levados em consideração no momento da realização do projeto. Esses dizem respeito às posições relativas das janelas nas paredes que as contêm, assim como seu formato e dimensões em relação à profundidade da sala.

De acordo com BITTENCOURT et al. (1995), a dimensão das aberturas é o fator que mais exerce influência nos níveis de iluminação natural. Quanto à localização, afirmam que, para uma mesma área aberta, a eficiência se torna melhor se a mesma for distribuída uniformemente em várias janelas, independentemente da forma que elas possuam, e que as janelas altas produzem uma melhor distribuição do fluxo luminoso, reduzindo os níveis de iluminação natural nas regiões mais próximas às aberturas e aumentando nas regiões mais afastadas.

2.5.2 Aberturas zenitais

A iluminação zenital é aquela onde a luz natural penetra no ambiente através de aberturas situadas no teto (ROBBINS, 1986). Segundo LAM (1986), existem diversos edifícios com estas características no Norte da Europa, onde o céu é predominantemente nublado e é necessária a utilização da luz difusa como fonte dominante ou principal.

Uma das principais características da iluminação zenital é proporcionar uma iluminação uniforme, além de atingir áreas não iluminadas pelas aberturas laterais em ambientes mais profundos (LAM, 1986; ROBBINS, 1986; MOORE 1991; e ENERGY RESEARCH GROUP, 1994). Segundo ROBBINS (1986), esse tipo de iluminação possui maior facilidade de integração com a iluminação artificial, pois ambas chegam ao plano de trabalho a partir do teto. O aumento no número dessas aberturas melhora o desempenho do ambiente em relação à distribuição de iluminâncias (CABÚS e PEREIRA, 1997).

Em relação às desvantagens, tem-se a questão do aquecimento interno por meio da radiação adquirida pela cobertura, que, de acordo com MASCARÓ; MASCARÓ (1992), pode ser minimizado mediante um projeto eficiente. A seguir, alguns exemplos das aberturas zenitais:

- a) Clarabóia: é uma abertura vertical ou inclinada construída no teto que permite a entrada zenital da luz no ambiente, evitando a radiação solar direta (ver Figura 12), podendo proporcionar um aumento na uniformidade da iluminação natural obtida, além de elevar a iluminância no interior do ambiente (BITTENCOURT e BATISTA, 2003);



Figura 12: Exemplo de clarabóia no almorxarifado do Núcleo de Desenvolvimento Infantil da UFAL.
Fonte: Arquivo pessoal da autora.

- b) Dente-de-serra: seu uso é comum em fábricas e ambientes com grandes vãos. Caracterizam-se por aberturas sucessivas e paralelas verticais ou inclinadas, com cobertura inclinada na orientação oposta (ver Figura 13, a e b);



(a)



(b)

**Figura 13: Exemplo de cobertura dente-de-serra, Carnes&Verdes, Macció-AL.
Vista geral (a) e vista aproximada da cobertura (b).**

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

- c) Teto transparente: abertura horizontal coberta por material translúcido, com a finalidade de separar o ambiente interno do ambiente externo (ver Figura 14). Seu uso não é adequado nos trópicos, devido à grande quantidade de calor que transmite;



Figura 14: Exemplo de teto transparente.

Fonte: BAKER et al. (1993)

- d) Domo: é caracterizado por uma abertura formada por superfície hemisférica, podendo ser construído com material opaco com perfurações ou com material translúcido (ver Figura 15, a e b);



(a)



(b)

Figura 15: Exemplo de domo opaco com perfurações (a) e domo translúcido, localizado no Hotel Meliá, Panamá (b).

Fonte: BAKER et al., 1993 e http://www.daylighting-solutions.com/images/la_doma.jpg

- e) Lanternim: caracteriza-se por uma elevação geralmente na parte mais alta do telhado (ver Figura 16, a e b).



(a)



(b)

Figura 16: Exemplo de lanternim numa residência em Maceió-AL, vista externa (a) e vista interna (b).

Fonte: Arquivo pessoal da autora

2.5.3 Espaços de transição

São espaços intermediários, por onde a luz passa antes de chegar aos ambientes internos. A seguir, alguns exemplos dos mais comuns de acordo com BAKER (1993):

- a) Pátios: espaço aberto para o céu, cercado por prédios ou muros, normalmente um local público onde as pessoas circulam livremente. O pátio pode ser cercado por vários volumes pertencentes a um condomínio ou por edifícios independentes dispostos em torno dele (LAM, 1986);



Figura 17: Exemplo de pátio no prédio da reitoria da UFAL.

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

- b) Átrios: ambiente central de um edifício, fechado no topo com material translúcido ou transparente (ver Figura 18), com característica de seu uso ser mais voltado para as funções de edifício (LAM, 1986). Podem ser cobertos por elementos que captam a luz

zenital e a distribuem para os diversos níveis, causando efeito estufa pelo aquecimento do ar. Sua eficiência luminosa é em função da largura do vão e da quantidade de pavimentos. De acordo com LEMES e PEREIRA (2003/2005), seu uso tem crescido muito nos últimos anos e diversos estudos têm sido realizados, a fim de aumentar a exploração da luz natural nas estruturas do átrio, no sentido de obter uma melhor uniformidade luminosa e uma redução no consumo final de energia da edificação.



Figura 18: Atrio Central Plaza Las Américas,
Fonte: www.plazalasalamericas.net

2.6 ELEMENTOS DE CONTROLE E REDIRECIONAMENTO DA LUZ

São elementos que funcionam como filtros e barreiras, que protegem os componentes de passagem ou de condução da quantidade ou direção indesejada da luz, pois nem toda luz que incide na edificação deve passar para o meio interno. Esses dispositivos têm que ser bem especificados no projeto, pois, caso contrário, irão interferir de forma significativa no rendimento da iluminação (BASSO, 1997). Já foram tema de diversos estudos e grande parte deles prova a importância desses elementos para a implementação do uso da iluminação natural. A seguir alguns exemplos das pesquisas já realizadas nessa área.

Em 1997, CORRÊA fez um estudo do desempenho luminoso de salas de aula com o uso da iluminação zenital; nesse mesmo ano, BASSO publicou uma avaliação do desempenho de sistemas de controle de insolação e sua interferência na iluminação natural. No ano de 2001, GRAZIANO JR. realizou um estudo sobre o redirecionamento da luz natural, utilizando elementos do tipo prateleiras de luz. Em 2003, BITTENCOURT e BATISTA estudaram o efeito de dutos de luz verticais na iluminação natural de ambientes escolares; ainda, em 2003, LEMES e PEREIRA pesquisaram sobre a influência da configuração dos átrios na iluminação

de espaços adjacentes. ARAÚJO et al., seguiram esta linha de estudos em 2005, quando pesquisaram sobre a influência de prateleira de luz sobre marquise na uniformidade da iluminação natural em interiores.

Segundo BAKER et al (1993), alguns destes elementos são: separadores convencionais, cortinas, persianas internas, cobogós, toldos, venezianas, brises, marquises, beirais e prateleiras de luz.

2.6.1 Separadores convencionais

São os vidros e os policarbonatos, transparentes ou translúcidos. Segundo MACEDO (2002), o vidro é, sem dúvida alguma, o material mais importante para ser utilizado no controle seletivo. Permite o contato visual entre o interior e o exterior, assim como a entrada de luz, ao mesmo tempo em que impede a entrada da chuva, de insetos e de poeira. Como desvantagens, têm-se a perda de privacidade, a associação da luz ao calor (efeito estufa) e, dependendo da espessura, pouco isolamento térmico e acústico. De acordo com MAGALHÃES (1993), ao se projetar um ambiente onde se deseja utilizar os recursos da luz natural, a escolha do vidro a ser empregado deve levar em conta várias características para que este cumpra sua função no controle da luz.

2.6.2 Cortinas

São instaladas do lado interno do ambiente e compostas de materiais flexíveis. Podem ser movimentadas, liberando a visão e a admissão da radiação solar (ver Figura 19, a e b).

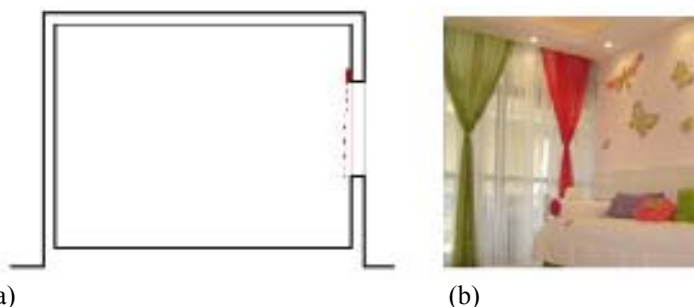


Figura 19: Corte esquemático (a) e exemplo de cortina em quarto infantil (b).
Fonte: Arquivo pessoal da autora

2.6.3 Persianas internas

São elementos compostos por lâminas paralelas, dispostas de forma horizontal ou vertical, possibilitando a regulagem da inclinação das lâminas em função da necessidade de ventilação, iluminação, visão e controle de ofuscamento (Figura 20, a e b).

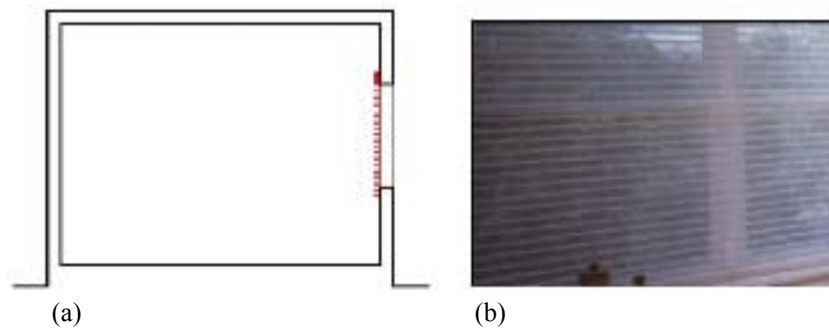


Figura 20: Corte esquemático (a) e exemplo de persiana(b).
Fonte: Arquivo pessoal da autora

2.6.4 Cobogós

São elementos planos e vazados regularmente, que permitem o controle da radiação solar e regulagem da admissão da luz natural, protegendo o ambiente interno contra a visão externa, permitindo a ventilação permanente (ver Figura 21, a, b e c).



Figura 21: Corte esquemático (a) e exemplo de elemento vazado no Prédio de Física da UFAL, vista externa (b) e vista interna (c).
Fonte: Arquivo pessoal da autora

2.6.5 Toldos

São elementos flexíveis opacos ou difusores, localizados do lado de fora dos componentes de passagem, protegendo-os da radiação solar direta. Na maior parte dos casos, são móveis (ver Figura 22, a e b).

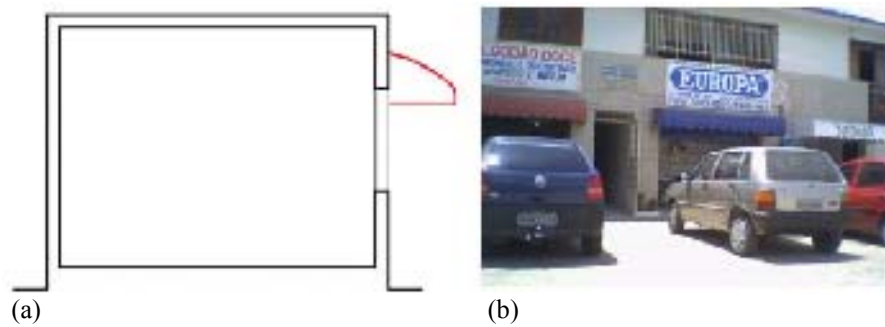


Figura 22: Corte esquemático (a) e exemplo de toldo em edifício comercial(b).

Fonte: Arquivo pessoal da autora

2.6.6 Venezianas

São elementos compostos por lâminas paralelas externas,dispostas de forma horizontal ou vertical, dependendo da sua orientação. Podem ser fixas ou móveis (ver Figura 23, a e b).

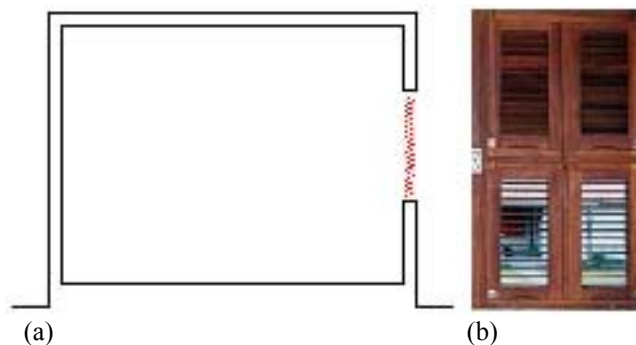


Figura 23: Corte esquemático (a) e exemplo de veneziana (b).

Fonte: Arquivo pessoal da autora

2.6.7 Brises

São elementos externos verticais, horizontais ou mistos que podem ser fixos ou móveis. A definição do tipo de brise a ser projetado vai variar, dentre alguns fatores, como: eficiência da proteção, plasticidade, privacidade, luminosidade, ventilação, visibilidade (BITTENCOURT, 1996). Proporcionam sombreamento de abertura e promovem um melhor aproveitamento ou redirecionamento da luz (ver Figura 24, a, b e c).

Segundo MARAGNO (2001), surgiram como resposta às transformações arquitetônicas introduzidas pelas novas possibilidades tecnológicas e pelos conceitos da arquitetura moderna, permitindo a iluminação natural e a integração visual do interior com o exterior, ao mesmo tempo em que evita a incidência direta dos raios solares e os ganhos térmicos ocasionados por ela.

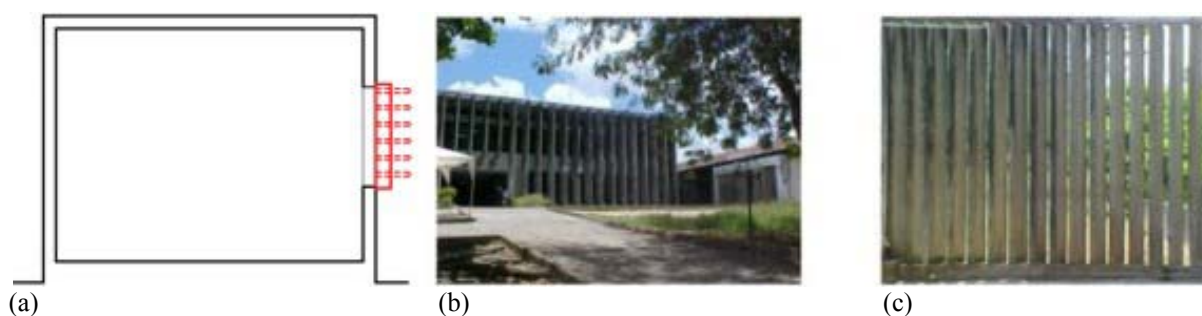


Figura 24: Corte esquemático (a) e exemplo de brise na Biblioteca da UFAL, vista externa (b) e vista interna (c).

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

2.6.8 Marquises

Constituem parte da edificação e se localizam acima das aberturas. Interceptam a radiação solar direta e, por conseqüência, reduzem os níveis de iluminação internos. São bastante utilizados no trópico úmido (ver Figura 25, a e b).

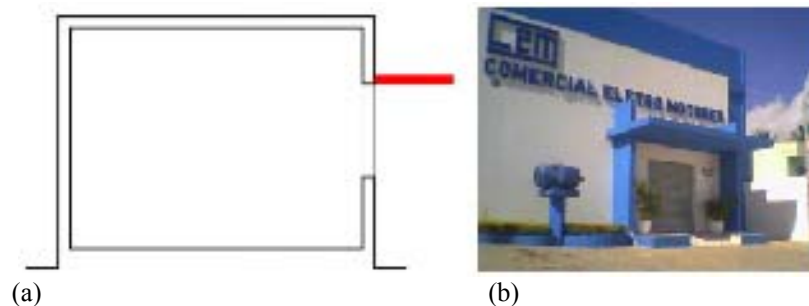


Figura 25: Corte esquemático (a) e exemplo de marquise (b).
 Fonte: Arquivo pessoal da autora.

2.6.9 Beirais

São extensões do telhado utilizadas para interceptar a radiação solar direta (ver Figura 26, a e b). Segundo ARAÚJO, CAVALCANTE e CABÚS (2005), são bastante utilizados no trópico úmido, devido às chuvas freqüentes, que geram a necessidade de proteção da fachada e aberturas.

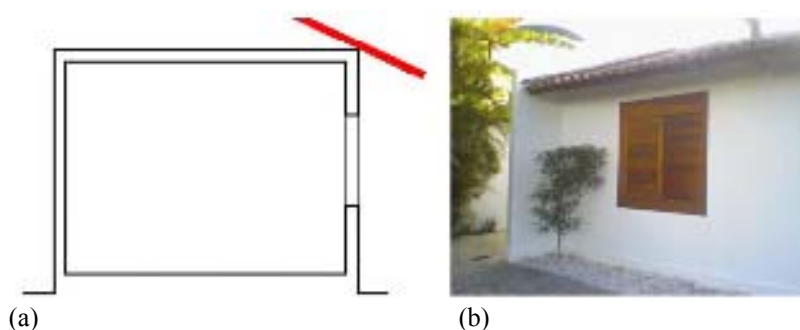


Figura 26: Corte esquemático (a) e exemplo de beirais (b).
 Fonte: Arquivo pessoal da autora

2.6.10 Prateleiras de luz

São elementos horizontais que se localizam um pouco abaixo da bandeira do componente de passagem. Bloqueiam parte considerável da insolação e redirecionam o fluxo luminoso para o teto, que distribui a luz difusa para as áreas mais distantes da abertura e, conseqüentemente, melhoram a uniformidade luminosa da sala (ver Figura 27, a e b). Porém, é importante salientar que, no caso apresentado abaixo, a função da prateleira de luz foi praticamente anulada por meio da veneziana horizontal que foi inserida na porção superior da janela.

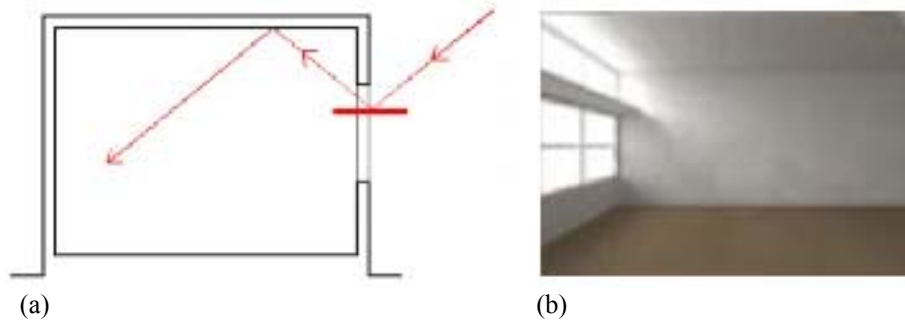


Figura 27: Corte esquemático (a) e exemplo de uma prateleira de luz localizada no Centro de Pesquisas Multidisciplinar da UFAL (b).

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

De acordo com estudos anteriores sobre prateleiras de luz (BURT, 1984; LAM, 1986; PEREIRA, 1993 e 1995; BELTRAN, 1997 e GRAZIANO JUNIOR, 2000), pode-se afirmar que suas principais características são:

- a) Redução ou até possível eliminação do ofuscamento causado pela janela, dispensando outros tipos de elementos de controle;
- b) Permissão de contato com o exterior, pois se situam acima da linha de visão;
- c) Possibilidade de ser um elemento dinâmico, variando o ângulo de inclinação de acordo com o clima, insolação, latitude, altitudes e trajetória solar do lugar em que serão implantadas;
- d) Custo da execução compensado pela redução na sua manutenção e durabilidade.

Ou seja, alteram o desempenho da abertura em relação à distribuição da luz natural no ambiente (GRAZIANO JUNIOR, 2000), promovendo um sombreamento sem perturbar a visão do exterior (MAGALHÃES, 1997 e MAJOROS, 1998) diminuindo os níveis de iluminação natural e melhorando a uniformidade luminosa no interior dos ambientes (ARAÚJO et al., 2005).

2.6.11 Dutos de luz

Dutos de luz é o recurso utilizado para proporcionar luz natural aos espaços que não são usados por grandes períodos de permanência, como os banheiros. Algumas vezes, são utilizados para iluminação de cozinhas, áreas de serviços e outros ambientes, porém, pelo seu dimensionamento, nem sempre os níveis de iluminação e ventilação são satisfatórios.

2.7 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Neste estudo, a iluminação artificial será tratada como uma complementação da iluminação natural, pois, segundo TREGENZA (1993) e GIRARDIN (1994), o uso da luz natural não exclui a necessidade global do emprego da luz artificial, além de promover a necessidade de um sistema integrado entre esses dois tipos de iluminação.

A utilização da luz artificial como suplemento da luz solar faz com que a iluminação chegue aos locais mais distantes das aberturas, além de manter seu nível adequado durante o decorrer das horas, independentemente das variações que ocorrem com a luz do dia.

NETO (1980) ressalta que a iluminação artificial é aquela que se obtida com fontes artificiais (lâmpadas) transformadoras de energia elétrica em luz e que a grande vantagem desse tipo de iluminação é permitir o desenvolvimento dos trabalhos sem limitações de horário, podendo estender-se durante a noite.

Na iluminação com luz artificial, dois fatores exercem grande importância:

- a) Qualidade de iluminação: escolha do tipo adequado de lâmpada, sua distribuição e localização, visando à obtenção de uma boa uniformidade luminosa, assim como a orientação do feixe de luz;
- b) Quantidade de luz: refere-se aos níveis de iluminamento, que devem permitir a realização da tarefa visual com o máximo de exatidão, rapidez, facilidade e comodidade do usuário.

A NBR 5413/1992 determina os níveis de iluminância recomendados para iluminação artificial para diferentes tarefas (ver Tabela 1).

Tabela 1: Níveis de iluminância, segundo a NBR 5413/1992

CLASSE	TAREFA VISUAL	LUX
A Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou com tarefas visuais simples	Áreas públicas com arredores escuros	20-30-50
	Orientação simples para permanência curta	50-75-100
	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos	100-150-200
	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios	200-300-500

B Iluminação geral para área de trabalho	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios	500-750-1000
	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.	1000-1500-2000
C Iluminação adicional para tarefas visuais	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno	2000-3000-5000
	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica	5000-7500-10000
	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia	10000-15000-20000
Nota: As classes, bem como os tipos de atividade não são rígidos quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério do projetista avançar ou não nos valores das classes/tipos de atividade adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.		

Fonte: NBR 5413/1992

Conforme GRANDJEAN (1991), a intensidade da iluminação, a uniformidade local das densidades luminosas, a uniformidade temporal da luz e o arranjo isento de ofuscamento das luminárias são condições de grande importância para o desempenho e conforto visual dos ambientes.

Para que se possa obter uma condição confortável para a vista, evitando-se a fadiga visual responsável por grande parte da queda de produção nos escritórios, é necessário levar em consideração diversos fatores, que incluem não só a quantidade de luz, mas também o tipo de lâmpada, a disposição das luminárias, dos móveis, dos computadores e dos demais elementos funcionais ou decorativos. Abaixo, seguem três aspectos que devem ser bem atendidos num ambiente de trabalho:

- a) Bom desempenho da visão: diminuição de erros e melhoria da qualidade do trabalho, além de contribuir para o bem estar psíquico dos ocupantes e redução de acidentes;
- b) Economia na execução: dimensionamento correto e escolha adequada do tipo de iluminação e da fonte a ser usada;
- c) Facilidade de manutenção.

2.8 TENDÊNCIAS DA ILUMINAÇÃO

Segundo BORMANN (2003), existem duas tendências em relação à iluminação dos ambientes: a primeira diz respeito à produção e disponibilização de lâmpadas com maior rendimento luminoso (mais iluminância por potência instalada de iluminação) e a segunda, ao

uso crescente do conceito da iluminação natural. De acordo com o objetivo geral do trabalho, a segunda tendência será mais explicitada neste tópico.

TREGENZA (1993) ressalta que o uso da luz natural não exclui a necessidade global do emprego da luz artificial, afirmando a necessidade de um sistema integrando a luz artificial à luz natural. Esse uso conjugado da luz natural e artificial pode contribuir tanto para a economia dos recursos energéticos quanto para o aumento da satisfação dos usuários (CISBE, 1994).

O uso da iluminação natural deve ser incentivado e seus níveis melhorados através de controles de ofuscamento, elementos de redirecionamento, dimensões adequadas das aberturas, limpeza e manutenção dos vidros, e outros (GRAZIANO JUNIOR, 2000).

O uso da iluminação artificial, sempre que possível, deve ser utilizado apenas como complemento da iluminação natural, pois, os projetos que priorizam a iluminação natural trarão economia de energia para as edificações, podendo ocorrer de duas maneiras distintas (OPDAL e BREKKE, 1995):

- a) Economia direta com a redução da potência da luz artificial necessária;
- b) Geração de menos quantidade de calor no ambiente, por parte da luz natural, reduzindo a necessidade de resfriamento.

2.9 FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DA LUZ NATURAL

Para o estudo da iluminação natural, existe a necessidade de utilizar uma metodologia que considere a complexidade das inter-reflexões e das múltiplas interações das superfícies e que possam trazer respostas quantitativas, com relativa rapidez, nos resultados ao fazer alterações das variáveis (GRAZIANO JUNIOR, 2000).

Diversas estratégias de projeto devem ser estudadas, a fim de conseguir níveis e uniformidade satisfatórios de iluminamento nos ambientes internos por meio da iluminação natural.

Uma adequada localização, forma e tamanho das aberturas pode:

- a) Fornecer um ambiente luminoso interno que atenda às exigências de conforto visual e, como consequência, aumente a produtividade;

- b) Reduzir a demanda de energia para a iluminação artificial;
- c) Reduzir as cargas de resfriamento devido ao uso da ventilação natural.

Porém, algumas vezes, a sensibilidade do projetista não é suficiente para alcançar os parâmetros desejados e é por esse motivo que eles necessitam de ferramentas que simulem ou quantifiquem suas escolhas. No caso da luz natural, o conceito de “exatidão” envolve muitos aspectos que, segundo BAKER et al. (1993), pode ser agrupados em duas categorias:

- a) Desempenho ambiental: qualidade do ambiente luminoso do ponto de vista das reações humanas;
- b) Desempenho energético: necessidades de consumo de energia não renovável, para garantir condições confortáveis para os ocupantes.

Algumas das ferramentas mais utilizadas em estudos de iluminação natural são os modelos em escala reduzida, as ferramentas simplificadas e os códigos computacionais.

2.9.1 Modelos em escala reduzida

Os arquitetos utilizam modelos de escala reduzida ou maquetes há séculos para o estudo de vários aspectos do projeto e construção dos edifícios. Esses modelos seduzem os profissionais e proprietários, pois é possível ver a solução e testar os resultados de algo que ainda não foi construído de forma concreta e mensurável (ver Figura 28, a e b).



(a)



(b)

Figura 28: Exemplo de maquete (a) e simulação, utilizando um heliodon, localizado na UFAL (b).

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

De acordo com LITTLEFAIR (1989), o uso desse tipo de modelo é indicado quando:

- a) A edificação tem geometria complexa;
- b) O impacto visual no interior do ambiente necessita ser avaliado diretamente;
- c) A entrada da luz no ambiente ocorre de maneira incomum;
- d) Os modelos computacionais ou outros métodos de cálculo precisam passar por validação.

Ao contrário do modelo térmico, acústico e estrutural, sabe-se que o modelo físico para o estudo da iluminação não requer nenhuma correção de escala (MOORE, 1991 e BEKER et al., 1993). Isso ocorre porque a luz reflete nas superfícies internas do modelo da mesma forma que no espaço real. Salas que são reduzidas na sua geometria fornecem a mesma quantidade e qualidade de iluminação natural, caso as cores usadas nas maquetes sejam as mesmas utilizadas na sala real. Assim a impressão visual do modelo será a mesma do caso real. O uso do modelo reduzido para estudos de iluminação natural oferece uma série de vantagens:

- a) É uma ferramenta de projeto simples que pode ser facilmente compreendida pelos projetistas e proprietários;
- b) A edificação pode possuir geometria complexa (BAKER et al., 1993);
- c) Permite estudos precisos de opções de projeto e variações na composição espacial, no uso da cor e na ambientação dos ambientes internos;
- d) Fornece dados qualitativos das observações fotográficas e visuais e quantitativos da iluminação no espaço (ROBBINS, 1986), podem ser realizadas medições para determinar os níveis de iluminamento da luz natural;
- e) É um artifício importante para o convencimento do cliente quanto à necessidade do uso dos dispositivos, facilitando a visualização da relação custo/benefício da proposta para o ambiente a ser construído (SOUZA e VALADARES, 1995).

E algumas desvantagens:

- a) A iluminação elétrica não pode ser integrada em modelos de escala para uma análise quantitativa. A integração entre a iluminação natural e a iluminação artificial só pode ser testada em salas-modelo de tamanho real;

- b) A validação desse método mostra que os resultados são, geralmente, maiores que os níveis reais de iluminância (CANNON-BROOKES, 1997).

No entanto, para conseguir resultados confiáveis, é necessária a construção de modelos com um alto grau de detalhamento e, conseqüentemente, um custo elevado de execução. Abaixo seguem alguns cuidados que devem ser tomados durante a elaboração de um modelo:

- a) Acabamento das superfícies com a máxima fidelidade à realidade;
- b) Não deve existir vazamento de luz nas junções dos materiais utilizados;
- c) Alguns materiais devem ser pintados para não serem translúcidos;
- d) As aberturas envidraçadas devem receber materiais transparentes na mesma proporção que o tamanho real;
- e) Devem existir orifícios em locais adequados para inserção da lente da câmera fotográfica e esses, devem ser protegidos, para que não ocorram vazamentos de luz.

2.9.2 Ferramentas simplificadas

Com esse método, é possível a obtenção de resultados rápidos e aproximados no que diz respeito à iluminação natural, porém seu uso é mais adequado ao estudo da componente direta (componente do céu e componente refletida externamente) que da componente indireta (componente refletida internamente) da luz. Por esse motivo, é apropriado o cálculo dessas duas partes, usando-se dois procedimentos diferentes. Esses modelos podem ser obtidos por:

- a) Métodos matemáticos: tratam de dados importantes como ângulo de incidência, horário e parcela de céu visível. Tornam-se inviáveis ao se tratar de inter-reflexão das superfícies, como a parcela do entorno, múltiplas reflexões entre as paredes, piso e teto.
- b) Métodos gráficos: consideram a geometria da iluminação. Determinam a parcela de visibilidade da abóbada celeste e os ângulos de obstrução, porém deixam a desejar em condições mais complexas, como, por exemplo, as interferências de umas superfícies nas outras. Como exemplo, tem-se o diagrama de ponto, na Figura 29 a. É mostrado o corte esquemático de uma edificação com abertura zenital, inicialmente, desenha-se

uma máscara de sombra (ver Figura 29b) e, em seguida, é feita a sobreposição da máscara de sombra com o diagrama de pontos (ver Figura 29, c e d). Contando-se o número de pontos disponíveis, é possível a obtenção da componente difusa multiplicando este valor por 0,1% da iluminância externa no plano horizontal;

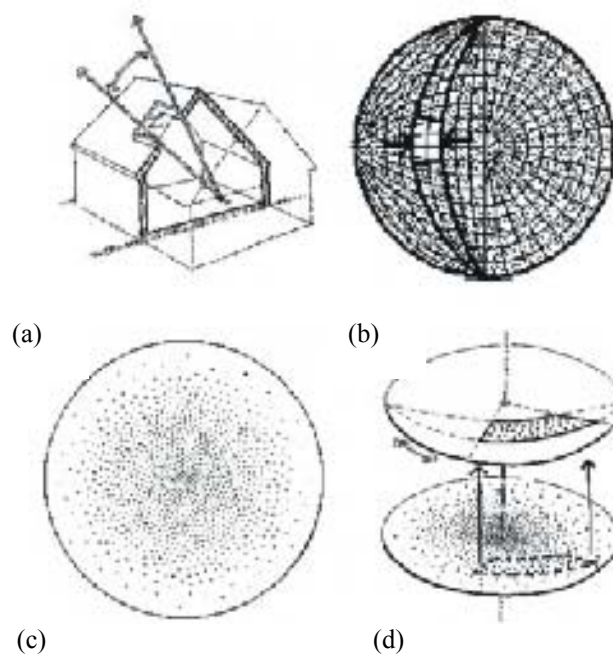


Figura 29: Exemplo de simulação com o método gráfico, onde se vêem, respectivamente: corte de uma edificação com abertura zenital (a), transferido (b), diagrama de pontos para o céu encoberto (c) e sobreposição da máscara de sombra com o diagrama de pontos (d).

Fonte: MOORE (1991)

Um das desvantagens dessa ferramenta é a redução da precisão nos resultados; porém, por outro lado, existe uma economia de tempo. De acordo com WILKINSON et al.(1992), esse método é adequado para uma análise rápida da iluminância na fase de anteprojecto, ou até uma situação onde as hipóteses assumidas são adequadas àquelas estabelecidas pelos métodos simplificados.

2.9.3 Códigos computacionais

Os programas de computador desempenham um papel muito importante no sentido de auxiliar os projetistas e arquitetos. Em grande parte desses programas, é possível, além da obtenção dos aspectos quantitativos, tais como níveis de iluminância e luminância, a

visualização dos efeitos qualitativos da iluminação por meio de gráficos e imagens fotorealísticas (LIMA, 2002).

Segundo CABÚS (1997), esse método apresenta grandes vantagens de rapidez e flexibilidade. Os modelos computacionais são capazes de resolver, por meio de cálculos complexos, as diversas interações entre superfícies, parâmetros climáticos e atributos dos materiais e, pela sua velocidade e atual disponibilidade, os aplicativos podem considerar os diversos dados de forma independente ou em conjunto.

Há alguns anos, os modelos computacionais necessitavam de máquinas com grande capacidade de processamento e levavam muito tempo para geração dos resultados, o que, muitas vezes, inviabilizava a modelagem com tal metodologia. Entretanto, houve uma enorme evolução tecnológica dos equipamentos, os custos dessas máquinas diminuíram, deixando-as com um preço acessível à população, além do surgimento de aplicativos ou softwares que atendem com requisitos sofisticados. Por esse motivo, os códigos computacionais foram selecionados para o presente estudo.

2.9.3.1 O programa TropLux v-2.25

O TropLux V-2.25 (CABÚS, 2002) encontra-se à disposição na página <http://www.grilu.ufal.br> e se propõe simular o desempenho da iluminação natural, com uma atenção particular para as características climáticas e arquitetônicas das regiões tropicais.

A metodologia do programa se baseia em três conceitos fundamentais: a técnica do raio traçado, com o método Monte Carlo e coeficientes de luz natural (CABÚS, 2002).

O objetivo principal do TropLux V-2.25 é permitir calcular a iluminância num ponto em função da trajetória da luz entre a fonte e o alvo, separando as contribuições do Sol e do céu em até 12 componentes (CABÚS, 2004).

Esse software foi desenvolvido em linguagem Matlab, em inglês, e é composto por cinco módulos (ver Figura 30): Entrada (Input), Configurações (Set up), Processamento (Run), Saída (Output) e Utilitário (Utility).



Figura 30: Tela inicial do programa TropLux V-2.25
 Fonte: CABÚS, 2002.

O TropLux V-2.25 permite simular as características específicas da iluminação natural no ambiente dos trópicos, tanto nos aspectos climáticos, por intermédio da possibilidade da configuração ampla de céus, quanto nos aspectos arquitetônicos, com a modelagem de geometrias complexas(CABÚS, 2005). Usando o método Monte Carlo e a técnica do raio traçado para trás (backward raytracing), atinge um padrão aceitável de erro padrão dentro de um tempo razoável de processamento (CABÚS, 2005).

2.9.3.2 O software DLN

SCARAZZATO desenvolveu o software DLN, em 1995, em sua tese de doutoramento, que teve como objetivo básico contribuir com a formação de um modelo preditivo da disponibilidade de luz natural em planos horizontais e verticais externos às edificações em localidades brasileiras (ver Figura 31).

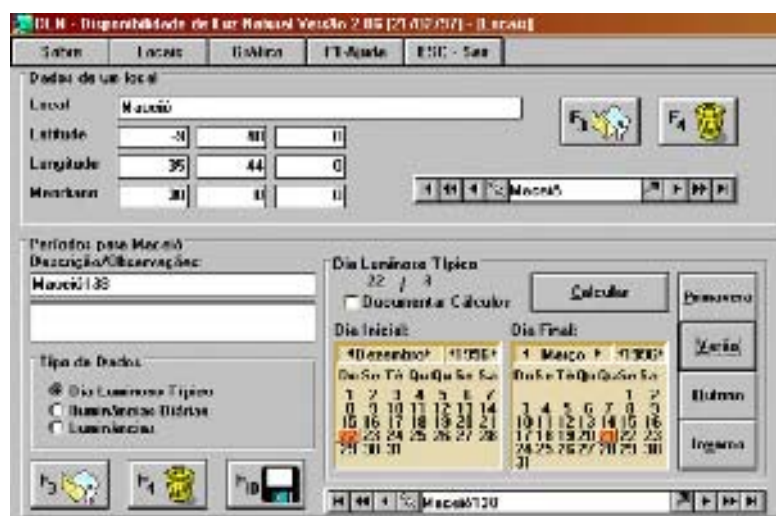


Figura 31: Tela do software DLN
 Fonte: SCARAZZATO, 1997.

Esse programa computacional possui um amplo banco de dados de onde é possível a realização dos cálculos para a obtenção dos Dias Luminosos Típicos de Projeto – dia que apresenta o menor desvio-padrão entre as médias do período selecionado. Todos os valores são obtidos em separado para as três condições de céu (claro, encoberto e parcialmente nublado).

3. ETAPAS METODOLÓGICAS

3.1 Levantamento de dados	41
3.2 Caracterização das tipologias	42
3.2.1 Dimensões	42
3.2.2 Características constantes	43
3.2.3 Características variáveis	44
3.3 Seleção da ferramenta de simulação.....	47
3.4 Critérios para definição das simulações	48
3.4.1 Simulação I: diagnóstico da situação típica.....	49
3.4.2 Simulação II: propostas de intervenções A	51
3.4.3 Simulação III: propostas de intervenções B	53
3.5 Apresentação dos resultados	55

Nesta seção, são apresentados os processos e critérios utilizados para a elaboração deste trabalho.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa constitui-se em uma análise comparativa do desempenho luminoso, com relação à utilização da iluminação natural em salas típicas de edifícios de escritórios localizados na cidade de Maceió-AL.

Os edifícios modelos foram elaborados de acordo com levantamentos realizados em tipologias existentes na cidade. Por meio destas edificações-padrão, foram realizadas simulações computacionais, utilizando o software TropLux, com a finalidade de analisar variáveis – profundidade das salas, localização das aberturas, uso de prateleira e luz e abertura contínua voltada para a circulação lateral – que afetam seu desempenho luminoso.

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

No ano de 2004, foi realizado um levantamento dos edifícios de escritórios existentes na cidade de Maceió para uma pesquisa nacional, denominada “Impactos da Adequação Climática sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritório no Brasil”³. Este estudo teve como referência para o clima quente e úmido da cidade em questão.

Esse levantamento⁴ teve como objetivo identificar a quantidade e as características construtivas dos edifícios de escritórios com mais de cinco pavimentos, devido à existência de elevador, para que fosse possível a definição de um modelo para a pesquisa.

³ Foi uma pesquisa com duração de dois anos, financiada pela CNPQ, no programa CT-ENERG, que teve como objetivos: Diagnosticar a situação atual de edifícios de escritório localizados em oito regiões climáticas do Brasil, com relação ao consumo de energia, à eficiência energética e ao desempenho térmico; Avaliar a influência de parâmetros como área de janela, tipo de vidro, área de parede, tipo de parede, tipo de cobertura, cores externas, orientação, área de abertura para ventilação, e outros, no consumo de energia dos edifícios de escritório; Monitorar interna e externamente temperatura do ar e umidade relativa em escritórios; Estimar o uso final de energia em escritórios selecionados; Estabelecer parâmetros ou requisitos de projeto, através de simulação computacional, de forma a adequar os edifícios de escritório ao clima onde serão construídos, garantindo níveis adequados de conforto térmico e eficiência energética; Produzir subsídios para uma futura normalização relacionada à eficiência energética de edifícios de escritório; Disponibilizar publicações e resultados da pesquisa.

⁴ Fiz parte da primeira etapa desta pesquisa e trabalhando em conjunto com Mara Rúbia Araújo e o Prof. Ricardo Cabús, concluímos o levantamento de acordo com a metodologia nacional proposta.

Foi realizado um levantamento descritivo e fotográfico de todas as edificações enquadradas no modelo proposto, onde foram resgatadas diversas informações solicitadas pela planilha “Caracterização das Tipologias” (ver Apêndice 1), que foi utilizada como padrão por todos os grupos da pesquisa nacional descrita no primeiro parágrafo deste capítulo.

Na etapa seguinte, foi efetuado um agrupamento das principais características levantadas nessas edificações (ver Capítulo 4, item 4.1), com a finalidade de possibilitar a elaboração de tipologias padronizadas, as quais serão utilizadas como ferramenta de investigação no decorrer da pesquisa.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS

Este trabalho se propõe a avaliar as condições do uso da iluminação natural em salas típicas de edifícios de escritórios implantados em Maceió. Para a elaboração destas tipologias, adotou-se como base de estudo o resultado do levantamento dos edifícios de escritórios localizados na cidade de Maceió, expostos adiante, no capítulo 4, no item 4.1.

3.2.1 Dimensões

De acordo com o levantamento realizado em Maceió (ver resultados no item 4.1), foram selecionados os dois tipos de edifícios de escritórios mais recorrentes na cidade para elaboração dos modelos que serão utilizados nas simulações: o primeiro modelo possui uma forma simétrica, com corredor central (Tipo A) e salas de ambos os lados, possuindo 08 pavimentos tipo e 10 salas em cada andar; e o segundo tipo consiste num corredor lateral (Tipo B), possuindo a mesma quantidade de pavimentos tipo e salas por andar.

Ambos os modelos possuem na área de circulação um pé direito de 2,80m, 2,50m de largura e 32,00m e 64,00m de comprimento, respectivamente, na primeira e segunda tipologias. Essas dimensões serão mantidas constantes em todas as simulações.

No Tipo A (tipologia com corredor central, ver Figura 32), existem 05 salas à direita e 05 salas à esquerda da circulação central. No Tipo B (tipologia com corredor lateral, ver Figura 33), existem 10 salas, posicionadas uma ao lado da outra. Essas salas possuem pé

direito de 2,80m, largura constante de 6,00m e comprimentos variáveis de 4,00m, 6,00m e 8,00m, baseados em estudos anteriores (BITTENCOURT, BIANNA E CRUZ, 1995 e CABÚS, 2004) e no levantamento descrito no item 4.1 da próxima seção.

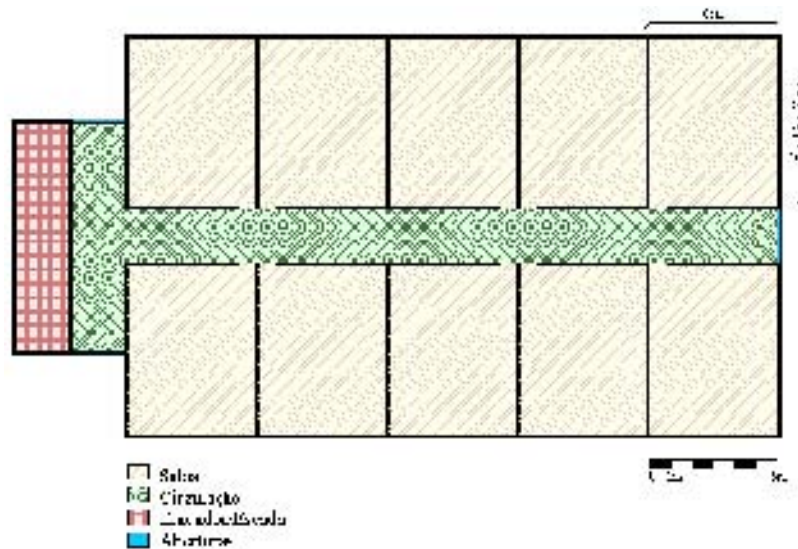


Figura 32: Esquema do Tipo A - tipologia com corredor central.

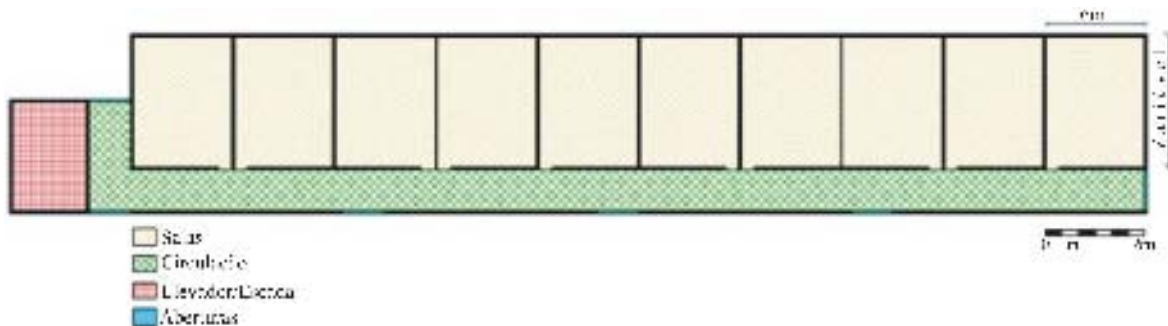


Figura 33: Esquema do Tipo B - tipologia com corredor lateral.

3.2.2 Características constantes

As características dos materiais empregados para a elaboração do edifício modelo também foram baseadas no levantamento das tipologias, descrito no item 4.1 do próximo capítulo.

As refletâncias das superfícies internas foram medidas pelo método do “papel branco”. Nesse método, mede-se a iluminância de uma superfície e, no mesmo ponto, mede-se a

iluminância de uma folha de papel em branco, que possui refletância conhecida. Com base nesses dados, o nível de refletância do material em questão é obtido por uma regra de três simples (ver Apêndice 02).

Tabela 2: Propriedades físicas dos materiais empregados no edifício modelo

MATERIAIS	CORES	REFLETÂNCIAS
Piso	Cinza Claro	0.42
Teto	Branco Gelo	0.73
Paredes internas	Branco Neve	0.87

O tipo de vidro utilizado nas aberturas foi o transparente de 6mm. Abaixo tem-se um gráfico com as características do vidro padrão utilizado pela ferramenta de simulação selecionada – o TropLux (ver Gráfico 1).

CARACTERÍSTICAS DO VIDRO TRANSPARENTE 6MM

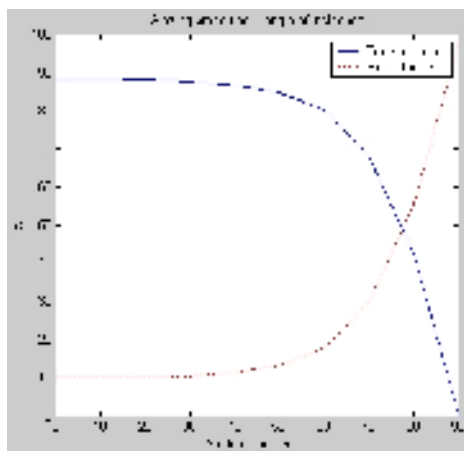
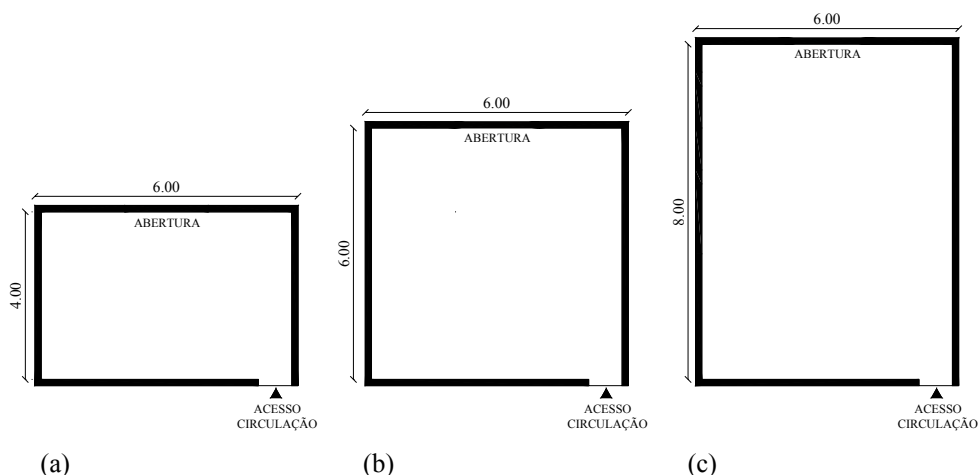


Gráfico 1: Características do vidro utilizado nas simulações.
Fonte: CABÚS, 2002

3.2.3 Características variáveis

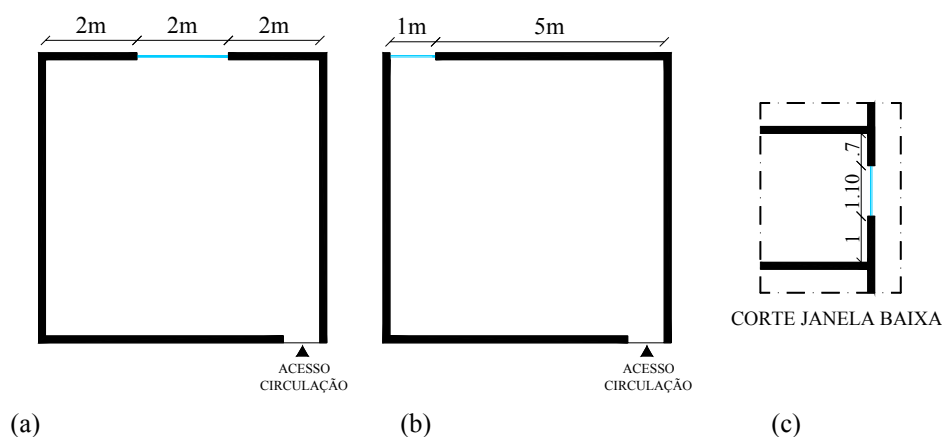
As simulações computacionais são realizadas a fim de construir um banco de dados para a fundamentação desta pesquisa. Para isso, foi necessária a variação de alguns parâmetros do edifício modelo que afetassem o desempenho luminoso do ambiente interno. Essas variações também foram embasadas pelo Levantamento das Tipologias, descrito no início do próximo capítulo (item 4.1).

a) *Profundidade da sala*: os níveis de iluminação natural próximo às janelas são consideravelmente mais altos que os níveis mais ao fundo do ambiente. Definiu-se variar esse parâmetro com o intuito de pesquisar artificios que possam melhorar a uniformidade luminosa (ver Figura 34, a, b e c);



(a) (b) (c)
Figura 34: Salas com largura fixa e 4,00m (a), 6,00m (b) e 8,00m (c) de profundidade

b) *Localização das aberturas*: influenciam na distribuição da luminosidade nos ambientes. De acordo com o levantamento das tipologias (ver item 4.1), as esquadrias localizam-se ou no centro (maiores e de correr) ou na lateral (menores e maximar) das salas 5 (ver Figura 35, a, b e c);



(a) (b) (c)
Figura 35: Salas com janela central (a), lateral (b) e corte janela baixa (c).

⁵ A área da janela central é duas vezes maior que a área da janela lateral (Área de (a) = 2x Área de (b)). Ver Figuras 35 e 36). Esse dimensionamento foi aplicado na pesquisa para que as simulações representassem a situação típica existente desse tipo de edificação. Por esse motivo, as iluminâncias internas das salas com janela central sempre serão mais altas que as das salas com abertura lateral. De toda forma, esta pesquisa enfoca mais a questão da uniformidade do que a da intensidade luminosa, ou seja, é mais importante a localização que o tamanho das aberturas para obtenção dos resultados desejados.

Serão realizadas simulações com as duas tipologias descritas acima, além da inclusão de uma janela alta contínua voltada para o corredor na terceira etapa de simulações (ver Figura 36, a, b e c).

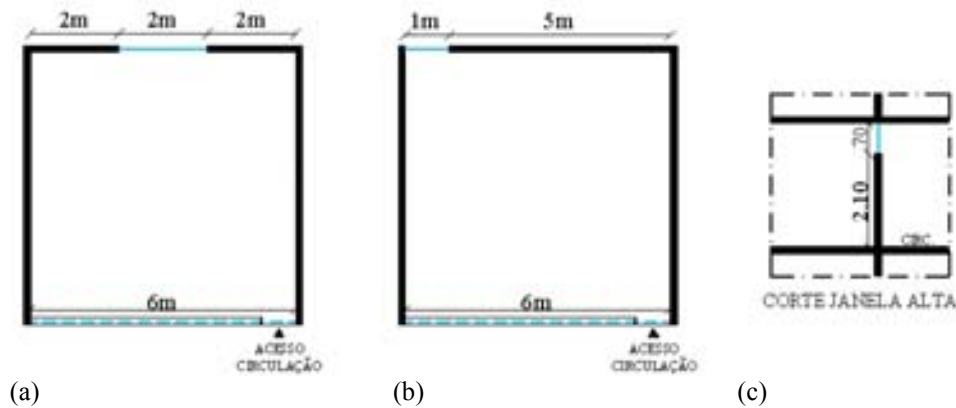


Figura 36: Salas com janela central (a), lateral (b) e corte janela alta(c).

c) *Tipo de proteção das aberturas*: serão adicionadas prateleiras de luz às aberturas externas na segunda etapa de simulações, a fim de confirmar a melhoria da distribuição da luz no ambiente interno (ver Figura 37, a, b e c) e o proteger da insolação direta. As dimensões das prateleiras de luz foram definidas em função do ângulo de corte necessário para a proteção, de acordo com a carta solar da cidade de Maceió (ver Apêndice 3). Essa intervenção é válida tanto para o Tipo A quanto para o Tipo B;

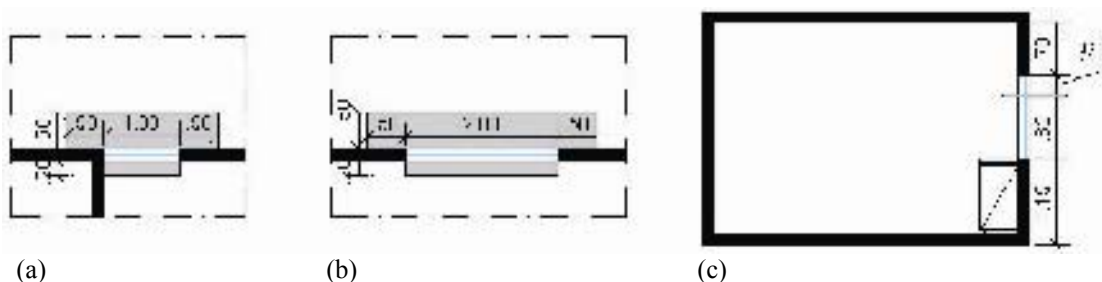


Figura 37: Planta baixa da prateleira de luz na janela lateral (a), na janela central (b) e corte transversal de ambas as tipologias (c).

d) *Tipo de fechamento da circulação*: essa intervenção será válida apenas para a segunda tipologia padronizada (Tipo B). A variação para a Tipologia A seria insignificante em relação aos níveis de iluminação natural, pois, nesse caso, a visão do céu é muito pequena (ver Item 3.4.3). Na primeira opção, será incluída uma

abertura contínua voltada para o exterior (ver Figura 38) e, na segunda, a parede será toda de elemento vazado – cobogó 15cm x 15cm – de piso a teto (ver Figura 39);



Figura 38: Janela contínua



Figura 39: Elementos vazados

- e) *Hora e data*: determinam a posição do sol (altura e azimute solar) e a quantidade de luz que chega na Terra no decorrer do dia. Serão realizadas simulações nos horários entre 8 e 17 horas (horário legal – ver Apêndice 4), nos solstícios e equinócios de Maceió (22/03, 22/06, 23/09 e 22/12);
- f) *Tipo de céu*: será investigado o céu parcialmente nublado, por se tratar do tipo mais recorrente na cidade de Maceió (ver item 2.3.2);
- g) *Orientação*: serão simuladas quatro orientações mais freqüentes na cidade para as maiores fachadas – nordeste (NE), noroeste (NO), sudeste (SE) e sudoeste (SO) – com a finalidade de avaliar as condições da iluminação natural em implantações distintas.

3.3 SELEÇÃO DA FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO

Por proporcionar a obtenção de resultados considerados confiáveis e por permitir a geração de uma grande variedade de modelos, com rapidez e eficiência, definiu-se, dentre os métodos de simulação expostos no item 2.8. do capítulo anterior, a utilização da simulação computacional como sendo a técnica a ser realizada nesta pesquisa.

A grande maioria dos programas disponíveis para o processamento dos cálculos para iluminação natural não consegue simular satisfatoriamente a realidade da iluminação natural nos trópicos, quer seja por limitações nos padrões de distribuição de luminâncias do céu, quer

seja por dificuldades em simular as geometrias complexas da arquitetura tropical, com suas diversas formas de proteção contra a radiação solar direta (CABÚS, 2005).

As condições favoráveis, que resultaram na escolha da ferramenta de simulação, foram: a simplicidade de manuseio e a necessidade de conhecimento dos fenômenos envolvidos pelo usuário; a possibilidade de representação das condições climáticas da região em estudo e a disponibilidade da ferramenta para utilização neste estudo.

Além de possuir diversas potencialidades, o TropLux V-2.25 passou por um processo de validação consistente (CABÚS, 2005b), tendo inclusive utilizado o banco de dados do BRE (British Research Establishment) e IDMP (International Daylight Measurement Programme).

Este software proporciona uma análise do desempenho da iluminação natural e foi desenvolvido, principalmente, para o estudo nas regiões tropicais, procurando determinar uma visão geral da iluminância interna dos ambientes, permitindo sistemas de janelas complexos, levando em consideração as reais características das superfícies internas e externas (especularidade e difusividade), além de lidar com qualquer tipo de distribuição de céu, incluindo luz solar (ver item 2.8.3.1 do capítulo anterior).

3.4 CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DAS SIMULAÇÕES

As propriedades dos materiais de construção do modelo deverão ser mantidas constantes em todas as simulações realizadas, assim como as condições de operação do edifício.

A pesquisa será dividida em três etapas de simulação:

- Etapa de simulação I: é realizado um diagnóstico das condições de iluminação natural em salas padronizadas;
- Etapa de simulação II: são selecionadas as maiores salas (8,00 x 6,00m²) das duas tipologias construtivas elaboradas, Tipo A e Tipo B, para a inclusão de prateleiras de luz nas aberturas voltadas para a fachada principal;

- Etapa de simulação III: são selecionadas as salas mais profundas (8,00 x 6,00m²) da segunda tipologia padronizada (Tipo B – corredor lateral) para a inclusão de uma janela alta contínua voltada para a circulação.

Para as etapas de simulação II e III são selecionadas as maiores salas, pois, como já foi afirmado anteriormente, os níveis de iluminação natural decrescem à medida que se afasta das janelas. A inclusão das prateleiras de luz e da janela alta contínua voltada para a circulação busca a criação de parâmetros construtivos que implementem o uso da luz natural em salas de escritórios.

Decidiu-se investigar o 4º pavimento de cada tipologia (ver Figuras 40 e 41), pois, numa pesquisa piloto, observou-se que os resultados desse pavimento condizem com a média das iluminâncias obtidas no primeiro e último pavimentos, quando simulados nas mesmas condições (ver Apêndice 4).

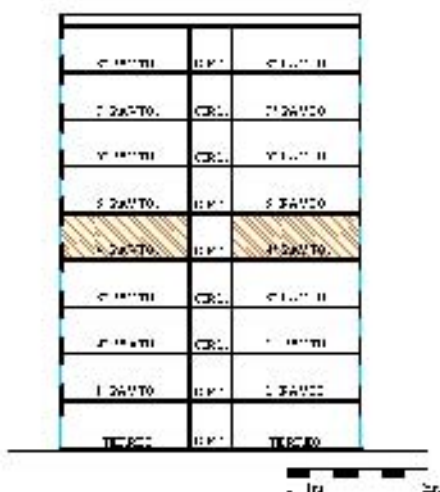


Figura 40: Corte modelo Tipo A



Figura 41: Corte modelo Tipo B (b).

3.4.1 Simulação I: Diagnóstico da situação típica atual

Inicialmente, será realizada uma simulação para diagnosticar a situação típica da iluminação natural, durante o ano, nos edifícios de escritórios.

Essas simulações serão realizadas nas salas padronizadas, com os dois tipos de aberturas (central e lateral); com as 3 profundidades (4,00m, 6,00m e 8,00m); durante o horário comercial (8 às 17h); nos quatro dias típicos de Maceió (22/03, 22/06, 23/09 e 22/12);

nas quatro orientações (NE, NO, SE e SO); com o céu parcialmente nublado; e em três ou nove pontos (dependendo do tipo de abertura) localizados na altura do plano de trabalho (75cm) e localizados conforme as Figura 42, a, b e c, e Figura 43, a, b e c.

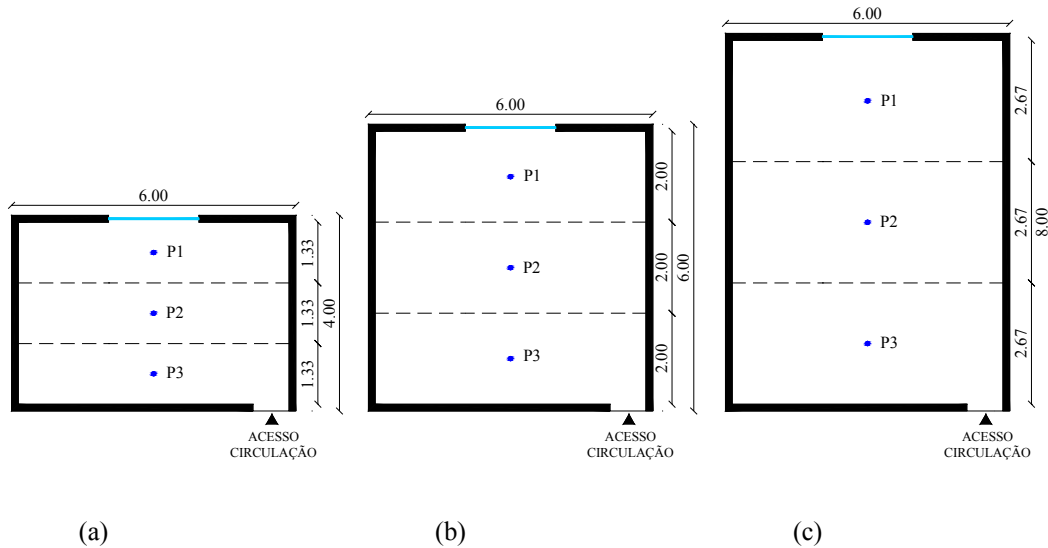


Figura 42: Localização dos pontos de simulação na planta baixa das salas com 4,00 x 6,00m²(a), 6,00 x 6,00m² (b) e 8,00 x 6,00m² (c) e janela central.

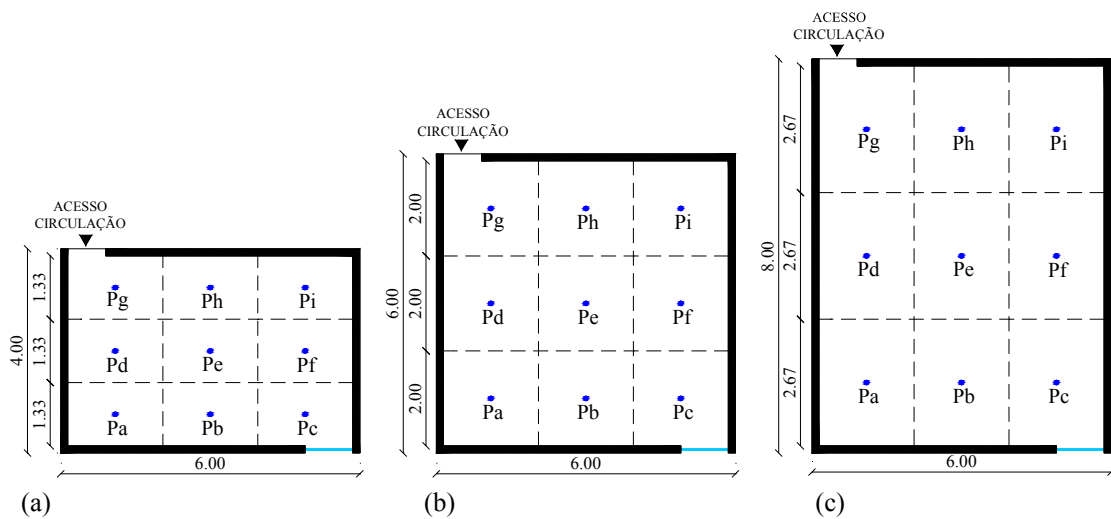


Figura 43: Localização dos pontos de simulação na planta baixa das salas com 4,00 x 6,00m²(a), 6,00 x 6,00m² (b) e 8,00 x 6,00m² (c) e janela lateral.

Com relação às figuras anteriores, pode-se perceber que cada sala foi dividida em três ou nove partes iguais e cada ponto foi localizado no centro de cada uma dessas partes.

A seguir, encontra-se uma tabela com as simulações que serão realizadas, a fim de se conhecer o comportamento da iluminação natural nos edifícios de escritórios no decorrer do ano:

Tabela 3: Simulação I - diagnóstico da situação típica anual

TIPOS DA SIMULAÇÃO I				
ORIENTAÇÃO	JANELA CENTRAL	JANELA LATERAL DIREITA	JANELA LATERAL ESQUERDA	DIA / HORA
NORDESTE	4,00 x 6,00m ²	4,00 x 6,00m ²	4,00 x 6,00m ²	22/03, 22/06, 23/09 e 22/12 das 8 às 17h
	6,00 x 6,00m ²	6,00 x 6,00m ²	6,00 x 6,00m ²	
	8,00 x 6,00m ²	8,00 x 6,00m ²	8,00 x 6,00m ²	
NOROESTE	4,00 x 6,00m ²	4,00 x 6,00m ²	4,00 x 6,00m ²	22/03, 22/06, 23/09 e 22/12 das 8 às 17h
	6,00 x 6,00m ²	6,00 x 6,00m ²	6,00 x 6,00m ²	
	8,00 x 6,00m ²	8,00 x 6,00m ²	8,00 x 6,00m ²	
SUDESTE	4,00 x 6,00m ²	4,00 x 6,00m ²	4,00 x 6,00m ²	22/03, 22/06, 23/09 e 22/12 das 8 às 17h
	6,00 x 6,00m ²	6,00 x 6,00m ²	6,00 x 6,00m ²	
	8,00 x 6,00m ²	8,00 x 6,00m ²	8,00 x 6,00m ²	
SUDOESTE	4,00 x 6,00m ²	4,00 x 6,00m ²	4,00 x 6,00m ²	22/03, 22/06, 23/09 e 22/12 das 8 às 17h
	6,00 x 6,00m ²	6,00 x 6,00m ²	6,00 x 6,00m ²	
	8,00 x 6,00m ²	8,00 x 6,00m ²	8,00 x 6,00m ²	

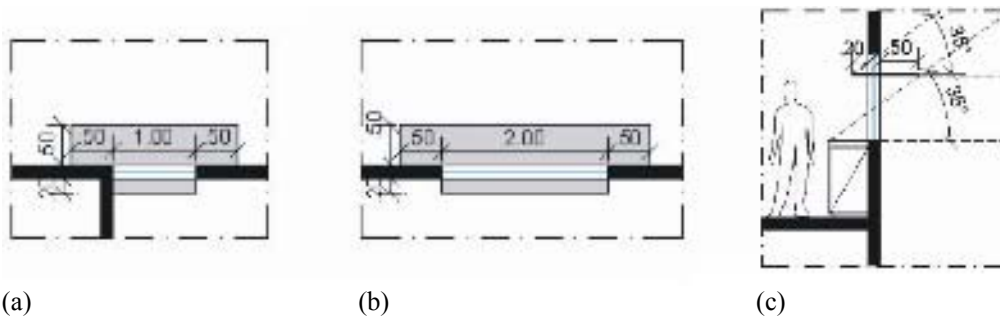
Para realizar essas simulações será necessária a construção de seis modelos. Cada modelo leva em média 30 minutos para ser desenvolvido e 1h30min para ser simulado, num computador AMD Sempron (tm) 2.400 + 1.67 Ghz, 224 MB de RAM, os cinco pontos, nas quatro orientações e em todos os dias e horários, o que totalizará 12 horas de trabalho para obtenção de 15.840 valores de iluminância que serão analisados por meio de gráficos e tabelas (ver Item 3.5).

3.4.2 Simulação II: Propostas de intervenção “A”

De acordo com os dados obtidos na etapa de simulação anterior, serão selecionadas as salas mais profundas (8,00m), por se tratarem dos piores casos em relação à uniformidade luminosa, para a inclusão e posterior avaliação da utilização de prateleiras de luz como elemento de redirecionamento da iluminação natural.

Este elemento de redirecionamento da luz foi selecionado entre os demais estudados devido às suas características, que foram expostas na revisão bibliográfica desta pesquisa (ver Item 2.6.9).

Seguindo o estudo realizado através da carta solar de Maceió (ver Apêndice 05), este elemento terá as características expostas abaixo (ver Figura 44).



(a) (b) (c)
Figura 44: Planta baixa da prateleira de luz na janela lateral (a), na janela central (b) e corte transversal de ambas as tipologias (c).

Serão seguidas as mesmas orientações (NE, NO, SE e SO), condições de céu e localização dos pontos da Simulação I, descritos no item 3.4.1. deste capítulo. Abaixo, seguem as simulações propostas para os casos que sofrerão intervenções:

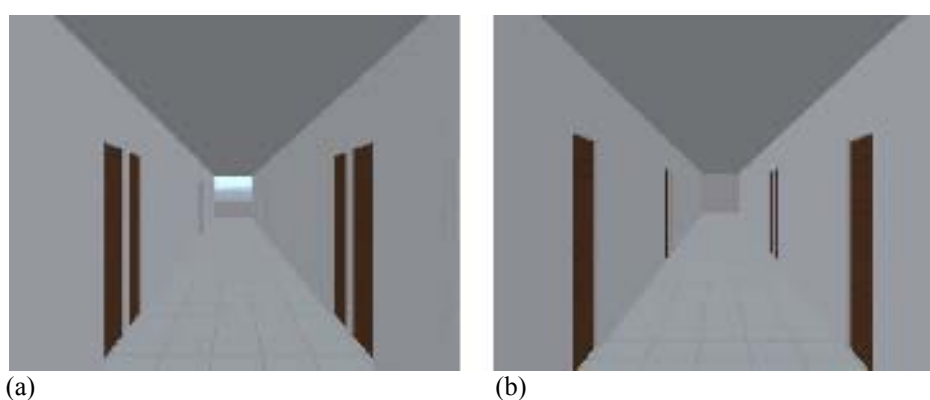
Tabela 4: Simulação II - Propostas de intervenção A

TIPOS DA SIMULAÇÃO III		
NORDESTE	Janela Central / 8,00 x 6,00m ²	No dia menos luminoso das 8 às 17h.
	Janela Lateral / 8,00 x 6,00m ²	
NOROESTE	Janela Central / 8,00 x 6,00m ²	No dia menos luminoso das 8 às 17h.
	Janela Lateral / 8,00 x 6,00m ²	
SUDESTE	Janela Central / 8,00 x 6,00m ²	No dia menos luminoso das 8 às 17h.
	Janela Lateral / 8,00 x 6,00m ²	
SUDOESTE	Janela Central / 8,00 x 6,00m ²	No dia menos luminoso das 8 às 17h.
	Janela Lateral / 8,00 x 6,00m ²	

Para realizar essas simulações será necessária a construção de dois modelos, que levarão em média 6 horas para serem modelados e simulados. Como resultado, haverá 5.280 dados que serão analisados por meio de gráficos e tabelas (ver Item 3.5).

3.4.3 Simulação III: Propostas de intervenções “B”

Após análise dos dados obtidos no diagnóstico da situação típica, serão selecionadas as salas mais profundas (8,00m) da segunda tipologia (tipo B), para a avaliação da primeira intervenção proposta. Como já foi dito anteriormente, essa intervenção seria insignificante na Tipologia A, devido à pequena área de visão do céu através do corredor de circulação (ver Figura 45, a e b).



(a)

(b)

Figura 45: Visão do céu da Tipologia B

Vista (a) – circulação sentido elevador/última sala

Vista (b) – circulação sentido última sala/elevador

Fonte: Desenhos desenvolvidos no Autocad e renderizado no Accurender pela autora.

Nesta etapa de simulação, será incluída uma janela alta contínua nos fundos das salas (ver Figura 36 no item 3.2.3), com a finalidade de avaliar as variações nos níveis de iluminação nos fundos dos ambientes. As aberturas (central ou lateral) voltadas para o exterior serão vedadas, pois, em estudos de iluminação natural, os resultados podem ser somados, quando simulados nas mesmas condições.

Serão elaborados três modelos para essa etapa de simulações:

- a) Modelo 01: a parede da circulação voltada para o meio externo será baixa, ou seja, existirá uma abertura contínua em toda a circulação (ver Figura 46);
- b) Modelo 02: a parede da circulação voltada para o meio externo será composta por elementos vazados e pré-moldados de concreto (cobogós – 15cm x 15 cm) sem pintura (ver Figura 47);

c) Modelo 03: semelhante ao Modelo 01, porém os elementos serão pintados na cor branca (ver Figura 48).



Figura 46: Modelo 01



Figura 47: Modelo 02



Figura 48: Modelo 03

Fonte: Desenhos desenvolvidos no Autocad e renderizado no Accurender pela autora.

Esta terceira etapa de simulação será realizada nas mesmas condições de céu, hora, data e localização dos pontos da Simulação I, descritos no item 3.4.1 deste capítulo. Serão avaliadas apenas duas orientações noroeste (NO) e sudoeste (SO), pois as aberturas principais das salas devem ser voltadas para sudeste (SE) e nordeste (NE), já que a cidade de Maceió está sob influencia alternada dos ventos alísios do Sudeste – de velocidade fraca a moderada – e Nordeste - nos meses mais quentes – vide o perfil climático da cidade no Anexo 6.

A seguir, as simulações propostas para os casos que sofrerão intervenções:

Tabela 5: Simulação III - Propostas de intervenções B

TIPOS DA SIMULAÇÃO III		
NOROESTE	Abertura contínua / 8,00 x 6,00m ²	No dia menos luminoso das 8 às 17h.
	Cobogós de concreto / 8,00 x 6,00m ²	
	Cobogós na cor branca/8,00 x 6,00m ²	
SUDOESTE	Abertura contínua / 8,00 x 6,00m ²	No dia menos luminoso das 8 às 17h.
	Cobogós de concreto / 8,00 x 6,00m ²	
	Cobogós na cor branca/8,00 x 6,00m ²	

Para realizar essas simulações, será necessária a construção de três modelos. Devido à complexidade dos modelos, o tempo de processamento será mais lento, em média 5 horas por ponto, de acordo com simulações piloto, o que totalizará 75 horas de trabalho para obtenção de 7.920 valores de iluminância que serão analisados por meio de gráficos e tabelas (ver Item 3.5).

3.5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta subseção, será apresentada a forma como os resultados serão expostos no decorrer da pesquisa.

O programa TropLux V-2.25 gera tabelas das iluminâncias de cada ponto, de acordo com a orientação, data e horários definidos pelo usuário no momento do processamento das iluminâncias (ver Figura 49).

Component	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
1 Direct	1270	1055.5	1810.4	2019.8	2175.1	2125.5	1861.3	1516.8	881.5	116.3
2 Internal Reflected	805.7	417.3	824.4	383.2	3148.8	1140.7	1189.5	1094.1	251.7	26.7
3 Ground Reflected	87.0	76.1	53.1	50	31	32.6	88.6	56.2	26.1	3.5
4 Construction Reflected	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Construction Direct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Ground Direct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Direct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Internal Reflected	205.0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Ground Reflected	17	28.9	53.1	69.6	76.9	79.6	61	21.6	2.5	0
10 Construction Reflected	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Construction Direct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Ground Direct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sky	1891.5	24.3	2198	2135	23232	33952	3189.5	3825.2	1841.8	215.3
Sun	302.9	58.3	53.1	69.6	76.9	79.6	61	21.6	2.5	0
Global	2294.7	2447.4	2851.1	2171.6	25017	34948	3268.2	3846.8	1843.8	215.3

Figura 49: Exemplo da tabela gerada pelo software TropLux para a Sala 14, com o azimute 45°, no dia 22/06, das 8 às 17h, com o tipo de céu 10.

Essas tabelas foram exportadas para o Microsoft Excel, trabalhadas e, por fim, gerados os gráficos com os principais resultados. Abaixo, é demonstrado o percurso utilizado para a obtenção dos resultados:

Inicialmente foram exportadas todas as tabelas (nas quatro orientações, nos quatro dias típicos e os três pontos de cada sala) e pintadas de amarelo as horas em que a insolação direta atingia o interior do ambiente (ver Tabela 6).

Tabela 6: Exemplo da tabela geral que foi exportada do software TropLux.

SALA 4X6 - JANELA CENTRAL - ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/03												
			8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
CÉU	1	Direta										
	2	Refletida internamente										
	3	Refletida do solo										
	4	Refletida no entorno										
	5	Direta no entorno										
	6	Direta no solo										
SOL	7	Direta										
	8	Refletida internamente										
	9	Refletida do solo										
	10	Refletida no entorno										
	11	Direta no entorno										
	12	Direta no solo										
CÉU												
SOL												
GLOBAL												

Legenda: Período quando existe a incidência de insolação direta no interior do ambiente.

Em seguida, foram agrupados os pontos de mesma localização, fixando data e orientação com a finalidade de observar a orientação (ver Tabela 7) e o dia (ver Tabela 8) menos luminoso no decorrer do ano.

Tabela 7: Comparação entre os Pontos 01 no dia 22/03.

SALA 4X6 - PONTO 01 - DIA 22/03										
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
SE	15897,7	25267,8	5961,6	7349,9	7521,7	8330,1	8503,0	7226,7	4525,5	1458,5
SO	7106,6	8279,5	8154,5	7420,1	6497,9	5439,1	5148,5	15395,4	5357,6	878,8
NO	8260,7	10421,9	10603,0	9407,5	8360,6	35739,9	29135,5	17203,7	3052,6	880,8
NE	17357,1	28194,3	7393,5	8490,3	9444,2	10654,3	10215,5	8019,1	4646,3	1430,4

Legenda: Período quando existe a incidência de insolação direta no interior do ambiente.
 Momentos com menores iluminâncias

Tabela 8: Comparação entre os Pontos 01 na orientação SE.

SALA 4X6 - PONTO 01 - ORIENTAÇÃO SE										
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
22/mar	15897,7	25267,8	5961,6	7349,9	7521,7	8330,1	8503,0	7226,7	4525,5	1458,5
22/jun	3161,4	3610,1	4284,5	4858,9	5301,9	5457,1	5115,9	4104,4	2415,2	305,3
23/set	18380,6	5718,8	6186,4	6695,4	7709,6	8412,2	8291,4	6636,3	3769,7	752,6
22/dez	20921,7	32201,4	8170,5	8418,4	9962,8	11114,4	10742,2	8470,1	5095,2	1848,3

Legenda: Período quando existe a incidência de insolação direta no interior do ambiente.
 Momentos com menores iluminâncias

Após diagnosticar o dia menos luminoso de cada orientação, elaboraram-se quatro tabelas comparativas com os três pontos (P1, P2 e P3), das 8 às 17h, uma em cada orientação, onde foram calculadas as médias de cada ponto para facilitar a visualização da questão da uniformidade luminosa dos ambientes (ver Tabela 9).

Tabela 9: Comparação dos três pontos no dia menos luminoso da orientação SE.

SALA 4X6 - ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/06											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	3161,4	3610,1	4284,5	4858,9	5301,9	5457,1	5115,9	4104,4	2415,2	305,3	3861,5
2	1721,8	1715,4	1994,2	2119,0	2229,5	2243,0	2102,9	1758,1	1111,2	149,4	1714,4
3	1440,4	1606,6	1734,3	1874,4	1964,6	1973,6	1852,8	1555,5	992,0	134,1	1512,8

O processo descrito acima foi realizado com as salas nas quatro profundidades (4,00m, 6,00m e 8,00m). E, para finalizar, foram elaboradas mais quatro tabelas e quatro gráficos, um de cada orientação, comparando as médias de cada ponto em cada uma das profundidades de sala propostas (ver Tabela 10 e Gráfico 2).

Tabela 10: Comparação entre as médias de cada ponto e a profundidade da sala.

MÉDIAS - ORIENTAÇÃO SE - 22/06			
	P1	P2	P3
Sala 4X6	3861,5	1714,4	1512,8
Sala 6X6	3460,4	1173,1	971,8
Sala 8X6	2957,3	843,1	721,4

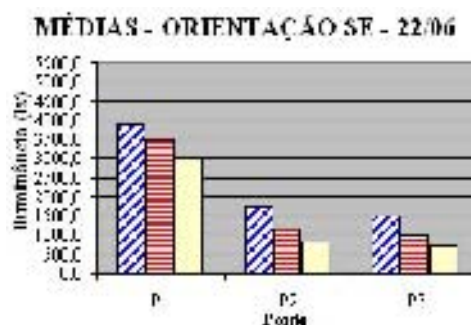


Gráfico 2: Comparação entre as médias de cada ponto e a profundidade da sala.

Essa linha de raciocínio foi seguida em todas as etapas de simulação. Porém, como se decidiu analisar sempre o pior caso de cada orientação e a luz natural se comportaria da mesma forma em relação ao dia menos luminoso de cada orientação, as etapas seguintes foram analisadas somente nos dias 22/06 para as orientações sudeste e sudoeste e 22/12 para as orientações nordeste e noroeste. Essa decisão foi tomada de acordo com os resultados obtidos no item 4.2 da próxima seção.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Levantamento de dados	59
4.2 Simulação I: Situação típica atual	64
4.2.1 Salas com janela central (JC)	64
4.2.1.1 Salas 4mx6m – Janela central.....	65
4.2.1.2 Salas 6mx6m – Janela central.....	69
4.2.1.3 Salas 8mx6m – Janela central.....	72
4.2.1.4 Análise das salas com janela central	75
4.2.2 Salas com janela lateral (JL).....	79
4.2.2.1 Salas 4mx6m – Janela lateral.....	79
4.2.2.2 Salas 6mx6m – Janela lateral.....	83
4.2.2.3 Salas 8mx6m – Janela lateral.....	85
4.2.2.4 Análise das salas com janela lateral	88
4.3 Simulação II: propostas de intervenções “A”	91
4.3.1 Salas com janela central (JC) + prateleira de luz (PL)	92
4.3.2 Salas com janela lateral (JL) + prateleira de luz (PL)	95
4.3.3 Análise das salas com prateleira de luz	98
4.4 Simulação III: propostas de intervenções “B”	99
4.4.1 Salas com janela alta (JA) + abertura contínua (AC)	100
4.4.2 Salas com janela alta (JA) + cobogó concreto (CC).....	103
4.4.3 Salas com janela alta (JA) + cobogó branco (CB)	106
4.4.4 Análise das salas com janela alta.....	109
4.5 Considerações finais	111

Esta seção apresenta resultados e análises encontrados durante a pesquisa. Inicialmente, há o agrupamento relativo ao levantamento de dados dos edifícios de escritórios existentes em Maceió (as planilhas completas encontram-se no Anexo 1), seguidos pela elaboração das tipologias padronizadas.

Em seguida, são apresentados e analisados os dados coletados através das simulações computacionais, realizadas pelo TropLux V-2.25. Essas simulações foram divididas em três etapas (ver item 3.4 da seção anterior).

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Após a finalização da caracterização das tipologias descritas no item 3.1. da metodologia, pôde-se chegar ao total de 11 exemplares de edifícios que se enquadram nas características propostas pela pesquisa nacional e seguidas para este estudo (ver Tabela 11).

Tabela 11: Levantamento dos edifícios de escritório da cidade de Maceió

LEVANTAMENTO DOS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS						
Nº	Nome do Edifício	Localiz.	Ano de ocupação	Nº pavtos	Nº salas por pavto	Tipologia dominante
01	Edf. Walmap	Centro	1965	15	12	Jan. s/ prot.
02	Edf. Delmiro Gouveia	Centro	1978	13	10	Jan. s/ prot.
03	Edf. Emp.Br. Penedo	Centro	1987	14	15	Jan. s/ prot.
04	Edf. Lobão Barreto	Centro	Ñ consta	11	13	Jan. s/ prot.
05	Edf.Com.Trade Center	Centro	2001	07	20	Jan. s/ prot.
06	Edf. Busness Tower	Jatiúca	2003	07	09	Jan. s/ prot.
07	Edf. Breda Center	Centro	Ñ consta	12	34	C/ proteção
08	Edf. Emp. R. Palmeira	Farol	1982	07	08	C/ proteção
09	Edf. Work Center	Farol	1993	08	12	C/ proteção
10	Edf. Avenue Center	Jaraguá	2000	06	12	Pele de vidro
11	Edf. Ocean Tower	Pajuçara	2001	09	07	Pele de vidro

A partir das planilhas elaboradas com os resultados obtidos no levantamento dos edifícios, foi elaborado o seguinte agrupamento:

a) Ano de início de ocupação: por esse dado, foi possível fazer uma comparação entre os edifícios mais antigos e os mais atuais, de maneira a reconhecer os dispositivos antes e hoje utilizados, entre outras características, que definam quais partidos obtiveram melhores resultados, apesar da diferença de recursos que hoje se utilizam (ver Figuras 50 e 51);



Figura 50: Edifício Breda Center



Figura 51: Business Tower

Respectivamente o mais antigo e o mais novo desta tipologia na cidade.

b) Localização: por esse parâmetro, pôde-se conhecer a distribuição dessas edificações pela cidade e sua relação com o entorno, ou seja, até que ponto as características dos bairros influem nas tipologias construtivas (ver Gráfico 3);

LOCALIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS

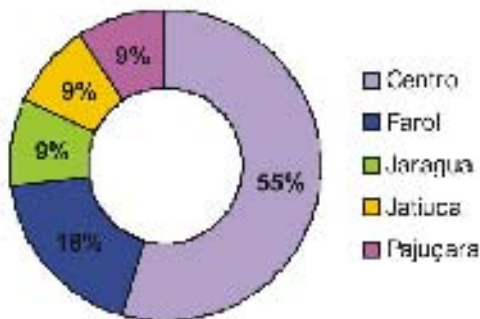


Gráfico 3: Localização dos edifícios de escritórios.

c) Orientação das maiores fachadas: a orientação das fachadas tem grande influência na qualidade tanto da iluminação quanto da ventilação natural. Em Maceió, a melhor orientação seriam as maiores fachadas entre sudeste e nordeste. Nos edifícios pesquisados, notou-se que pelo menos uma das fachadas encontra-se voltada para a ventilação dominante (ver Tabela 12);

Tabela 12: Orientação das maiores fachadas

ORIENTAÇÃO DAS MAIORES FACHADAS					
Nº	Nome do Edifício	Orientação	Nº	Nome do Edifício	Orientação
01	Walmap	-	07	Breda Center	SO/NE
02	Delmiro Gouveia	SE/NO	08	Emp. Ruy Palmeira	-
03	Emp. Br. de Penedo	SE/NO	09	Work Center	SO/NE
04	Lobão Barreto	-	10	Avenue Center	SE/NO
05	Com. Trade Center	S/N	11	Ocean Tower	SO/NE
06	Business Tower	SE/NO			

d) Quantidade de andares e salas por pavimento: nesse parâmetro, decidiu-se analisá-los em conjunto, para que seja determinada, aproximadamente, toda a área de esquadrias e assim conhecer as dimensões que permitem a entrada de luz natural nos Edifícios. Observou-se que a média é de 8 pavimentos e de 10 salas por andar (ver Gráfico 4);

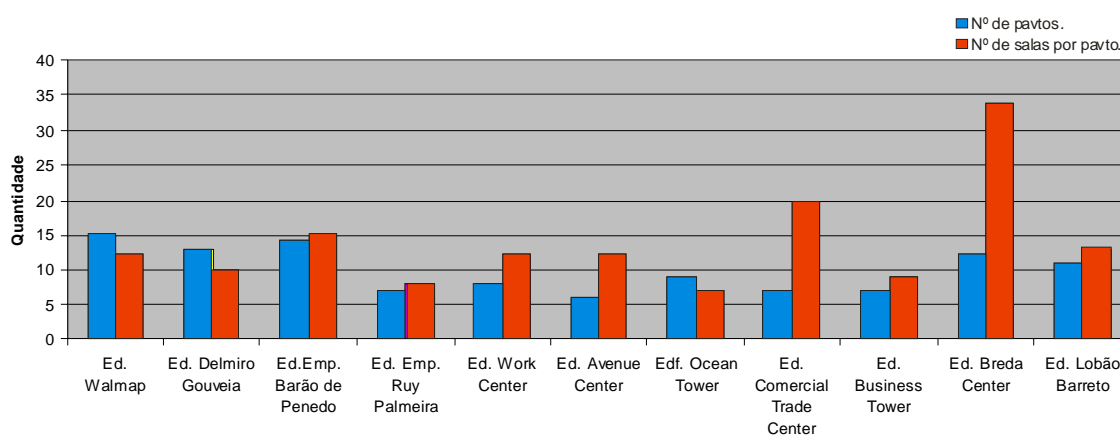


Gráfico 4: Quantidade de pavimentos e salas por pavimento

e) Tipologia das plantas: entre os exemplares existentes, a planta com corredor lateral é predominante, seguida da com corredor central e depois a planta com pátio central (ver Gráfico 5);

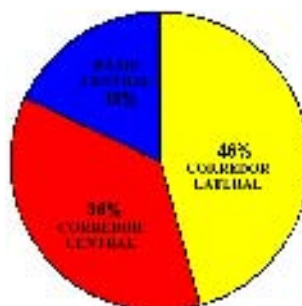


Gráfico 5: Tipologia das plantas.

f) Tipologia das fachadas: foram encontrados basicamente três tipologias: a de janela sem dispositivo de proteção solar – tipo predominante na cidade (ver Figura 52, a, b, c, d, e e f); a de janela com dispositivo de proteção solar – segunda tipologia predominante (ver Figura 53, a, b e c); e as fachadas em pele de vidro – uma tendência que começa a aparecer na cidade (ver Figura 54, a e b);



Figura 52: Fachadas sem proteção solar, respectivamente: Edf. Delmiro Gouveia (a), Edf. Lobão Barreto (b), Edf. Trade Center (c), Edf. Walmap (d), Edf. Emp. Br. De Penedo (e) e Edf. Business Tower (f).



Figura 53: Fachadas com proteção solar, respectivamente: Edf. Breda Center (a), Edf. Emp. Ruy Palmeira (b) e Edf. Work Center (c).



Figura 54: Fachadas com pele de vidro, respectivamente: Edf. Avenue Center (a) e Edf. Ocean Tower (b).

g) Tipologia das esquadrias: o tipo adotado é, em sua maioria, de correr ou maximar (ver Figura 55, a e b) e compostas por caxilhos de alumínio e vidro. Essa tipologia, além de aumentar a temperatura do ambiente interno, não permite um controle da quantidade e direção da luz que advém do meio externo. As cortinas, persianas e películas são muito utilizadas, diminuindo os níveis de iluminação natural;

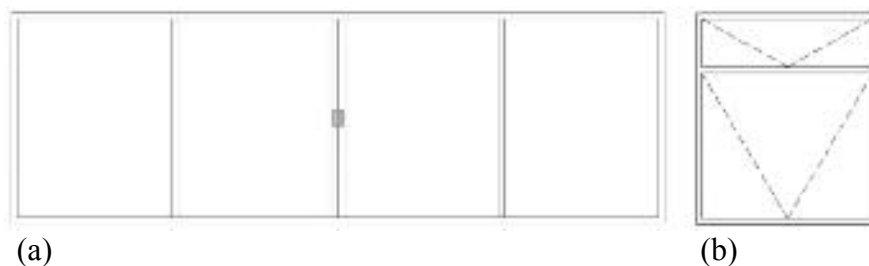


Figura 55: Exemplos de janela de correr (a) e maximar (b).

h) Localização e tamanho das esquadrias: em sua maioria encontram-se no centro das salas (com maior dimensão e de correr) ou na lateral do ambiente (com menor de dimensão e maximar);

i) Tipo de refrigeração: grande parte das salas é refrigerada por meio de ar condicionado de janela, ou seja, cada ambiente tem seu aparelho individual. Esse tipo de condicionamento é inadequado para grandes edificações. Segundo PEDRINI e LAMBERTS (2003) e GRATIA et al (2004), os sistemas integrados são mais adequados.

Após esse levantamento, percebeu-se o quanto se encontram inadequados os modelos desse tipo de edificação implantados na cidade de Maceió-AL. Os projetos, principalmente os mais recentes, não estão levando em consideração a adequação climática, ou seja, a orientação da edificação, sistemas de proteção solar nas aberturas, a utilização da iluminação e ventilação natural. As especificações dos materiais e o tipo de refrigeração interna também devem ser mais bem estudados.

4.2 SIMULAÇÃO I: SITUAÇÃO TÍPICA ATUAL

Nesta seção, será apresentada uma avaliação das condições típicas atuais das salas de edifícios de escritórios localizadas na cidade de Maceió. Foram selecionados quatro dias típicos e quatro orientações para que seja possível uma análise do comportamento da iluminação natural durante o ano nestas tipologias (salas com janela central e salas com janela lateral). Os resultados simplificados e suas respectivas análises são apresentados a seguir.

4.2.1 Salas com janela central (JC)

As salas foram comparadas em três profundidades (ver Figura 56, a, b e c), com a finalidade de possibilitar um estudo da relação profundidade da sala x uniformidade luminosa, e os pontos são localizados conforme a figura a seguir.

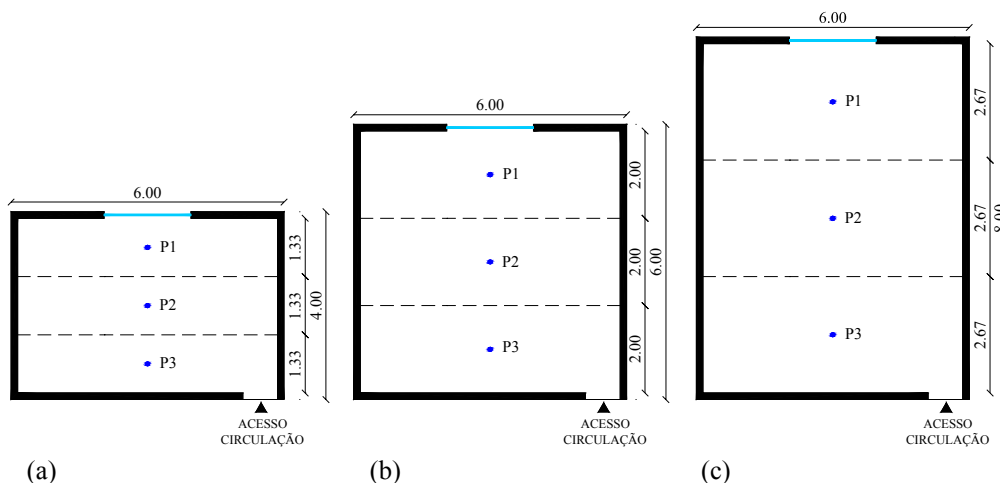


Figura 56: Salas com janela central, largura fixa de 6,00m e profundidade variável de 4,00m (a), 6,00m (b) e 8,00m (c).

Os resultados obtidos foram agrupados por pontos, inicialmente em tabelas hora x orientação e hora x data, a fim de facilitar a visualização dos resultados. A partir desses agrupamentos, selecionou-se o dia menos luminoso de cada orientação para a elaboração das tabelas ponto x hora (ver Tabelas 13, 15 e 18). Em seguida, todas essas tabelas foram resumidas em outras quatro tamanho da sala x ponto (ver Tabela 21), de onde foram obtidas as análises e conclusões expostas no item 4.2.1.4 desta seção.

4.2.1.1 Salas 4,00 x 6,00m² – Janela central

Foram realizadas simulações nas quatro orientações, entre as 8h e 17h, nos quatro dias típicos de Maceió e, a partir dos resultados obtidos, percebeu-se que na sala com quatro metros de profundidade:

a) Os dias menos luminosos ocorrem durante o solstício de inverno (22/06) para as orientações Sudeste e Sudoeste e, no solstício de verão (22/12), para as orientações Nordeste e Noroeste (ver Tabela 13);

Tabela 13: Iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 4,00 x 6,00m², janela central, tabela ponto x hora, dados em lux.

ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/06											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	3161	3610	4284	4858	5301	5457	5116	4104	2415	305	3862
2	1722	1715	1994	2119	2230	2243	2103	1758	1111	149	1714
3	1440	1607	1734	1874	1965	1974	1853	1556	992	134	1513

SALA 4X6 - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	4237	5105	5358	5170	4725	4153	3552	2828	1660	231	3702
2	1758	2066	2195	2185	2080	1915	1721	1456	848	113	1634
3	1533	1803	1925	1927	1846	1706	1501	1286	724	99	1435
ORIENTAÇÃO NE - DIA 22/12											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	3903	4667	5456	6378	7122	7475	7117	5753	3657	1387	5292
2	2002	2101	2333	2574	2737	2782	2654	2249	1563	643	2164
3	1798	1808	2156	2258	2383	2409	2293	1948	1365	568	1899
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	6516	7517	7544	6932	6944	5644	4446	3874	2733	1009	5316
2	2524	2809	2851	2700	2878	2971	2384	2155	1543	499	2331
3	2209	2436	2466	2349	2291	2284	2296	2185	1320	444	2028

Na Tabela 13 e nas demais tabelas com a mesma tipologia, as médias representam a divisão aritmética dos valores coletados em cada ponto das 8h às 17h, de acordo com a seguinte equação:

$$E_m = \sum_{h=8}^{17} E_h / 10 \quad \text{Eq. 1}$$

Porém, essa média não apresenta a média geral do dia; esses valores não são significativos para avaliação quantitativa das iluminâncias internas, mas foi a melhor forma encontrada para representar a distribuição das iluminâncias, para o estudo da uniformidade luminosa do ambiente.

b) Nota-se uma grande variação de iluminância entre os pontos 01 (mais próximos às aberturas) e os pontos 03 (do lado oposto às aberturas – ver Figura 57, a e b);

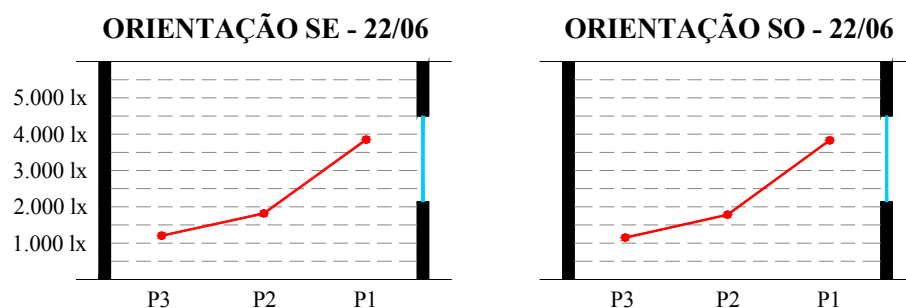


Figura 57: Distribuição das iluminâncias médias por ponto em lux, sala 4,00 x 6,00m²;

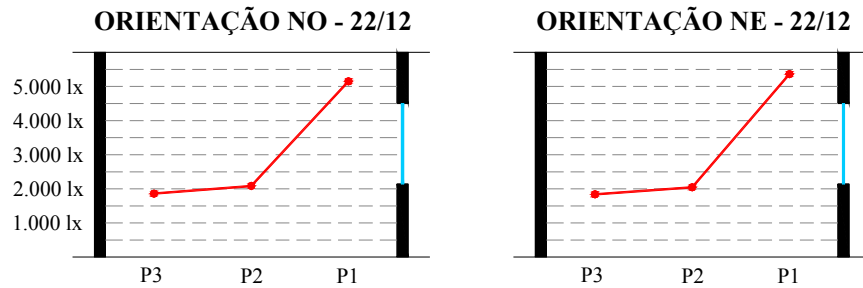


Figura 57: Distribuição das iluminâncias médias por ponto em lux, sala 4,00 x 6,00m²;

c) O decréscimo da iluminância média entre os Pontos 01 e 03, observada na figura acima, chega a 65,2% no dia 22/06 na orientação Sudoeste, como pode ser observado na Tabela 14;

Tabela 14: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos 02 e 03 em relação ao Ponto 01 em cada orientação, na sala 4,00 x 6,00m² com janela central.

SE – DIA 22/06		SO – 22/06		NE – 22/12		NO – 22/12	
P2	55,7%	P2	55,9%	P2	59,1%	P2	56,1%
P3	60,9%	P3	65,2%	P3	60,1%	P3	61,8%

A seguir encontra-se a equação utilizada para a avaliação desse parâmetro:

$$U = \frac{E_1 - E_x}{E_1} \times 100 \% \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: U - Decréscimo da iluminância em relação ao Ponto 01

E - Iluminância

E_x - Iluminância do Ponto 02 ou 03

d) A alta luminosidade no Ponto 01 justifica-se pela proximidade da abertura. Na grande maioria dos dias, existe a insolação direta próximo à abertura. Na Gráfico 6, podem-se observar os momentos em que a insolação direta atinge o interior do ambiente e os momentos em que é necessária a utilização da iluminação artificial;

Gráfico 6: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 4,00 x 6,00m² com janela central.

SALA 4X6 - SE - DIA 22/03											SALA 4X6 - SO - DIA 22/03											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1	■	■									P1									■	■	
P2											P2											■
P3											P3											■
SALA 4X6 - SE - DIA 22/06											SALA 4X6 - SO - DIA 22/06											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1										■	P1											■
P2											P2											■
P3											P3											■
SALA 4X6 - SE - DIA 23/09											SALA 4X6 - SO - DIA 23/09											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1	■										P1								■	■		■
P2										■	P2											■
P3											P3											■
SALA 4X6 - SE - DIA 22/12											SALA 4X6 - SO - DIA 22/12											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1	■	■									P1							■	■			■
P2											P2											■
P3											P3											■
SALA 4X6 - NE - DIA 22/03											SALA 4X6 - NO - DIA 22/03											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1	■	■									P1							■	■			
P2											P2											■
P3											P3											■
SALA 4X6 - NE - DIA 22/06											SALA 4X6 - NO - DIA 22/06											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1	■	■	■	■						■	P1						■	■				■
P2											P2											■
P3											P3											■
SALA 4X6 - NE - DIA 23/09											SALA 4X6 - NO - DIA 23/09											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1	■	■									P1							■	■			■
P2										■	P2											■
P3											P3											■
SALA 4X6 - NE - DIA 22/12											SALA 4X6 - NO - DIA 22/12											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											■
P3											P3											■

Legenda: ■ Período quando existe a incidência de insolação direta no interior do ambiente
 ■ Período quando é necessária a utilização da luz artificial

e) É possível, durante quase todo o período diurno, a não utilização da iluminação artificial, salvo às 17h, quando o sol já está se pondo.

4.2.1.2 Salas 6,00 x 6,00m² – Janela central

Os resultados obtidos na sala com essa profundidade foi muito semelhante ao anterior. Será seguida a mesma linha de raciocínio para a apresentação dos resultados. Então, nas salas com seis metros de profundidade:

- a) Os dias menos luminosos continuam sendo o solstício de inverno (22/06) para as orientações Sudeste e Sudoeste, e o solstício de verão (22/12) para as orientações Nordeste e Noroeste (ver Tabela 15);

Tabela 15: Iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 6,00 x 6,00m², janela central, tabela ponto x hora, dados em lux.

ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/06											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	2977	3334	3857	4319	4656	4789	4509	3670	2208	285	3460
2	1071	1213	1348	1463	1528	1552	1458	1221	774	104	1173
3	934	1027	1094	1188	1243	1270	1201	1017	655	89	972
ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	3784	4500	4710	4555	4214	3750	3207	2715	1544	219	3320
2	1203	1414	1505	1495	1436	1323	1207	968	563	77	1119
3	946	1122	1209	1209	1167	1076	931	826	446	61	899
ORIENTAÇÃO NE - DIA 22/12											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	3583	4111	4838	5552	6154	6429	6165	5086	3327	1292	4654
2	1351	1404	1610	1771	1872	1875	1789	1527	1074	444	1472
3	1051	1210	1298	1437	1509	1494	1412	1193	833	342	1178
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média ⁶
1	5700	6484	6493	6108	5671	5081	4122	3926	2327	949	4686
2	1752	1938	1960	1855	2300	1871	1755	1619	1109	342	1650
3	1435	1571	1585	1677	1753	1305	1296	1225	914	276	1304

- b) A variação de iluminância entre os pontos 1 (mais próximos às aberturas) e os pontos 3 (do lado oposto às aberturas) diminuiu, mas a falta de uniformidade luminosa no ambiente ainda é bastante acentuada (ver Figura 58);

⁶ Foram calculadas de acordo com a Nota 5.

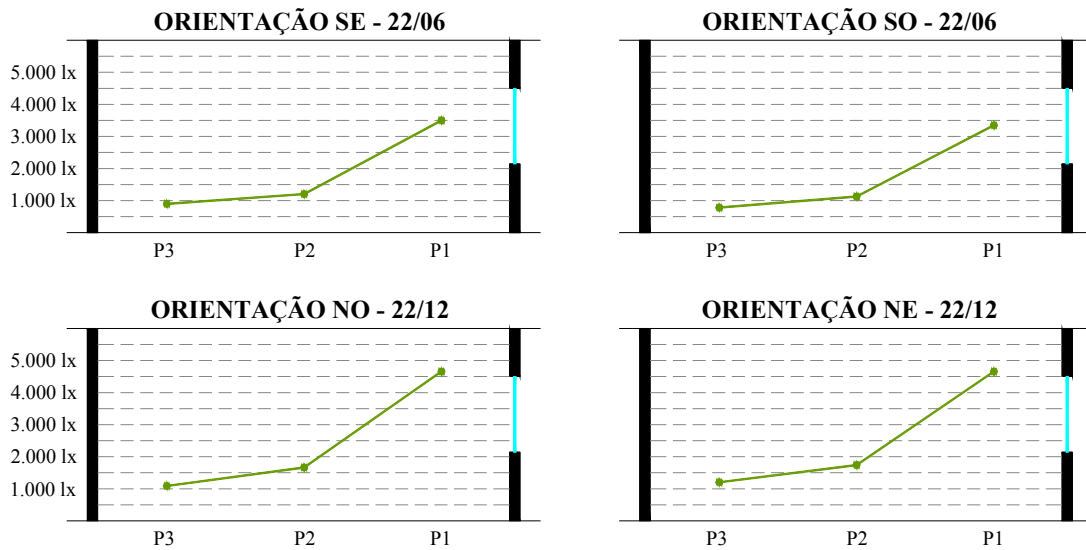


Figura 58: Distribuição das iluminâncias médias por ponto, sala 6x6m;

c) A variação luminosa entre os Pontos 01 e 03 chegou a 74,6%, no dia 22/12, na orientação Nordeste (ver Tabela 16);

Tabela 16: Decréscimo percentual⁷ das iluminâncias médias dos Pontos 2 e 3 em relação ao Ponto 1 em cada orientação, na sala 6,00 x 6,00m² com janela central.

SE – DIA 22/06		SO – 22/06		NE – 22/12		NO – 22/12	
P2	66%	P2	66,20%	P2	64,50%	P2	64,70%
P3	71,90%	P3	72,90%	P3	74,60%	P3	72,20%

d) Como era previsto, a variação das iluminâncias entre os Pontos 01 e 03 foi maior nas salas 6mx6m do que nas salas 4mx6m (ver Tabela 17);

Tabela 17: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 01 e 03, nas salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m² com janela central, dados em lux.

22/06 - ORIENTAÇÃO SE			22/06 - ORIENTAÇÃO SO		
	4X6	6X6		4X6	6X6
P1	3861,5	3460,4	P1	3702,0	3319,7
P3	1512,8	971,8	P3	1434,9	899,3
U	60,9%	71,9%	U	65,2%	72,9%
22/12 - ORIENTAÇÃO NE			22/12 - ORIENTAÇÃO NO		
P1	5291,5	4653,5	P1	5315,9	4686,1
P3	1898,7	1178,0	P3	2028,1	1303,7
U	60,1%	74,6%	U	61,8%	72,2%

Obs.: Onde U representa o decréscimo das iluminâncias entre os Pontos 1 e 3.

⁷ Esses percentuais foram calculados de acordo com a Equação 2.

e) A variação entre as iluminâncias dos Pontos 01 e 03, observada na Tabela 17, se deu devido à localização dos pontos em cada uma das salas, pois o Ponto 01 encontra-se mais próximo à abertura na sala 4,00 x 6,00m² (ver Figura 59);

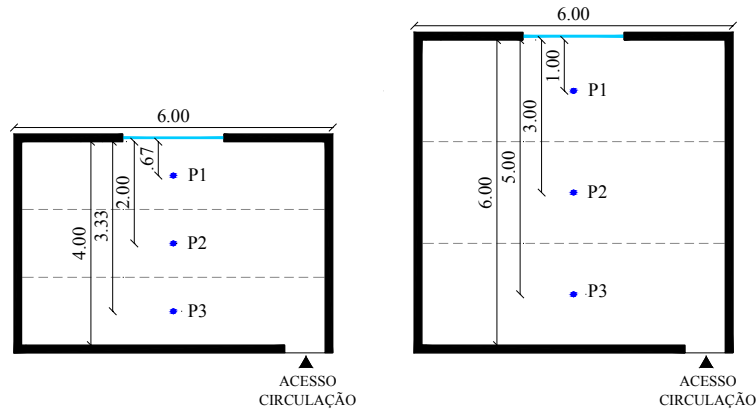


Figura 59: Comparação entre a localização dos Pontos 01 e 03, nas salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m².

f) A incidência da insolação direta no Ponto 01 (ver Gráfico 7) acontece em menores intervalos de tempo se comparado com a sala 4,00 x 6,00m², devido à diferença de 33cm existente entre a localização dos primeiros pontos de cada sala;

Gráfico 7: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 6,00 x 6,00m² com janela central.

SALA 6X6 - SE - DIA 22/03											SALA 6X6 - SO - DIA 22/03											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 6X6 - SE - DIA 22/06											SALA 6X6 - SO - DIA 22/06											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 6X6 - SE - DIA 23/09											SALA 6X6 - SO - DIA 23/09											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 6X6 - SE - DIA 22/12											SALA 6X6 - SO - DIA 22/12											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											

SALA 6X6 - NE - DIA 22/03											SALA 6X6 - NO - DIA 22/03										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1											P1										
P2											P2										
P3											P3										
SALA 6X6 - NE - DIA 22/06											SALA 6X6 - NO - DIA 22/06										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1											P1										
P2											P2										
P3											P3										
SALA 6X6 - NE - DIA 23/09											SALA 6X6 - NO - DIA 23/09										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1											P1										
P2											P2										
P3											P3										
SALA 6X6 - NE - DIA 22/12											SALA 6X6 - NO - DIA 22/12										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1											P1										
P2											P2										
P3											P3										

Legenda: Período quando existe a incidência de insolação direta no interior do ambiente
 Período quando é necessária a utilização da luz artificial

g) É possível, durante quase todo o período diurno, a não utilização da luz artificial. Porém, a necessidade do seu uso torna-se necessária a partir das 16h nos fundos da sala, no período do inverno, uma hora a mais que nas salas 4,00 x 6,00m².

4.2.1.3 Salas 8,00 x 6,00m² – Janela central

Mais uma vez, os resultados obtidos se assemelham e a forma de apresentação dos resultados será a mesma.

a) Têm-se os mesmos dias com menores iluminâncias: solstício de inverno (22/06) para as orientações Sudeste e Sudoeste, e o solstício de verão (22/12) para as orientações Nordeste e Noroeste (ver Tabela 18);

Tabela 18: Iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 8,00 x 6,00m², com janela central, tabela ponto x hora, dados em lux.

ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/06											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	2558	2929	3377	3682	3947	4041	3801	3109	1886	245	2957
2	775	850	968	1045	1100	1118	1051	884	564	76	843
3	680	729	868	886	928	941	886	749	481	65	721
ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	3224	3817	3996	3878	3604	3239	2822	2379	1395	193	2855
2	858	1014	1085	1077	1027	949	819	680	399	55	796
3	728	854	912	907	870	808	725	628	348	47	683
ORIENTAÇÃO NE - DIA 22/12											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	3192	3517	4257	4690	5171	5388	5178	4307	2851	1120	3967
2	910	1008	1187	1281	1356	1357	1292	1093	763	315	1056
3	827	859	1004	1070	1125	1122	1071	916	647	272	891
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12											
Ponto	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
1	4782	5405	5419	5048	4909	4069	3616	3371	2116	834	3957
2	1263	1394	1412	1344	1527	1301	1068	1214	820	245	1159
3	1058	1158	1172	1125	1220	1135	865	1015	645	210	960

b) A variação de iluminância entre os Pontos 01 e os Pontos 03, mais uma vez, aumentou em relação às salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m² (ver Figura 60);

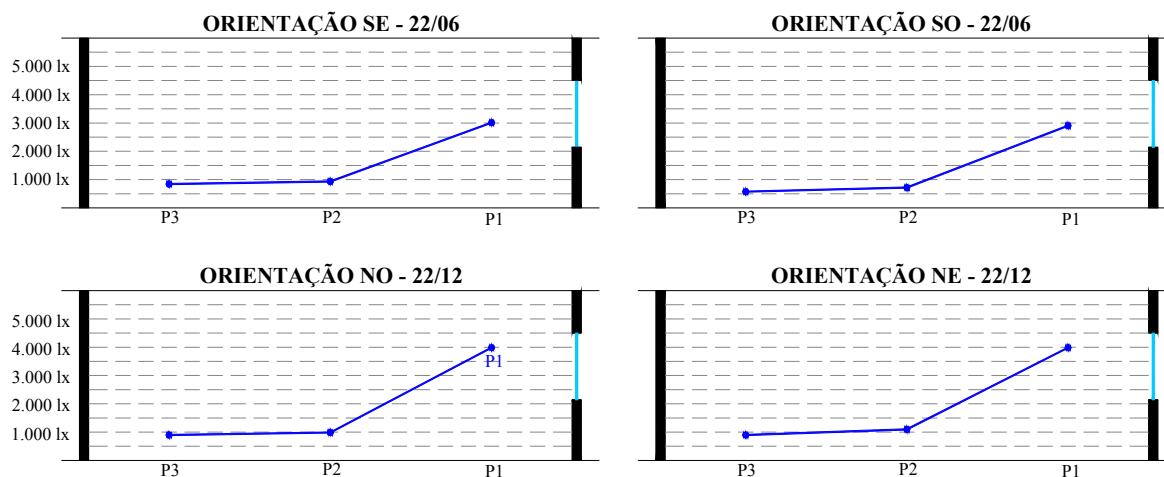


Figura 60: Distribuição das iluminâncias médias por ponto, sala 8,00 x 6,00m²;

c) A variação luminosa entre os Pontos 01 e 03 chegou a 77,5% no dia 22/12, quando voltado a Nordeste (ver Tabela 19);

Tabela 19: Decréscimo percentual⁸ das iluminâncias médias dos Pontos 2 e 3 em relação ao Ponto 1 em cada orientação, na sala 6,00 x 6,00m² com janela central.

SE – DIA 22/06		SO – 22/06		NE – 22/12		NO – 22/12	
P2	71,4%	P2	72,1%	P2	73,3%	P2	70,7%
P3	75,6%	P3	76,1%	P3	77,5%	P3	75,7%

d) Após a comparação das iluminâncias dos pontos nas três profundidades de sala, notou-se que a sala com 8,00m de profundidade possui menor uniformidade luminosa, seguida pela sala com 6,00m de profundidade e, por fim, a de 4,00m (ver Tabela 20);

Tabela 20: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 1 e 3, nas salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m² com janela central, dados em lux.

22/06 - ORIENTAÇÃO SE				22/06 - ORIENTAÇÃO SO			
	4X6	6X6	8X6		4X6	6X6	8X6
P1	3861,5	3460,4	843	P1	3702,0	3319,7	796
P3	1512,8	971,8	721	P3	1434,9	899,3	683
U	60,9%	71,9%	75,6%	U	65,2%	72,9%	76,1%
22/12 - ORIENTAÇÃO NE				22/12 - ORIENTAÇÃO NO			
	4X6	6X6	8X6		4X6	6X6	8X6
P1	5291,5	4653,5	1056	P1	5315,9	4686,1	1159
P3	1898,7	1178,0	891	P3	2028,1	1303,7	960
U	60,1%	74,6%	77,5%	U	61,8%	72,2%	75,7%

e) A incidência da insolação direta no ponto mais próximo à abertura continua acontecendo (ver Gráfico 8), porém em menores intervalos de tempo se comparado com as salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m²;

Gráfico 8: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 8,00 x 6,00m² com janela central.

SALA 8X6 - SE - DIA 22/03											SALA 8X6 - SO - DIA 22/03											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 8X6 - SE - DIA 22/06											SALA 8X6 - SO - DIA 22/06											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											

⁸ Esses percentuais foram calculados de acordo com a Equação 2.

SALA 8X6 - SE - DIA 23/09											SALA 8X6 - SO - DIA 23/09											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 8X6 - SE - DIA 22/12											SALA 8X6 - SO - DIA 22/12											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 8X6 - NE - DIA 22/03											SALA 8X6 - NO - DIA 22/03											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 8X6 - NE - DIA 22/06											SALA 8X6 - NO - DIA 22/06											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 8X6 - NE - DIA 23/09											SALA 8X6 - NO - DIA 23/09											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											
SALA 8X6 - NE - DIA 22/12											SALA 8X6 - NO - DIA 22/12											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
P1											P1											
P2											P2											
P3											P3											

Legenda: Período quando existe a incidência de insolação direta no interior do ambiente
 Período quando é necessária a utilização da luz artificial

f) É possível passar grande parte do horário comercial sem a utilização da iluminação artificial. Esta pode ser utilizada gradativamente dos fundos para o meio do ambiente a partir das 15h, uma hora a menos que a sala 6mx6m e duas a menos que a 4,00 x 6,00m²;

4.2.1.4 Análise das salas com janela central

Após as análises dos dados mostrados, chegou-se à elaboração da Tabela 21:

Tabela 21: Tabela comparativa para análise geral das médias das iluminâncias das salas com janela central, em lux.

ORIENTAÇÃO SE - 22/06				ORIENTAÇÃO SO - 22/06			
SALA	P1	P2	P3	SALA	P1	P2	P3
4X6	3862	1714	1513	4X6	3702	1634	1435
6X6	3460	1173	972	6X6	3320	3320	899
8X6	2957	843	721	8X6	2855	796	683
ORIENTAÇÃO NE - 22/12				ORIENTAÇÃO NO - 22/12			
SALA	P1	P2	P3	SALA	P1	P2	P3
4X6	5292	2164	1899	4X6	5316	2331	2028
6X6	4654	1472	1178	6X6	4686	1650	1304
8X6	3967	1056	891	8X6	3957	1159	960

A partir da Tabela 21, chegou-se às seguintes conclusões:

- a) Nas orientações Nordeste e Noroeste, o mês de dezembro (solstício de verão) é o que apresenta menores iluminâncias ao decorrer do dia em relação aos outros meses do ano;
- b) Nas orientações Sudeste e Sudoeste, o mês de junho (solstício de inverno) é o que apresenta menores iluminâncias ao decorrer do dia, em relação aos outros meses do ano;
- c) Sem a utilização de protetor solar, a insolação direta atinge a área perto das aberturas pela manhã nas orientações Nordeste (entre 8h e 11h) e Sudeste (entre 8h e 9h), e, pela tarde, nas orientações Noroeste (entre 12h e 15h) e Sudoeste (entre 15h e 16h). Ver áreas pintadas em amarelo claro nos Gráficos 07, 08 e 09;
- d) Os Pontos 02 e 03 não são atingidos pela insolação direta em nenhum período do dia ou do ano. Todavia, como a distância entre os pontos é variável de acordo com a profundidade da sala, foi elaborada a Figura 61 para facilitar a leitura dos resultados. A partir desta figura, foi possível perceber que a insolação direta atinge no máximo 2,00m a partir da abertura. Esse resultado é preocupante para a sala 4,00 x 6,00m², por comprometer 50% da mesma. Para as demais salas o lay-out dos móveis pode diminuir o desconforto, assim como o uso de dispositivos de proteção solar;

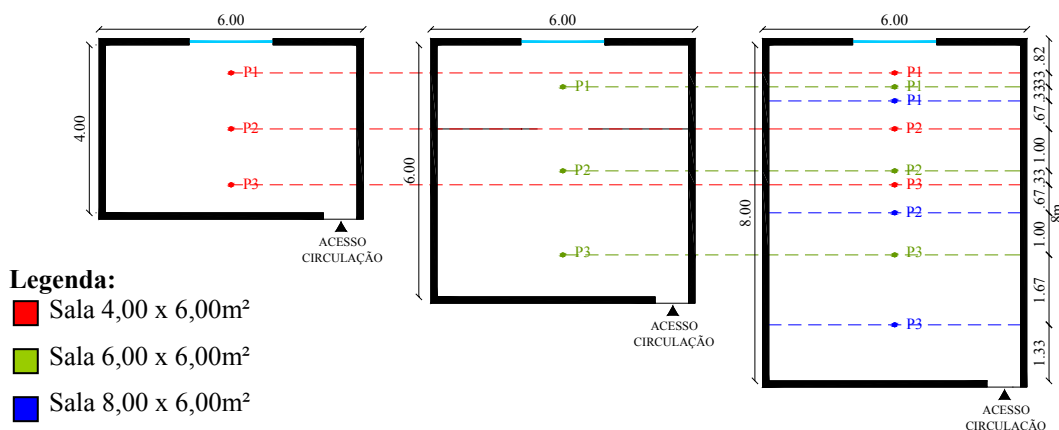
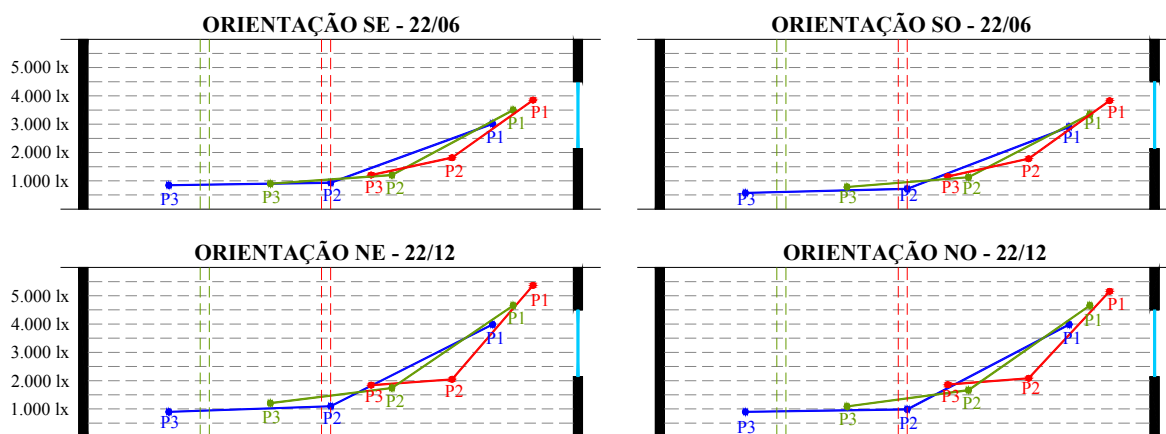


Figura 61 : Localização geral dos pontos de simulação.

e) Nas três salas utilizadas como modelo, foi observada uma diminuição dos níveis de iluminação natural à medida que o ponto se afasta da abertura, o que demonstra a relação entre a uniformidade luminosa e a profundidade das salas (ver Figura 62);



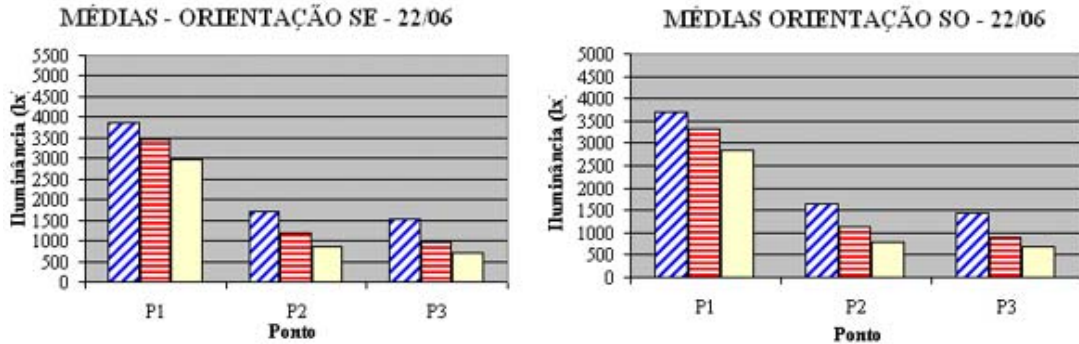
Legenda: ■ Sala 4,00 x 6,00m² ■ Sala 6,00 x 6,00m² ■ Sala 8,00 x 6,00m²

Figura 62: Relação entre iluminâncias e localização dos pontos.

f) A partir da Figura 62, notou-se que, após os quatro primeiros metros da abertura (linhas vermelhas pontilhadas), as iluminâncias tornaram-se mais uniforme. Entretanto, esses valores encontram-se abaixo da média ideal, de acordo a NBR 5413/1992⁹, pelo menos duas horas por dia;

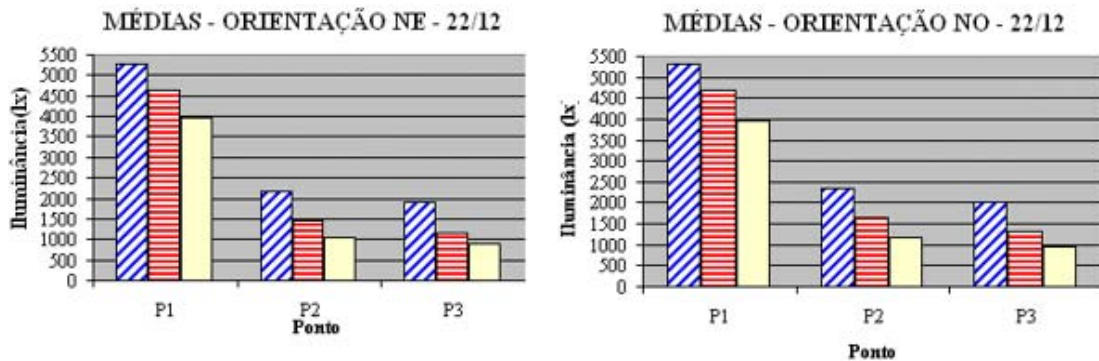
⁹ Lembrando que esta norma é para iluminação artificial e que por ausência de uma norma específica para iluminação natural decidiu-se adota-la como parâmetro de comparação.

g) As iluminâncias do solstício de verão são mais elevadas que as do solstício de inverno e a variação, mesmo sendo proporcional em todas as salas, é maior na sala 8,00 x 6,00m², a mais profunda (ver Gráficos 9, 10, 11 e 12);



Legenda: Sala 4,00 x 6,00m² Sala 6,00 x 6,00m² Sala 8,00 x 6,00m²

Gráficos 9 e 10: Relação entre as médias de cada sala e a localização dos pontos no solstício de inverno nas orientações sudeste e sudoeste.



Legenda: Sala 4,00 x 6,00m² Sala 6,00 x 6,00m² Sala 8,00 x 6,00m²

Gráficos 11 e 12: Relação entre as médias de cada sala e a localização dos pontos no solstício de inverno nas orientações nordeste e noroeste.

h) Entre os dias menos luminosos de cada orientação, o dia 22/06 na orientação sudoeste é o que possui iluminância mais baixa no decorrer do ano (ver Figura 63).

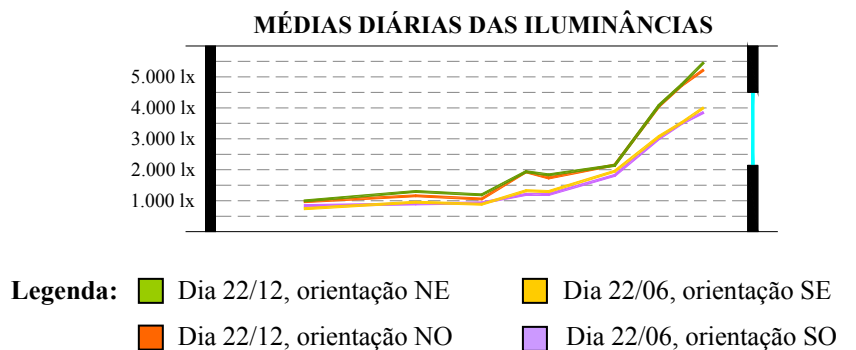


Figura 63: Iluminâncias dos dias menos luminosos de cada orientação.

4.2.2 Salas com janela lateral (JL)

As salas também foram comparadas nas três profundidades (4,00 x 6,00m², 6,00 x 6,00m² e 8,00 x 6,00m²), com a finalidade de possibilitar um estudo da relação profundidade da sala x uniformidade luminosa e os pontos são localizados conforme a Figura 64.

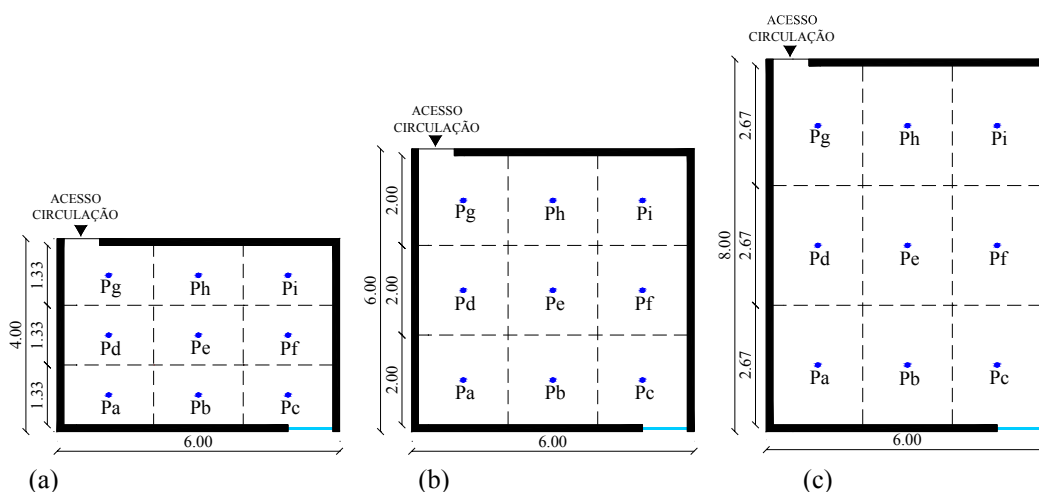


Figura 64: Salas com janela lateral, largura fixa de 6m e profundidade variável de 4m (a), 6m (b) e 8m (c).

Como a luz natural teria um comportamento parecido com o apresentado na Seção 4.2.1, e a pesquisa busca a implementação da iluminação natural nas salas típicas de edifícios de escritórios, decidiu-se investigar a influência dos parâmetros propostos nos casos com menores iluminâncias, ou seja, na situação típica caracterizada para este estudo, será pesquisada a pior situação.

4.2.2.1 Salas 4,00 x 6,00m² – Janela lateral

A partir dos resultados obtidos nas simulações computacionais, percebeu-se que:

a) A variação luminosa se dá tanto na largura quanto na profundidade das salas. Na Tabela 22, cada ponto está localizado de acordo com a Figura 64;

Tabela 22: Média das iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 4,00 x 6,00m², com janela lateral, tabela ponto x hora, dados em lux.

ORIENTAÇÃO SE - 22/06			ORIENTAÇÃO SO - 22/06		
Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi
525	667	746	471	603	703
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
513	648	938	463	575	890
Pa	Pb	Pc	Pa	Pb	Pc
461	596	2938	433	547	2856
ORIENTAÇÃO NE - 22/12			ORIENTAÇÃO NO - 22/12		
Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi
621	785	918	733	883	1023
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
614	770	1173	708	896	1236
Pa	Pb	Pc	Pa	Pb	Pc
574	726	3997	645	784	4045

Legenda: Localização da abertura

b) Para possibilitar a elaboração de um desenho que demonstrasse a variação luminosa da sala, existente tanto na largura quanto na profundidade, foi necessária uma simplificação dos pontos de simulação (ver Tabela 23);

Tabela 23: Médias das iluminâncias dos Pontos de Simulação Simplificados das salas 4,00 x 6,00m² com janela lateral, dados em lux.

SE - 22/06		SO - 22/06		NE - 22/12		NO - 22/12	
P1	1332	P1	1332	P1	1279	P1	1766
P2	700	P2	700	P2	643	P2	852
P3	646	P3	646	P3	592	P3	775
P1'	1540	P1'	1483	P1'	2101	P1'	2029
P2'	637	P2'	575	P2'	854	P2'	761
P3'	500	P3'	456	P3'	696	P3'	603

Essa simplificação foi alcançada de acordo com as equações a seguir:

$$E_{P1} = (E_{Pa} + E_{Pb} + E_{Pc}) / 3 \quad \text{Eq. 3}$$

$$E_{P2} = (E_{Pd} + E_{Pe} + E_{Pf}) / 3 \quad \text{Eq. 4}$$

$$E_{P3} = (E_{Pg} + E_{Ph} + E_{Pi}) / 3 \quad \text{Eq. 5}$$

$$E_{P1'} = (E_{Pi} + E_{Pf} + E_{Pc}) / 3 \quad \text{Eq. 6}$$

$$E_{P2'} = (E_{Ph} + E_{Pe} + E_{Pb}) / 3 \quad \text{Eq. 7}$$

$$E_{P3'} = (E_{Pg} + E_{Pd} + E_{Pa}) / 3 \quad \text{Eq. 8}$$

Onde E_{P1} , E_{P2} e E_{P3} correspondem à variação na profundidade da sala e $E_{P1'}$, $E_{P2'}$ e $E_{P3'}$, à variação na largura do ambiente;

c) Então, a partir dessa simplificação, foram elaborados dois cortes esquemáticos, de acordo com a Figura 65, demonstrando a variação luminosa na largura e na profundidade do ambiente;

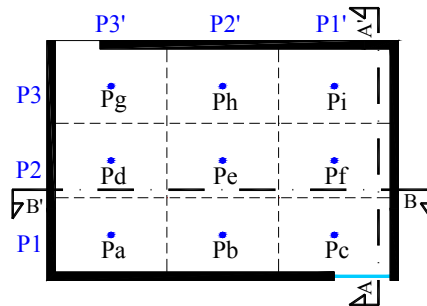


Figura 65: Marcação dos cortes AA' e BB' para elaboração dos desenhos que demonstram a variação luminosa na largura e na profundidade do ambiente.

d) A seguir, um exemplo do comportamento da iluminação natural no dia 22/06, na orientação Sudoeste, mostrando as médias dos pontos na largura e na profundidade da sala (Figura 66);

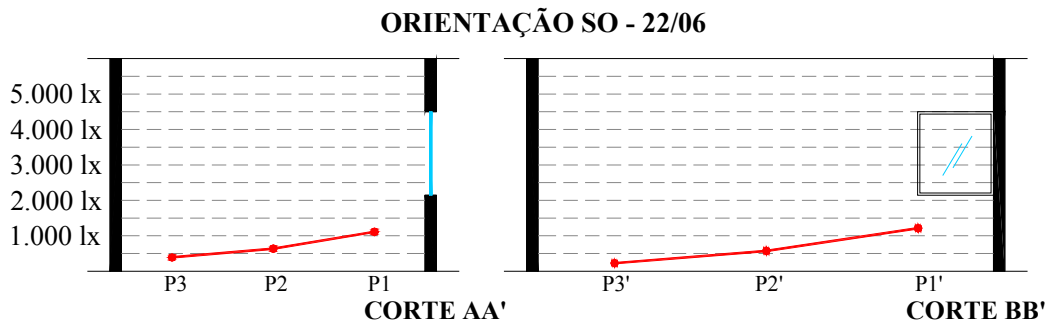


Figura 66: Distribuição das iluminâncias das salas 4,00 x 6,00m² com janela lateral, mostrando a variação luminosa na profundidade e na largura do ambiente.

e) Em termos percentuais, essas variações ocorreram de acordo com a Tabela 24;

Tabela 24: Decréscimo percentual¹⁰ das iluminâncias médias dos Pontos Simplificados 02, 02', 03 e 03' em relação ao Ponto 01 e 01' em cada uma das orientações, na sala 4,00 x 6,00m² com janela lateral.

SE - 22/06		SO - 22/06		NE - 22/12		NO - 22/12	
P2	47%	P2	47%	P2	49%	P2	52%
P3	51%	P3	51%	P3	54%	P3	56%
P2'	58%	P2'	61%	P2'	59%	P2'	62%
P3'	67%	P3'	69%	P3'	66%	P3'	70%

Percebe-se que, para a sala com quatro metros de profundidade, a variação luminosa é mais intensa na largura que na profundidade do ambiente;

f) A utilização da luz artificial se faz necessária, principalmente no horário da tarde e, quanto mais afastado o ponto se encontra da abertura, mais cedo seu uso se torna necessário (ver Gráfico 13).

Gráfico 13: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 4,00 x 6,00m² com janela lateral.

SALA 4X6 - JLD - SE - DIA 22/06											SALA 4X6 - JLD - SO - DIA 22/06										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										
SALA 4X6 - JLD - NE - DIA 22/12											SALA 4X6 - JLD - NO - DIA 22/12										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										

Legenda: Período quando é necessária a utilização da luz artificial
 Período quando existe a incidência de insolação direta no interior do ambiente

¹⁰ Esses percentuais foram calculados de acordo com a Equação 2.

4.2.2.2 Salas 6,00 x 6,00m² – Janela lateral

Em comparação com as salas 4,00 x 6,00m² analisadas no item anterior, pode-se dizer que nas salas com seis metros de profundidade:

a) Devido à profundidade da sala, os níveis de iluminação tornam-se menores, em comparação com as salas 4,00 x 6,00m² (ver Tabela 25);

Tabela 25: Média das iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 6,00 x 6,00m², com janela lateral, tabela ponto x hora, dados em lux.

MÉDIAS POR PONTO – SALAS 4X6 – JANELA LATERAL					
ORIENTAÇÃO SE - 22/06			ORIENTAÇÃO SO - 22/06		
Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi
415	427	454	368	387	419
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
400	489	592	363	448	562
Pa	Pb	Pc	Pa	Pb	Pc
385	471	2503	356	437	2421
ORIENTAÇÃO NE - 22/12			ORIENTAÇÃO NO - 22/12		
Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi
482	503	553	569	576	635
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
474	598	735	564	664	802
Pa	Pb	Pc	Pa	Pb	Pc
554	645	3436	479	5834	3372

Legenda: Localização da abertura

b) A tabela dos pontos simplificados facilita a visualização da variação luminosa na profundidade (P1, P2 e P3) e na largura (P1', P2' e P3') do ambiente (ver Tabela 26);

Tabela 26: Médias das iluminâncias dos Pontos de Simulação Simplificados das salas 6,00 x 6,00m² com janela lateral, dados em lux.

SE - 22/06		SO - 22/06		NE - 22/12		NO - 22/12	
P1	1120	P1	1071	P1	1624	P1	1553
P2	494	P2	458	P2	628	P2	2312
P3	432	P3	391	P3	562	P3	478
P1'	1183	P1'	1134	P1'	1545	P1'	3228
P2'	462	P2'	424	P2'	677	P2'	602
P3'	400	P3'	362	P3'	593	P3'	513

c) A Figura 67 mostra um exemplo do comportamento da iluminação natural no interior do ambiente, apresentando as médias dos pontos na sua largura e profundidade¹¹;

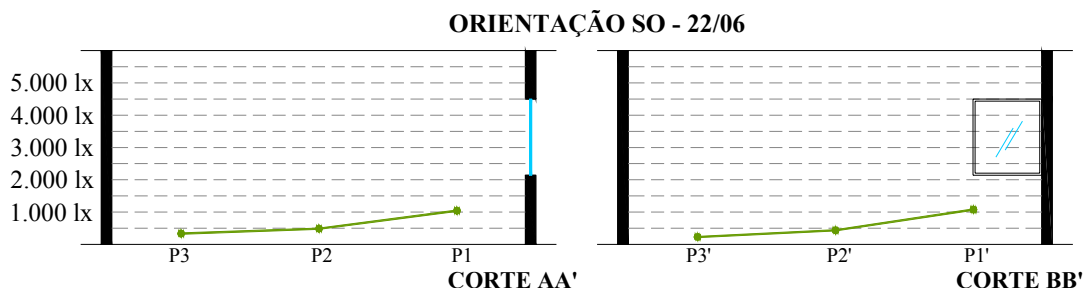


Figura 67: Distribuição das iluminâncias das salas 6,00 x 6,00m² com janela lateral, mostrando a variação luminosa na profundidade e na largura do ambiente.

d) Em termos percentuais, essas variações ocorreram de acordo com a Tabela 27;

Tabela 27: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos Simplificados 02, 02', 03 e 03' em relação ao Ponto 01 e 01' em cada uma das orientações, na sala 6,00 x 6,00m² com janela lateral¹².

SE - 22/06		SO - 22/06		NE - 22/12		NO - 22/12	
P2	56%	P2	57%	P2	61%	P2 ¹³	-
P3	61%	P3	63%	P3	65%	P3	69%
P2'	60%	P2'	62%	P2'	56%	P2'	81%
P3'	66%	P3'	68%	P3'	61%	P3'	84%

e) Como era previsto, a variação das iluminâncias entre os Pontos 1, 1', 3 e 3' foi maior nas salas 6,00 x 6,00m² do que nas salas 4,00 x 6,00m² (ver Tabela 28).

Tabela 28: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 01 e 03, nas salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m² com janela lateral.

22/06 - ORIENTAÇÃO SE			22/06 - ORIENTAÇÃO SO		
	4X6	6X6		4X6	6X6
P3	51%	61%	P1	51%	63%
P3'	15%	66%	P3	16%	68%
22/12 - ORIENTAÇÃO NE			22/12 - ORIENTAÇÃO NO		
P3	54%	56%	P1	56%	69%
P3'	9%	61%	P3	15%	84%

¹¹ Essa figura foi elaborada de acordo com as Equações 3, 4, 5, 6, 7 e 8; e a Figura 65.

¹² Esses percentuais foram calculados de acordo com a Equação 2.

¹³ No Ponto 2 da orientação Noroeste, houve a incidência da insolação direta no Ponto b, portanto seu valor percentual não foi válido para comparação.

e) Não existe penetração da insolação direta no ambiente e a luz artificial será usada em um intervalo de tempo maior nas salas 6,00 x 6,00m², em relação às salas com quatro metros de profundidade (ver Gráfico 14);

Gráfico 14: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 6,00 x 6,00m², com janela lateral.

SALA 6X6 - JLD - SE - DIA 22/06											SALA 6X6 - JLD - SO - DIA 22/06										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										
SALA 6X6 - JLD - NE - DIA 22/12											SALA 6X6 - JLD - NO - DIA 22/12										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										

Legenda: Período quando é necessária a utilização da luz artificial

f) Mais uma vez, verificou-se uma grande variação luminosa tanto na largura quanto na profundidade da sala, fazendo-se necessária a utilização da luz artificial de forma gradativa durante o dia.

4.2.2.3 Salas 8,00 x 6,00m² – Janela lateral

Os resultados obtidos se assemelham e a forma de apresentação dos resultados será a mesma. Então nas salas com oito metros de profundidade:

a) Devido à profundidade da sala, as iluminâncias tornaram-se ainda menores, em comparação com as salas 6,00 x 6,00m², nos pontos localizados mais ao fundo do ambiente;

Tabela 29: Média das iluminâncias no dia menos luminoso de cada orientação, sala 8,00 x 6,00m², com janela lateral, tabela ponto x hora, dados em lux.

MÉDIAS POR PONTO – SALAS 4X6 – JANELA LATERAL					
ORIENTAÇÃO SE - 22/06			ORIENTAÇÃO SO - 22/06		
Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi
289	305	300	261	279	281
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
337	365	430	303	339	400
Pa	Pb	Pc	Pa	Pb	Pc
326	469	2083	303	413	2037
ORIENTAÇÃO NE - 22/12			ORIENTAÇÃO NO - 22/12		
Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi
344	374	361	397	423	413
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
406	440	529	473	519	599
Pa	Pb	Pc	Pa	Pb	Pc
402	543	2806	445	639	2830

Legenda: Localização da abertura

b) Para facilitar a visualização da variação luminosa na profundidade (P1, P2 e P3) e na largura (P1', P2' e P3') do ambiente, foi elaborada a Tabela 30;

Tabela 30: Médias das iluminâncias dos pontos de simulação simplificados das salas 6,00 x 6,00m² com janela lateral, dados em lux.

SE - 22/06		SO - 22/06		NE - 22/12		NO - 22/12	
P1	959	P1	918	P1	1250	P1	1305
P2	377	P2	347	P2	458	P2	530
P3	298	P3	274	P3	360	P3	411
P1'	938	P1'	906	P1'	1232	P1'	1281
P2'	380	P2'	344	P2'	452	P2'	527
P3'	317	P3'	289	P3'	384	P3'	438

c) O comportamento da iluminação se dá de forma semelhante, em comparação com as salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m². A Figura 68 traz um exemplo do comportamento da iluminação natural no interior do ambiente;

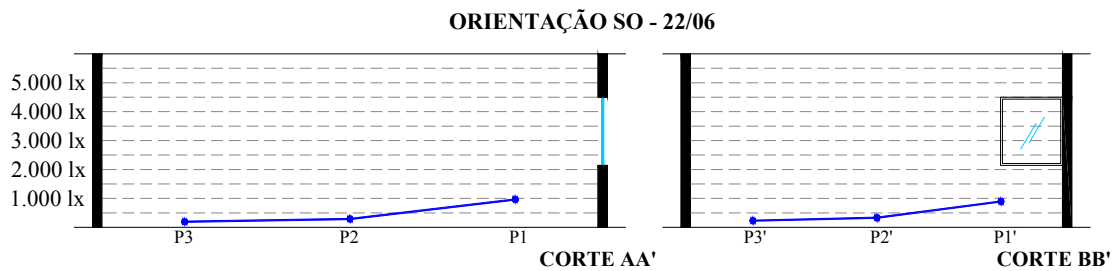


Figura 68: Distribuição das iluminâncias das salas 8,00 x 6,00m² com janela lateral, mostrando a variação luminosa na profundidade e na largura do ambiente.

d) Em termos percentuais, essas variações ocorreram de acordo com a Tabela 31;

Tabela 31: Decréscimo percentual das iluminâncias médias dos Pontos Simplificados 2, 2', 3 e 3' em relação ao Ponto 1 e 1' em cada uma das orientações, na sala 8,00 x 6,00m² com janela lateral¹⁴.

SE - 22/06		SO - 22/06		NE - 22/12		NO - 22/12	
P2	60%	P2	62%	P2	63%	P2	59%
P3	69%	P3	70%	P3	71%	P3	68%
P2'	59%	P2'	62%	P2'	63%	P2'	58%
P3'	66%	P3'	68%	P3'	68%	P3'	65%

e) Como era previsto, a variação das iluminâncias entre os Pontos 1, 1', 3 e 3' foi maior nas salas 8,00 x 6,00m² do que nas salas 6,00 x 6,00m² e 4,00 x 6,00m², exceto na orientação Noroeste, devido à penetração da luz solar direta que ocorreu na sala 6,00 x 6,00m² (ver Tabela 32);

Tabela 32: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 01 e 03, nas salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m² com janela lateral.

22/06 - ORIENTAÇÃO SE				22/06 - ORIENTAÇÃO SO			
	4X6	6X6	8X6		4X6	6X6	8X6
P3	51%	61%	69%	P3	51%	63%	70%
P3'	15%	66%	66%	P3	16%	68%	68%
22/12 - ORIENTAÇÃO NE				22/12 - ORIENTAÇÃO NO			
	4X6	6X6	8X6		4X6	6X6	8X6
P3	54%	56%	71%	P3	56%	69%	68%
P3'	9%	61%	68%	P3	15%	84%	65%

f) Não existe insolação direta penetrando no interior do ambiente (ver Gráfico 15);

Gráfico 15: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, sala 6,00 x 6,00m², com janela lateral.

¹⁴ Esses percentuais foram calculados de acordo com a Equação 2.

SALA 8X6 - JLD - SE - DIA 22/06											SALA 8X6 - JLD - SO - DIA 22/06										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										
SALA 8X6 - JLD - NE - DIA 22/12											SALA 8X6 - JLD - NO - DIA 22/12										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										

Legenda: Período quando é necessária a utilização da luz artificial

g) E a utilização da luz artificial é necessária em alguns períodos durante o dia.

4.2.2.4 Análise das salas com janela lateral

Após as análises dos dados mostrados acima, chegou-se à elaboração da tabela a seguir:

Tabela 33: Tabela comparativa dos pontos simplificados para análise geral das salas com janela lateral.

SE - 22/06				SO - 22/06			
	4X6	6X6	8X8		4X6	6X6	8X84
P1	1332	1120	959	P1	1332	1071	918
P2	700	494	377	P2	700	458	347
P3	646	432	298	P3	646	391	274
P1'	1540	1183	938	P1'	1483	1134	906
P2'	637	462	380	P2'	575	424	344
P3'	500	400	317	P3'	456	362	289
NE - 22/12				NO - 22/12			
	4X6	6X6	8X8		4X6	6X6	8X8
P1	1279	1624	1250	P1	1766	1553	1305
P2	643	628	458	P2	852	2312	530
P3	592	562	360	P3	775	478	411

NE - 22/12				NO - 22/12			
P1'	2101	1545	1232	P1'	2029	3228	1281
P2'	854	677	452	P2'	761	602	527
P3'	696	593	384	P3'	603	513	438

E, a partir da Tabela 33, foi possível a tomada das seguintes conclusões:

- Mesmo sem a utilização de protetor solar, a insolação direta praticamente não atinge o interior do ambiente. Isso ocorre, em média, menos de hora por dia (ver Gráficos 14, 15 e 16);
- Os Pontos localizados na segunda e terceira linhas paralelas à janela (Pd, Pe, Pf, Pg, Ph e Pi) não são atingidos em nenhum momento pela luz direta do sol, salvo na sala 4x6m, no dia 22/12, na orientação Noroeste, que ocorre uma insolação pontual às 17h no Ponto Pd;
- Ao observar a Figura 69, percebe-se que a luz natural penetra no ambiente de maneira semelhante nas três profundidades de sala (4,00m, 6,00m e 8,00m), tanto na largura quanto na profundidade;

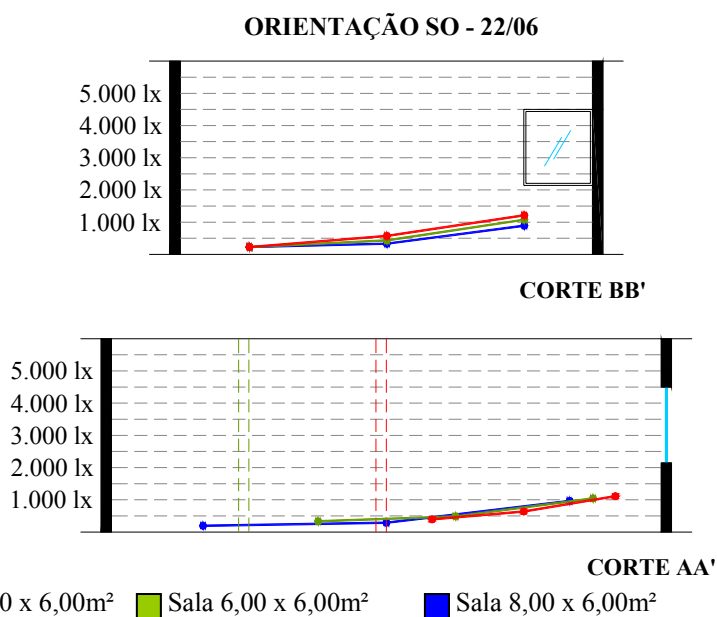


Figura 69: Relação entre iluminâncias e localização dos pontos nas salas com janela lateral¹⁵.

- Como era esperado, notou-se que, à medida que a sala vai se tornando mais profunda, a diferença luminosa entre os pontos mais próximos à abertura e os do lado oposta à mesma aumenta (ver Tabela 34);

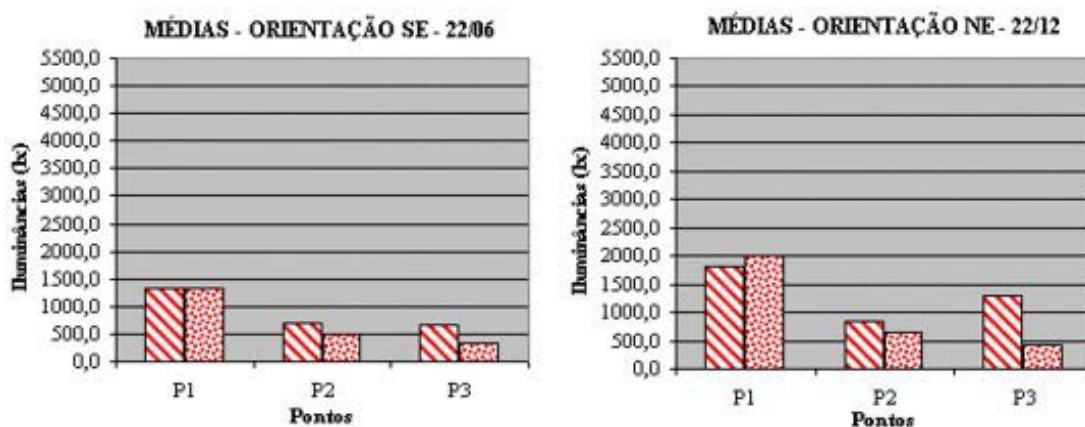
¹⁵ Essa figura foi elaborada de acordo com as Equações 3, 4, 5, 6, 7 e 8; e a Figura 65.

Tabela 34: Comparação entre as médias das iluminâncias dos Pontos 1 e 3, nas salas 4,00 x 6,00m² e 6,00 x 6,00m² com janela central.

22/06 - ORIENTAÇÃO SE			22/06 - ORIENTAÇÃO SO				
	4X6	6X6	8X6		4X6	6X6	8X6
P1	1332	1120	959	P1	1332	1071	918
P3	646	432	298	P3	646	391	274
U	51%	61%	69%	U	51%	63%	70%
22/12 - ORIENTAÇÃO NE			22/12 - ORIENTAÇÃO NO				
	4X6	6X6	8X6		4X6	6X6	8X6
P1	1279	1624	1250	P1	1766	1553	1305
P3	592	562	360	P3	775	478	411
U	54%	56%	71%	U	56%	69%	68%

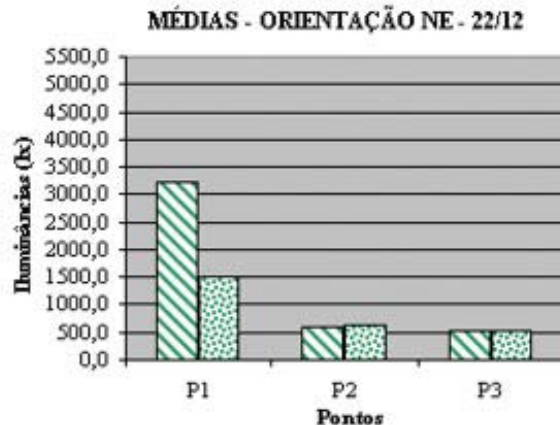
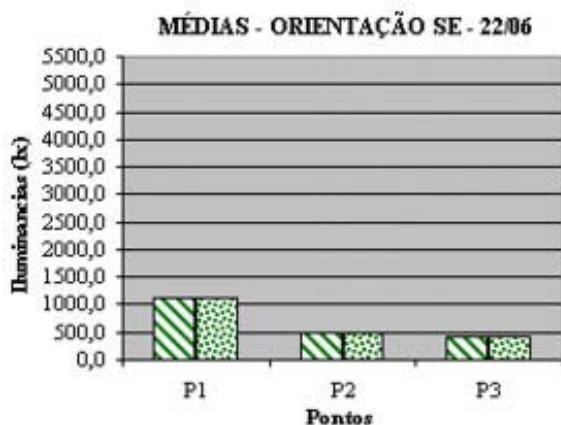
e) As iluminâncias do solstício de verão são mais elevadas que as do solstício de inverno e a variação, mesmo sendo proporcional em todas as salas, é maior na sala 8,00 x 6,00m², a mais profunda, por possuir iluminâncias mais baixas nos pontos mais afastados da abertura;

f) Foi realizado um estudo piloto com a finalidade de verificar se a localização da janela lateral traria influência nas iluminâncias internas. Para tanto, foram realizadas simulações com a abertura do lado esquerdo e direito do ambiente, a partir das quais foi possível concluir que essa variação é pouco significativa, exceto na sala 4,00 x 6,00m², devido à proximidade dos pontos à abertura (ver Gráficos 16, 17, 18, 19, 20 e 21).



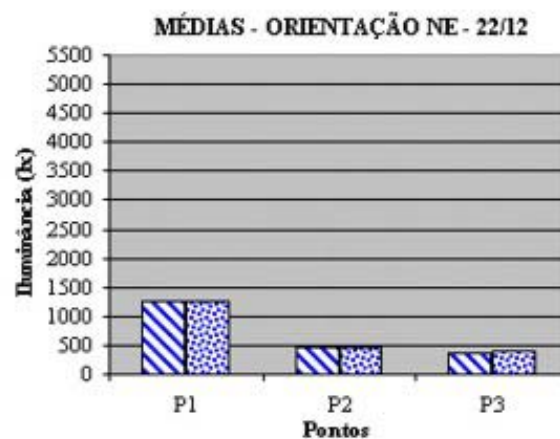
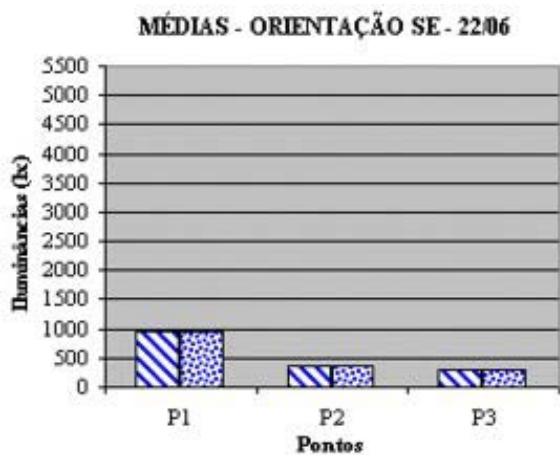
Legenda: ▨ Sala com janela do lado direito ▩ Sala com janela do lado esquerdo

Gráficos 16 e 17: Relação entre as médias dos pontos na sala 4,00 x 6,00m², no solstício de inverno na orientação Sudeste e no solstício de verão na orientação Nordeste.



Legenda: Sala com janela do lado direito Sala com janela do lado esquerdo

Gráficos 18 e 19: Relação entre as médias dos pontos na sala 6,00 x 6,00m², no solstício de inverno na orientação Sudeste e no solstício de verão na orientação Nordeste.



Legenda: Sala com janela do lado direito Sala com janela do lado esquerdo

Gráficos 20 e 21: Relação entre as médias dos pontos na sala 8,00 x 6,00m², no solstício de inverno na orientação Sudeste e no solstício de verão na orientação Nordeste.

É importante destacar que, nesta primeira etapa de simulações, as aberturas não possuem proteção contra a radiação direta.

4.3 SIMULAÇÃO II: PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES “A”

Nesta seção, será apresentada a primeira proposta de intervenção para um melhor aproveitamento da iluminação natural no interior das salas de escritórios. Como já foi explicado no item 3.4.2 desta dissertação, foram adicionadas prateleiras de luz nas duas tipologias de aberturas (ver Figura 70) das salas mais profundas (8,00 x 6,00m²), por

possuírem níveis luminosos mais baixos no Ponto 3, a fim de avaliar a alteração na distribuição das iluminâncias no ambiente.

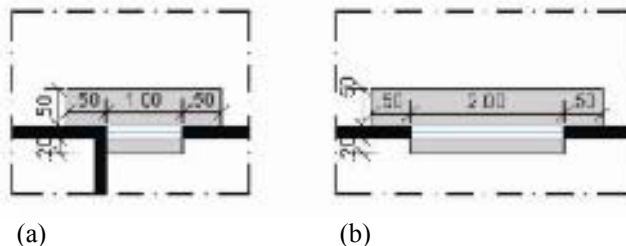


Figura 70: Prateleira de luz na janela lateral (a) e na janela central (b).

As simulações foram realizadas nos dias menos luminosos de cada orientação (SE-22/06, SO-22/06, NE-22/12 e NO-22/12) e os pontos foram localizados, conforme a Figura 71, a seguir:

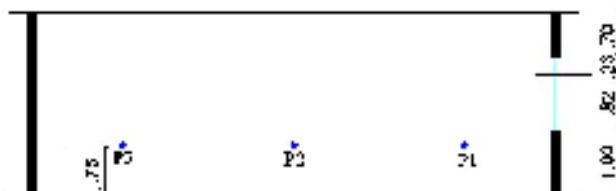


Figura 71: Localização dos pontos na sala 8x6m com prateleira de luz.

A seguir, são apresentados os resultados encontrados com simulações nas salas com janela central + prateleira de luz (JC+PL) e janela lateral + prateleira de luz (JL+PL).

4.3.1 Salas com janela central (JC) + prateleira de luz (PL)

Foram realizadas simulações nas quatro orientações, entre 8h e 17h, nos dias menos luminosos de cada orientação. Após a elaboração de uma tabela comparativa entre as salas com e sem o uso da prateleira de luz (ver Tabela 35), observou-se que:

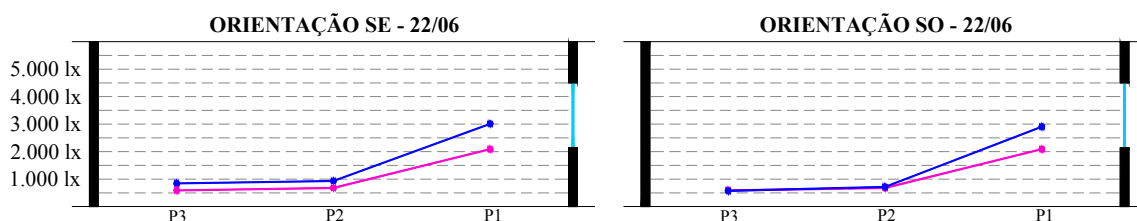
Tabela 35: Médias e variação das iluminâncias (U^a e U^b)¹⁶ das salas 8,00 x 6,00m² com janela central com prateleiras de luz (JC + PL) e das salas sem prateleira de luz (JC sem PL).

SE - DIA 22/06				SO - DIA 22/06			
JC sem PL		JC + PL		JC sem PL		JC + PL	
P	Médias	Médias	U^b	P	Médias	Médias	U^b
1	2957	2098	29%	1	2854	2030	28%
2	843	709	16%	2	796	663	17%
3	721	602	16%	3	682	564	17%
U^a	75%	71%	5%	U^a	76%	72%	5%
NE - DIA 22/12				NO - DIA 22/12			
JC sem PL		JC + PL		JC sem PL		JC + PL	
P	Médias	Médias	U^b	P	Médias	Médias	U^b
1	3967	2729	31%	1	3956	2776	30%
2	1056	890	16%	2	1159	958	17%
3	891	735	17%	3	960	780	18%
U^a	77%	73%	5%	U^a	75%	71%	5%

a) Nesse caso, em função das dimensões e posição definidas, a prateleira de luz funcionou mais como um elemento de proteção contra a radiação solar direta e visão excessiva do céu, do que como um elemento refletor dos raios solares para os fundos do ambiente;

b) Em todos os pontos, houve um decréscimo nos níveis luminosos da sala em que existia a prateleira de luz. Nos pontos mais próximos à abertura (Ponto 1), a iluminância diminuiu em média 30% com o uso do dispositivo, enquanto, no ponto central (Ponto 2) e no ponto dos fundos (Ponto 3), essa diminuição foi, em média, de 16% e 17%;

c) Notou-se que a prateleira de luz não contribuiu para o aumento da iluminância interna, mas que seu uso serviu para melhorar a uniformidade luminosa. Ocorreu que a iluminância diminuiu mais nas áreas próximas à janela (em média 30%) e menos nos pontos mais profundos (em média 17%), diminuindo a diferença entre os pontos (ver Figura 72 e 73);

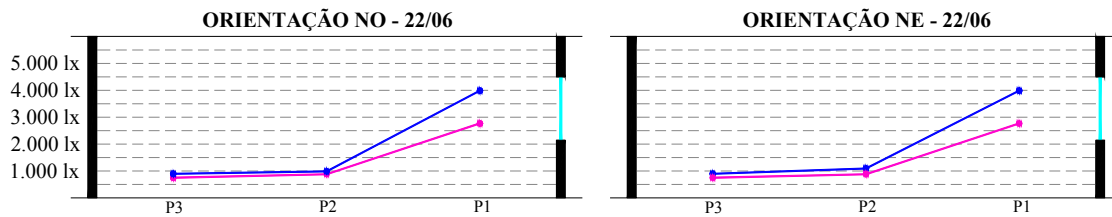


Legenda: ■ Sala sem prateleira de luz ■ Sala com prateleira de luz

Figura 72: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central com e sem prateleira de luz nas orientações SE e SO.

¹⁶ U^a representa a variação das iluminâncias entre os Pontos 1 e 3 de cada uma das salas (4,00 x 6,00 m², 6,00 x 6,00 m² e 8,00 x 6,00 m²) e foram calculadas de acordo com a Equação 1.

U^b representa a variação das iluminâncias entre os Pontos 1 e entre os Pontos 3 das salas com e sem a prateleira de luz, com a finalidade de mostrar que as iluminâncias decresceram mais nos Pontos 1 do que nos Pontos 3. Estes percentuais foram calculados de acordo com a Equação 1, pág. 67.



Legenda: ■ Sala sem prateleira de luz ■ Sala com prateleira de luz

Figura 73: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central com e sem prateleira de luz nas orientações NO e NE.

d) É possível a não utilização da luz artificial durante quase todo o período comercial¹⁷. Porém, com o uso da prateleira de luz, em comparação com sala sem o dispositivo, a iluminação artificial vai ser utilizada uma hora a mais no dia 22/06 na orientação Sudeste (ver Gráfico 22);

Gráfico 22: Comportamento da iluminação no interior do ambiente, salas 8,00 x 6,00m² com janela central, com e sem o uso da prateleira de luz.

SALA 8X6 - JC + PL - SE - 22/06											SALA 8X6 - JC sem PL - SE - 22/06										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1											1										
P2											2										
P3											3										
SALA 8X6 - JC + PL - SO - 22/06											SALA 8X6 - JC sem PL - SO - 22/06										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1											1										
P2											2										
P3											3										
SALA 8X6 - JC + PL - NO - 22/12											SALA 8X6 - JC sem PL - NO - 22/12										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1											1										
P2											2										
P3											3										
SALA 8X6 - JC + PL - NE - 22/12											SALA 8X6 - JC sem PL - NE - 22/12										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1											1										
P2											2										
P3											3										

Legenda: ■ Período quando é necessária a utilização da luz artificial

¹⁷ Notar que este estudo está baseado no céu parcialmente nublado.

4.3.2 Salas com janela lateral (JL) + prateleira de luz (PL)

Nessa etapa, foram adicionadas prateleiras de luz às salas com abertura lateral. Foram realizadas simulações nas quatro orientações, entre 8h e 17h, nos dias menos luminosos de cada orientação e, mais uma vez, ficou comprovado que o uso das prateleiras de luz não contribuiu para o aumento da iluminância interna e sim para a melhoria da uniformidade luminosa do ambiente. A seguir, são apresentados os resultados:

a) O uso da prateleira de luz diminuiu a iluminância das salas em todos os pontos. Essa variação foi maior nos pontos próximos às aberturas e menor nos pontos opostos à mesma. (ver Tabela 36);

Tabela 36: Médias das iluminâncias da sala com prateleiras de luz (JC + PL) e da sala sem prateleira de luz (JC sem PL).

MÉDIAS - 8X6 - SE - 22/06						MÉDIAS - SALA 8X6 - NO - 22/12					
JLD sem PL			JLD + PL			JLD sem PL			JLD + PL		
Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi
288,7	305,3	300,2	254,9	265,2	262,0	397,0	423,4	412,8	330,5	348,0	344,3
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
336,8	364,6	430,4	289,4	305,5	354,2	473,3	518,9	599,1	386,2	407,2	471,3
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
325,5	469,0	2082,5	267,2	377,3	1527,9	444,6	639,2	2830,1	374,8	500,6	2009,8
MÉDIAS - SALA 8X6 - SO - 22/06						MÉDIAS - SALA 8X6 - NE - 22/12					
JLD sem PL			JLD + PL			JLD sem PL			JLD + PL		
Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi	Pg	Ph	Pi
261,1	279,3	281,3	233,1	246,5	242,8	344,0	373,6	361,3	305,5	311,2	319,5
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
302,6	338,7	399,7	261,3	278,5	325,1	406,0	439,6	528,7	345,4	373,9	420,5
Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf	Pd	Pe	Pf
302,8	413,4	2037,0	249,0	345,6	1479,8	402,0	543,2	2805,7	334,7	455,6	1991,5

Legenda: Localização da abertura

b) Para facilitar o entendimento da diminuição das iluminâncias e a contribuição para a melhoria da uniformidade luminosa do ambiente, foi elaborada uma tabela com os pontos simplificados¹⁸ e as respectivas percentagens da variação luminosa (U)¹⁹ entre os mesmos (ver Tabela 37);

¹⁸ Foram calculadas de acordo com a Nota 5.

¹⁹ Esses percentuais foram calculados de acordo com a Equação 2.

Tabela 37: Médias e variação das iluminâncias (U) das salas com prateleiras de luz (JL + PL) e das salas sem prateleira de luz (JL sem PL).

ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/06					ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06				
JL sem PL		JL + PL		U	JL sem PL		JL + PL		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1	959	P1	724	24,5%	P1	918	P1	691	24,7%
P2	377	P2	316	16,1%	P2	347	P2	288	17%
P3	298	P3	261	12,4%	P3	274	P3	241	12%
P1'	938	P1'	715	23,7%	P1'	906	P1'	682	24,7%
P2'	380	P2'	316	16,8%	P2'	344	P2'	290	15,7%
P3'	317	P3'	270	14,8%	P3'	289	P3'	248	14,1%
ORIENTAÇÃO NE - DIA 22/12					ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12				
JL sem PL		JL + PL		U	JL sem PL		JL + PL		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1	1250	P1	962	23%	P1	1305	P1	927	28,9%
P2	458	P2	421	8%	P2	530	P2	380	28,3%
P3	360	P3	340	5%	P3	411	P3	312	24%
P1'	1232	P1'	942	23,5%	P1'	1281	P1'	910	28,9%
P2'	452	P2'	418	7,5%	P2'	527	P2'	380	27,8%
P3'	384	P3'	364	5,2%	P3'	438	P3'	328	25,1%

c) Mais uma vez, notou-se que o uso da prateleira de luz não contribuiu para o aumento da iluminância interna, mas que seu uso serviu para melhorar a uniformidade luminosa. As iluminâncias diminuem mais nas áreas próximas à janela (P1 e P1') e menos nos pontos mais profundos (P2, P2', P3 e P3'), diminuindo a diferença entre os pontos (ver Figura 74);

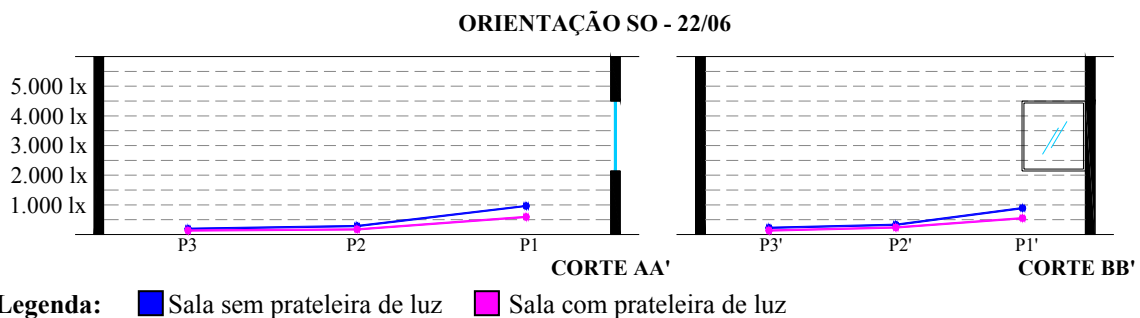


Figura 74: Distribuição das iluminâncias das salas com janela lateral, com e sem prateleira de luz na orientação SO, mostrando a variação luminosa na profundidade e na largura do ambiente²⁰.

d) De acordo com a tabela a seguir (ver Gráfico 23), pode-se notar, mais uma vez, que o uso da prateleira de luz diminuiu as iluminâncias internas, aumentando o tempo de uso da luz artificial;

²⁰ Essa figura foi elaborada de acordo com as Equações 3, 4, 5, 6, 7 e 8; e a Figura 65.

Gráfico 23: Horas em que é necessária a utilização da luz artificial no ambiente, salas 8,00 x 6,00m² com janela lateral, com e sem o uso da prateleira de luz.

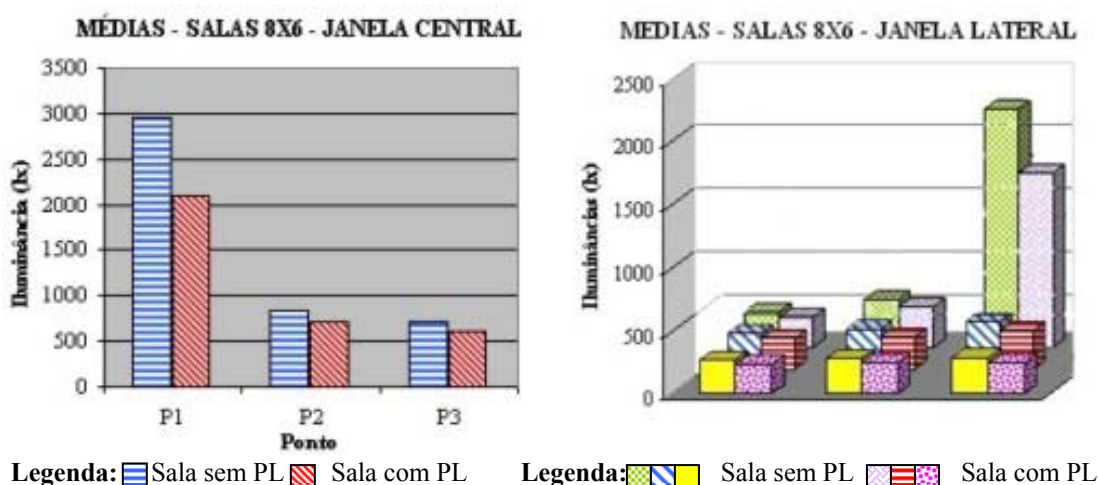
SALA 8X6 - JL + PL - SE - 22/06											SALA 8X6 - JL sem PL - SE - 22/06										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										
SALA 8X6 - JL + PL - SO - 22/06											SALA 8X6 - JL sem PL - SO - 22/06										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										
SALA 8X6 - JL + PL - NO - 22/12											SALA 8X6 - JL sem PL - NO - 22/12										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										
SALA 8X6 - JL + PL - NE - 22/12											SALA 8X6 - JL sem PL - NE - 22/12										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pa											Pa										
Pb											Pb										
Pc											Pc										
Pd											Pd										
Pe											Pe										
Pf											Pf										
Pg											Pg										
Ph											Ph										
Pi											Pi										

Legenda: Período quando é necessária a utilização da luz artificial

4.3.3 Análise das salas com prateleira de luz

Após as análises dos dados mostrados acima, chegou-se às seguintes conclusões:

a) O uso desse dispositivo não contribuiu para aumentar a luminosidade da área mais profunda do ambiente e sim para tornar a luminosidade mais uniforme. As iluminâncias diminuíram mais nas áreas próximas à janela que nos fundos das salas (ver Gráficos 24 e 25), diminuindo a diferença luminosa entre os pontos;



Gráficos 24 e 25²¹: Distribuição das iluminâncias nas salas com e sem prateleira de luz, tipologia com janela central (a) e com janela lateral (b).

b) Com o uso da prateleira de luz, o período em que será necessária a utilização da luz artificial aumentou;

c) Com os resultados obtidos, percebeu-se que o uso desse elemento não aumentou as iluminâncias internas; pelo contrário, elas diminuíram e a necessidade do uso da iluminação artificial foi intensificado;

d) Portanto, para o caso estudado, houve uma redução gradativa nas iluminâncias. A diferença foi mais alta no ponto mais próximo à abertura e mais baixa nos pontos dois e três, respectivamente, fazendo com que as iluminâncias se tornassem mais uniformes.

²¹ No Gráfico 25, que demonstra a variação das iluminâncias na sala com janela lateral, a janela localiza-se no Ponto 03. Foi necessária uma rotação na sala devido ao tamanho do volume do Ponto 01 que iria cobrir os pontos P6 e P9.

4.4 SIMULAÇÃO III: PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES B

Nessa seção, foram selecionadas as salas mais profundas (8,00m) da tipologia B (com corredor lateral), para a avaliação das variações nos níveis de iluminação nos fundos dos ambientes. Foi adicionada uma janela alta contínua no lado oposto à abertura da sala e foram propostos dois tipos de abertura para a circulação lateral do edifício (ver Figura 75 e 76).

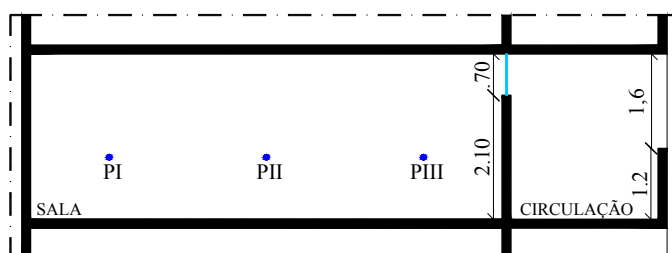


Figura 75: Corte da sala com janela alta voltada para a circulação lateral de abertura contínua.

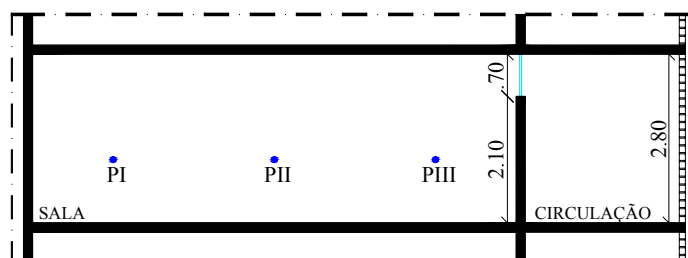


Figura 76: Corte da sala com janela alta voltada para a circulação lateral com fechamento em cobogó de piso a teto.

Essa etapa de simulação foi subdividida em outras três: abertura contínua, fechamento em cobogó de concreto de piso a teto e fechamento em cobogó pintado na cor branca, também de piso a teto. As aberturas (central ou lateral) voltadas para o exterior foram vedadas, pois, em estudos de iluminação, a contribuição de cada fonte (abertura) pode ser somada, quando simuladas nas mesmas condições (profundidade das salas, orientação, tipo de céu, data e hora).

As simulações foram realizadas das 8h às 17h dos dias menos luminosos, apenas das orientações noroeste (NO) e sudoeste (SO), de acordo com o que foi dito no Item 3.4.3 da seção 3 desta dissertação.

4.4.1 Salas com janela alta (JA) + abertura contínua (AC)

Essa subseção contém os resultados e análises obtidos nas simulações computacionais das salas de escritórios com janela alta voltada para o corredor lateral com abertura contínua, conforme a Figura 77. Essa intervenção teve como objetivo avaliar a influência dessa janela alta na iluminação dos fundos do ambiente.



Figura 77: Abertura contínua

Foi elaborada a Tabela 38, com um resumo das iluminâncias nos Pontos I, II e III e suas respectivas médias²², com a finalidade de facilitar a leitura dos resultados e análises expostos a seguir:

Tabela 38: Iluminâncias da sala com janela alta + abertura contínua (JA+AC)

JANELA ALTA + ABERTURA CONTÍNUA - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06											
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
PI	480	577	629	625	595	546	469	385	214	28	455
PII	604	734	803	798	758	695	651	532	267	36	588
PIII	905	1100	1205	1198	1136	1039	908	776	420	53	874
JANELA ALTA + ABERTURA CONTÍNUA - ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12											
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
PI	715	804	829	808	900	893	614	690	429	127	681
PII	913	1032	1064	1013	1097	1024	890	884	526	161	860
PIII	1356	1537	1594	1521	1881	1675	1317	1601	809	239	1353

a) O uso da janela alta voltada para a circulação lateral provocou um aumento em todos os pontos da sala, principalmente no Ponto III. Ao somar as iluminâncias obtidas nessa etapa de simulações com as obtidas no Item 4.2.1 e 4.2.2 deste capítulo, tem-se uma melhoria considerável na uniformidade luminosa do ambiente (ver Tabela 39);

²² As médias foram calculadas de acordo com a Nota 5.

Tabela 39²³: Iluminâncias e variação luminosa (U) entre os Pontos 1 e 2 e os Pontos 1 e 3 das salas com janela alta + abertura contínua (JA+AC).

MÉDIAS - SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06													
JA + AC		JC			JC + (JA + AC)			JL		JL + (JA + AC)			
	Média		Média	U	Soma	Média	U		Média	U	Soma	Média	U
PI	455	P1	2855	-	PI + P1	3309	-	P1	918	-	PI + P1	1373	-
PII	588	P2	796	72%	PII + P2	1384	58%	P2	347	62%	PII + P2	935	32%
PIII	874	P3	683	76%	PIII + P3	1557	53%	P3	274	70%	PIII + P3	1147	16%
MÉDIAS - SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12													
JA + AC		JC			JC + (JA + AC)			JL		JL + (JA + AC)			
	Média		Média	U	Soma	Média	U		Média	U	Soma	Média	U
PI	681	P1	3957	-	PI + P1	4638	-	P1	1305	-	PI + P1	1986	-
PII	860	P2	1159	71%	PII + P2	2019	56%	P2	530	59%	PII + P2	1391	30%
PIII	1353	P3	960	76%	PIII + P3	2313	50%	P3	411	68%	PIII + P3	1764	11%

b) Na Tabela 40, é possível observar a variação luminosa entre o primeiro ponto e os outros dois com e sem a inclusão da janela alta voltada para a circulação lateral. Essa variação atinge o pico de 84% no ponto três na sala com janela lateral voltada a Noroeste no dia 22 de dezembro;

Tabela 40: Médias e variação das iluminâncias (U) das salas com a inclusão da janela alta + abertura contínua (JA + AC) e das salas sem a intervenção.

ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06									
JC sem JA+AC		JC + (JA + AC)		U	JL sem JA+AC		JL + (JA + AC)		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1	2855	P1+P1	3309	13%	P1	918	P1+P1	1373	33%
P2	796	P2+PII	1384	42%	P2	347	P2+PII	935	62%
P3	683	P3+PIII	1557	56%	P3	274	P3+PIII	1147	76%
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12									
JC sem JA+AC		JC + (JA + AC)		U	JL sem JA+AC		JL + (JA + AC)		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1	2855	P1+P1	4638	38%	P1	918	P1+P1	1986	54%
P2	796	P2+PII	2019	60%	P2	347	P2+PII	1391	75%
P3	683	P3+PIII	2313	71%	P3	274	P3+PIII	1764	84%

c) Nas salas com janela central, o aumento das iluminâncias no Ponto 3 foi maior que o aumento das iluminâncias dos Pontos 1 e 2, fazendo com que ocorresse uma diminuição da diferença luminosa entre os pontos. Portanto, foi alcançada uma melhoria na uniformidade luminosa do ambiente (ver Figura 78);

²³ Para facilitar a comparação entre as salas, os pontos dos ambientes com janela lateral foram simplificados de acordo com as Equações 3, 4 e 5; e a variação da uniformidade luminosa (U) foi calculada de acordo com a Equação 2.

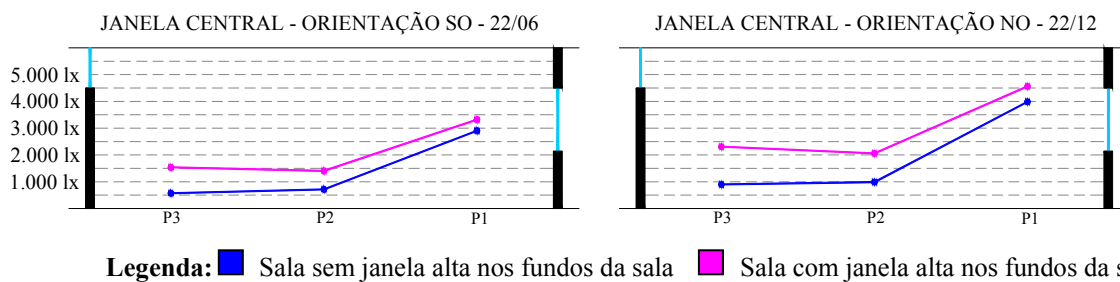


Figura 78: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com abertura contínua.

d) O mesmo ocorreu na sala com janela lateral. Porém, nesse caso, as iluminâncias tornaram-se praticamente uniformes (ver Figura 79);

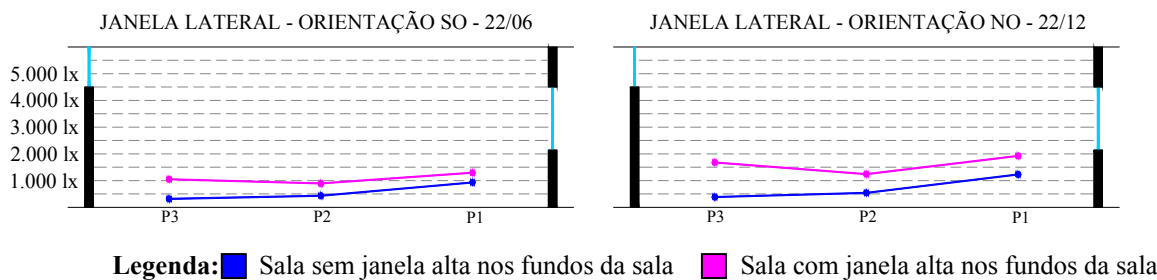


Figura 79: Distribuição das iluminâncias das salas com janela lateral, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com abertura contínua.

e) Em relação à utilização da luz artificial, pode-se dizer que a implantação desse dispositivo irá diminuir seu uso, principalmente quando a janela do ambiente for lateral. Será possível não utilizar a luz artificial durante praticamente todo o período comercial, salvo a partir das 17h, quando o sol começa a se pôr.

A partir dos resultados expostos anteriormente, pode-se afirmar que a inclusão da janela alta do lado oposto à abertura principal das salas, além de aumentar a iluminância dos pontos de simulação, trouxeram uma melhoria na uniformidade luminosa do ambiente. Isso ocorreu porque o aumento da iluminância no Ponto 3, do lado oposto à abertura principal, foi maior que o incremento da iluminância no Ponto 1, diminuindo, então, a diferença luminosa entre os pontos²⁴.

²⁴ É importante lembrar que os modelos foram construídos isolados

4.4.2 Salas com janela alta (JA) + cobogó concreto (CC)

Nessa seção, há os resultados da influência da janela alta voltada para circulação lateral de um edifício com o fechamento de cobogó de concreto de piso a teto (ver Figura 80). As análises seguiram a mesma linha de raciocínio do item anterior e são mostradas a seguir:



Figura 80: Cobogó de concreto

Tabela 41: Iluminâncias da sala com janela alta + fechamento em cobogó de concreto de piso a teto (JA+CC)

JANELA ALTA + COBOGÓ CONCRETO - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06											
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
PI	170	203	222	227	223	212	189	151	92	13	170
PII	134	161	176	178	172	161	138	118	67	9	131
PIII	208	247	267	265	253	234	199	199	101	13	199
JANELA ALTA + COBOGÓ CONCRETO - ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12											
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
PI	248	272	278	270	273	246	225	203	138	56	221
PII	198	221	226	218	233	214	195	157	117	40	182
PIII	298	334	344	335	386	295	273	289	178	57	279

- Mais uma vez, a inclusão da janela alta voltada para a circulação lateral do edifício aumentou a iluminância nos fundos da sala. Porém, em comparação com a abertura contínua, o uso do cobogó de piso a teto é menos eficiente;
- De acordo com a Tabela 42, pode-se observar a variação da uniformidade luminosa do ambiente ao somar as iluminâncias obtidas nessa etapa de simulações com as obtidas no Item 4.2.1 e 4.2.2 deste capítulo;

Tabela 42²⁵: Iluminâncias e variação luminosa (U) entre os Pontos 1 e 2 e os Pontos 1 e 3 das salas com janela alta + cobogó de concreto (JA+CC).

MÉDIAS - SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06													
JA + CC		JC			JC + (JA + CC)			JL			JL + (JA + CC)		
	Média		Média	U	Soma	Média	U		Média	U	Soma	Média	U
PI	170	P1	2855	-	PI + P1	3024	-	P1	918	-	PI + P1	1100	-
PII	131	P2	796	72%	PII + P2	927	69%	P2	347	62%	PII + P2	489	54%
PIII	198	P3	683	76%	PIII + P3	881	70%	P3	274	70%	PIII + P3	490	55%
MÉDIAS - SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12													
JA + CC		JC			JC + (JA + CC)			JL			JL + (JA + CC)		
	Média		Média	U	Soma	Média	U		Média	U	Soma	Média	U
PI	220	P1	3957	-	PI + P1	4177	-	P1	1305	-	PI + P1	1558	-
PII	181	P2	1159	71%	PII + P2	1340	68%	P2	530	59%	PII + P2	692	56%
PIII	278	P3	960	76%	PIII + P3	1238	70%	P3	411	68%	PIII + P3	695	55%

c) Na Tabela 43, é possível observar a variação luminosa entre o ponto mais próximo à abertura principal do ambiente e os outros dois com e sem a inclusão da janela alta voltada para a circulação lateral, atingindo o pico de 60% no ponto três na sala com janela lateral voltada a Noroeste no dia 22 de dezembro;

Tabela 43: Médias e variação das iluminâncias (U) das salas com a inclusão da janela alta + cobogó de concreto (JA + CC) e das salas sem a intervenção.

ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06										
JC sem JA+CC		JC + (JA + CC)			U	JL sem JA+CC		JL + (JA + CC)		U
Ponto	Média	Ponto	Média	Ponto		Média	Ponto	Média		
P1	2855	P1+P1	3024	5%	P1	918	P1+P1	1100	16%	
P2	796	P2+PII	927	14%	P2	347	P2+PII	489	29%	
P3	683	P3+PIII	881	22%	P3	274	P3+PIII	490	44%	
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12										
JC sem JA+AC		JC + (JA + CC)			U	JL sem JA+AC		JL + (JA + CC)		U
Ponto	Média	Ponto	Média	Ponto		Média	Ponto	Média		
P1	2855	P1+P1	4177	31%	P1	918	P1+P1	1558	41%	
P2	796	P2+PII	1340	40%	P2	347	P2+PII	692	50%	
P3	683	P3+PIII	1238	45%	P3	274	P3+PIII	695	60%	

d) Os resultados obtidos nas simulações na sala com janela central demonstrou que o aumento da luminosidade no Ponto 3 foi maior que o do Ponto 1. Essa diminuição da diferença luminosa entre os pontos contribui para a melhoria na uniformidade luminosa do ambiente (ver Figura 81);

²⁵ Os pontos dos ambientes com janela lateral foram simplificados de acordo com as Equações 3, 4 e 5 e a variação da uniformidade luminosa (U) foi calculada de acordo com a Equação 2.

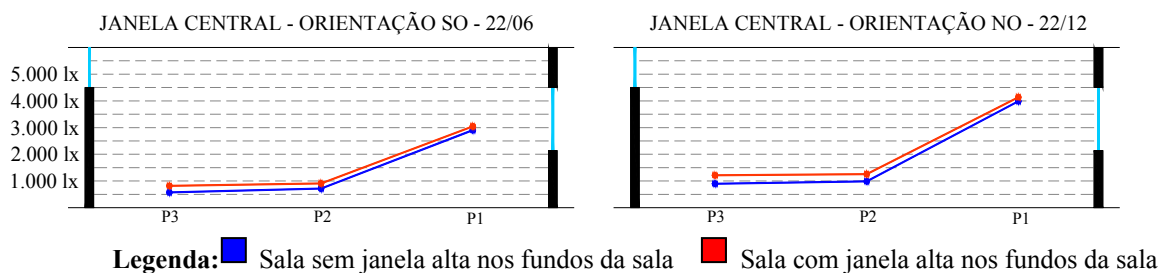


Figura 81: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com cobogó de concreto.

e) Na sala com janela lateral, as iluminâncias são mais baixas que as da sala com janela central. A diferença entre a luminosidade dos pontos foi bem discreta, não trazendo grandes modificações em relação à uniformidade luminosa (ver Figura 82);

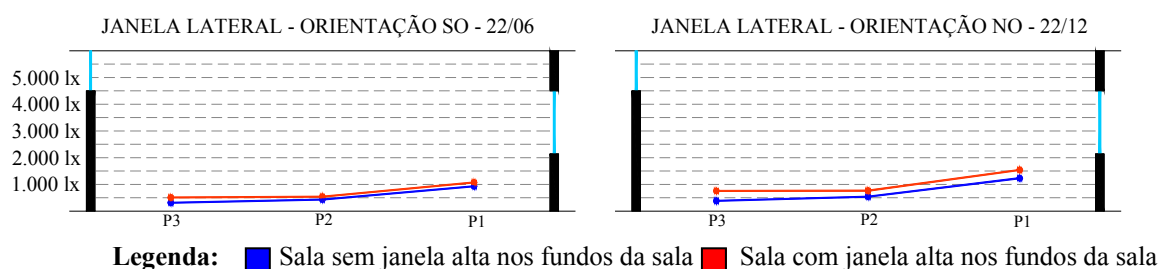


Figura 82: Distribuição das iluminâncias das salas com janela lateral, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com cobogó de concreto.

f) Ao comparar a abertura contínua com o fechamento de cobogó de concreto de piso a teto na circulação lateral, percebe-se que o primeiro caso é mais eficiente. As iluminâncias nos fundos da sala com a abertura contínua no corredor lateral são, em média, 50% mais elevadas que com o fechamento em concreto (ver Tabela 44);

Tabela 44: Variação entre as iluminâncias (U)²⁶ geradas pela abertura contínua e pelo fechamento em cobogó de concreto de piso a teto na circulação lateral.

ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06									
JC + (JA + AC)		JC + (JA + CC)		U	JL + (JA + AC)		JL + (JA + CC)		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1+PI	3309	P1+PI	3024	8%	P1+PI	1373	P1+PI	1100	20%
P2+PII	1384	P2+PII	927	33%	P2+PII	935	P2+PII	489	47%
P3+PIII	1557	P3+PIII	881	43%	P3+PIII	1147	P3+PIII	490	57%

²⁶ A variação da uniformidade luminosa (U) foi calculada de acordo com a Equação 2 e demonstram o decréscimo das iluminâncias médias entre as salas com abertura contínua e com o fechamento de cobogó de concreto.

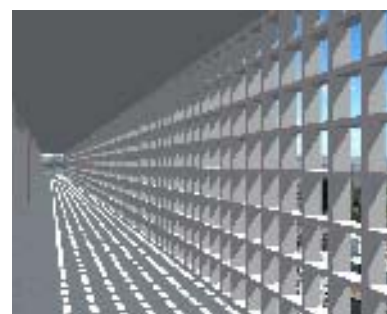
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12									
JC + (JA + AC)		JC + (JA + CC)		U	JL + (JA + AC)		JL + (JA + CC)		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1+PI	4638	P1+PI	4177	10%	P1+PI	1986	P1+PI	1558	21%
P2+PII	2019	P2+PII	1340	33%	P2+PII	1391	P2+PII	692	50%
P3+PIII	2313	P3+PIII	1238	46%	P3+PIII	1764	P3+PIII	695	60%

g) A implantação desse dispositivo irá reduzir o uso da iluminação artificial durante o período comercial, principalmente nas salas com abertura lateral.

Mais uma vez, a intervenção proposta gerou resultados positivos, trazendo ganhos entre 100 e 200 lux na maior parte do período diurno e melhorando a uniformidade luminosa do ambiente.

4.4.3 Salas com janela alta (JA) + cobogó branco (CB)

Esse item é bastante parecido com o anterior. A diferença é que os cobogós foram pintados na cor branca (ver Figura 83). E como uma superfície clara é mais refletora que uma superfície escura, essa modificação teve como objetivo verificar quantitativamente essa variação.



A partir da Tabela 45, foi possível a obtenção dos resultados e análises descritos a seguir: **Figura 83: Cobogó pintado de branco**

Tabela 45: Iluminâncias da sala com janela alta + fechamento em cobogó pintado na cor branca de piso a teto (JA+CB)

JANELA ALTA + COBOGÓ BRANCO - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06											
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
PI	202	240	260	264	258	244	219	177	105	14	198
PII	181	216	233	233	224	208	179	160	85	12	173
PIII	316	377	407	404	384	353	306	237	143	19	295
JANELA ALTA + COBOGÓ BRANCO - ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12											
	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	Média
PI	294	323	328	317	373	285	288	255	166	64	269
PII	266	294	300	287	312	296	261	227	157	52	245
PIII	473	529	540	563	643	522	436	449	279	86	452

a) A janela alta voltada para a circulação lateral aumentou a uniformidade luminosa do ambiente e o cobogó, pintado na cor branca, gerou iluminâncias mais altas que o mesmo na cor do concreto;

b) Abaixo, a somatória das iluminâncias obtidas nessa etapa de simulações com as iluminâncias obtidas no Item 4.2.1 e 4.2.2 deste capítulo, com a finalidade de avaliar a influência dessa intervenção na uniformidade luminosa das salas de escritório (ver Tabela 46);

Tabela 46²⁷: Iluminâncias e variação luminosa (U) entre os Pontos 1 e 2 e os Pontos 1 e 3 das salas com janela alta + cobogó pintado na cor branca(JA+CB).

MÉDIAS - SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06													
JA + CB		JC			JC + (JA + CB)			JL			JL + (JA + CB)		
	Média		Média	U	Soma	Média	U		Média	U	Soma	Média	U
PI	198	P1	2855	-	PI + P1	3053	-	P1	918	-	PI + P1	1129	-
PII	173	P2	796	72%	PII + P2	969	68%	P2	347	62%	PII + P2	531	53%
PIII	294	P3	683	76%	PIII + P3	977	69%	P3	274	70%	PIII + P3	587	48%
MÉDIAS - SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12													
JA + CB		JC			JC + (JA + CB)			JL			JL + (JA + CB)		
	Média		Média	U	Soma	Média	U		Média	U	Soma	Média	U
PI	269	P1	3957	-	PI + P1	4226	-	P1	1305	-	PI + P1	1606	-
PII	245	P2	1159	71%	PII + P2	1404	66%	P2	530	59%	PII + P2	756	53%
PIII	451	P3	960	76%	PIII + P3	1412	66%	P3	411	68%	PIII + P3	868	46%

c) Ao observar a variação luminosa entre o ponto mais próximo à abertura principal do ambiente e os outros dois, com e sem a inclusão da janela alta voltada para a circulação lateral com fechamento de cobogó pintado na cor branca de piso a teto, verificou-se um pico de 68% no ponto três na sala com janela lateral voltada a Noroeste no dia 22 de dezembro;

Tabela 47: Médias e variação das iluminâncias (U) das salas com a inclusão da janela alta + cobogó de concreto (JA + CC) e das salas sem a intervenção.

ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06									
JC sem JA+CB		JC + (JA + CB)		U	JL sem JA+CB		JL + (JA + CB)		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1	2855	P1+P1	3053	6%	P1	918	P1+P1	1129	18%
P2	796	P2+PII	969	18%	P2	347	P2+PII	531	34%
P3	683	P3+PIII	977	30%	P3	274	P3+PIII	587	53%
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12									
JC sem JA+CB		JC + (JA + CB)		U	JL sem JA+CB		JL + (JA + CB)		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1	2855	P1+P1	4226	32%	P1	918	P1+P1	1606	43%
P2	796	P2+PII	1404	43%	P2	347	P2+PII	756	54%
P3	683	P3+PIII	1412	51%	P3	274	P3+PIII	868	68%

²⁷ Os pontos dos ambientes com janela lateral foram simplificados de acordo com as Equações 3, 4 e 5 e a variação da uniformidade luminosa (U) foi calculada de acordo com a Equação 2.

d) O aumento da luminosidade no Ponto 03 foi maior que a do ponto mais próximo à abertura nas salas com abertura central, trazendo uma leve melhoria na uniformidade luminosa do ambiente (ver Figura 84);

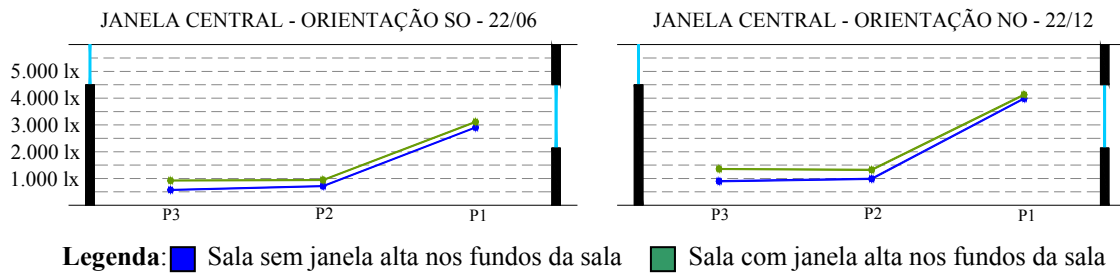


Figura 84: Distribuição das iluminâncias das salas com janela central, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com cobogó de concreto.

e) Também houve uma melhoria na luminosidade e na uniformidade da sala com a janela lateral do ambiente. E, mais uma vez, pode-se notar que suas iluminâncias são consideravelmente mais baixas que as da sala com janela central (ver Figura 85);

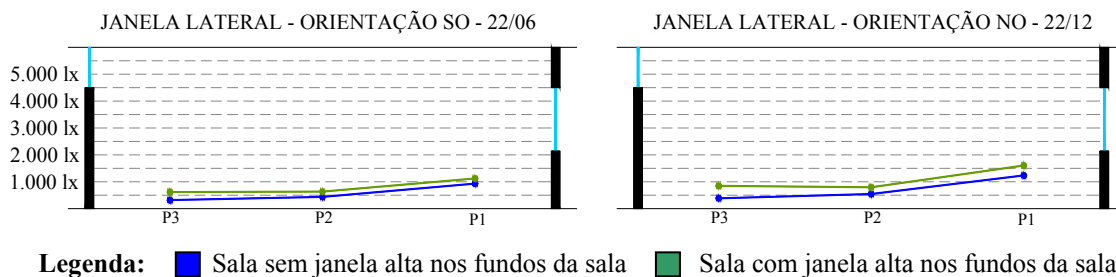


Figura 85: Distribuição das iluminâncias das salas com janela lateral direita, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral com cobogó de concreto.

f) Ao comparar o uso do fechamento em cobogó de concreto e o uso do mesmo dispositivo pintado na cor branca, de piso a teto na circulação lateral do edifício, percebeu-se que o segundo caso proporcionou iluminâncias mais altas ao ambiente. Essa variação foi, em média, 15% mais alta nos fundos do ambiente (Ponto 3), 6% nos Pontos 2 e 2% nos Pontos 1. A

Tabela 48 mostra a proporção dessa variação nestas intervenções propostas:

Tabela 48: Variação entre as iluminâncias (U)²⁸ geradas pela abertura contínua e pelo fechamento em cobogó de concreto de piso a teto na circulação lateral.

ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06									
JC + (JA + CC)		JC + (JA + CB)		U	JL + (JA + CC)		JL + (JA + CB)		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1+PI	3024	P1+PI	3053	1%	P1+PI	1100	P1+PI	1129	2%
P2+PII	927	P2+PII	969	4%	P2+PII	489	P2+PII	531	8%
P3+PIII	881	P3+PIII	977	10%	P3+PIII	490	P3+PIII	587	16%
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12									
JC + (JA + CC)		JC + (JA + CB)		U	JL + (JA + CC)		JL + (JA + CB)		U
Ponto	Média	Ponto	Média		Ponto	Média	Ponto	Média	
P1+PI	4177	P1+PI	4226	1%	P1+PI	1558	P1+PI	1606	3%
P2+PII	1340	P2+PII	1404	4%	P2+PII	692	P2+PII	756	8%
P3+PIII	1238	P3+PIII	1412	12%	P3+PIII	695	P3+PIII	868	20%

Então, ao comparar os resultados obtidos com o fechamento da circulação lateral com cobogó na cor natural e com o mesmo dispositivo pintado na cor branca, de piso a teto, notou-se que a pintura do elemento é um investimento baixo que pode trazer ganhos em relação à iluminância interna de até 10%, em média, no Ponto 3 (do lado oposto à abertura principal do ambiente).

4.4.4 Análise das salas com janela alta

Após as análises dos dados mostrados acima, chegou-se à elaboração da Tabela 49, onde são apresentadas as iluminâncias proporcionadas por cada uma das intervenções propostas.

Tabela 49: Tabela comparativa das iluminâncias proporcionadas pela janela alta contínua nos fundos das salas, dados em lux²⁹.

	MÉDIAS - 8X6 - SO - 22/06					MÉDIAS - 8X6 - NO - 22/12					
	AC	CC	U ₁	CB	U ₂	AC	CC	U ₁	CB	U ₂	
PI	454	170	62%	198	14%	PI	681	221	67%	269	18%
PII	587	131	77%	173	24%	PII	860	182	79%	245	26%
PIII	874	198	77%	295	33%	PIII	1353	279	79%	452	38%

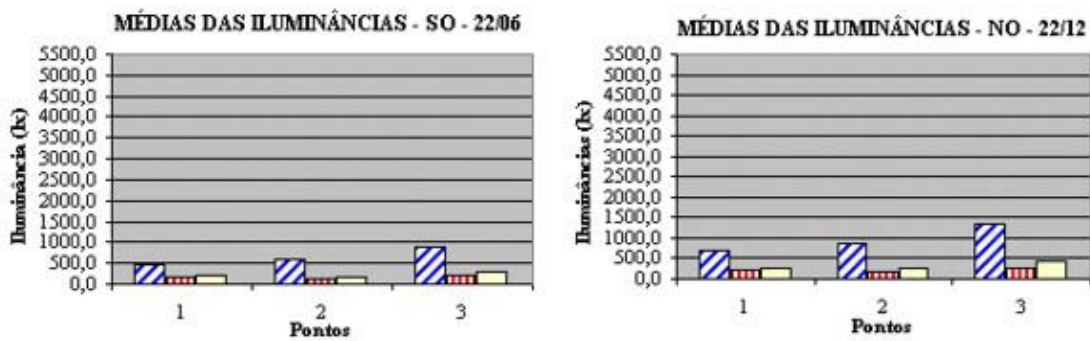
Legenda: AC – Abertura Contínua CC – Cobogó de Concreto CB – Cobogó pintado na cor Branca

²⁸ A variação da uniformidade luminosa (U) foi calculada de acordo com a Equação 2 e demonstra o decréscimo das iluminâncias médias entre as salas com abertura contínua e com o fechamento de cobogó de concreto.

²⁹ Onde U₁ é a variação entre a abertura contínua e o fechamento em cobogó de concreto de piso a teto; e U₂, a variação entre o fechamento de cobogó de concreto e do mesmo dispositivo pintado na cor branca de piso a teto. Ambas as variáveis foram calculadas de acordo com a Equação 2.

Os resultados mostrados na Tabela 49 não estão somados com as iluminâncias geradas pelas aberturas normais do ambiente (janela central e janela lateral) e colaborou para as seguintes conclusões:

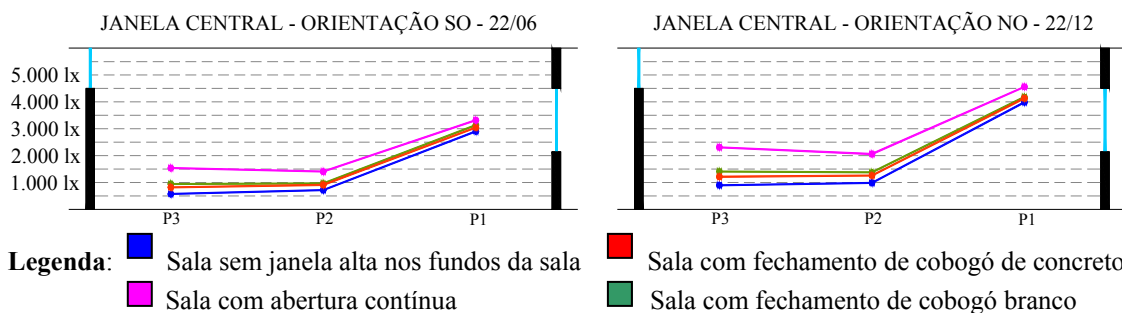
- a) A circulação com abertura contínua proporciona iluminâncias consideravelmente mais altas que as salas com cobogó de concreto ou cobogó pintado na cor branca (ver Tabela 49 e Gráfico 26). É importante observar que o edifício modelo não possui obstruções. Por esse motivo, as iluminâncias encontradas são tão altas;
- b) Em ambas as orientações, a pintura do cobogó de concreto na cor branca proporcionou um aumento de, em média, 20% nas iluminâncias internas (ver Tabela 49 e Gráfico 26);



Legenda:
 Sala com abertura contínua
 Sala com cobogó de concreto
 Sala com cobogó branco

Gráfico 26: Distribuição geral das iluminâncias das salas com abertura contínua, fechamento em cobogó de concreto e cobogó pintado na cor branca.

- c) Ao somar as iluminâncias da etapa de simulação III com as iluminâncias normais das salas com a abertura central, percebe-se que, em todos os tipos de abertura da circulação lateral (abertura contínua, cobogó de concreto e cobogó pintado na cor branca), ocorre aumento tanto na luminosidade quanto na uniformidade luminosa do ambiente (Figura 86);



Legenda:
 Sala sem janela alta nos fundos da sala
 Sala com fechamento de cobogó de concreto
 Sala com abertura contínua
 Sala com fechamento de cobogó branco

Figura 86: Distribuição geral das iluminâncias das salas com janela central, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral.

d) Na sala com a janela lateral, também houve tanto aumento das iluminâncias quanto melhoria na uniformidade luminosa do ambiente. A abertura contínua na circulação lateral do edifício é a proposta mais eficiente, seguida pelos cobogós pintados na cor branca e, por último, os cobogós em concreto (ver Figura 87);

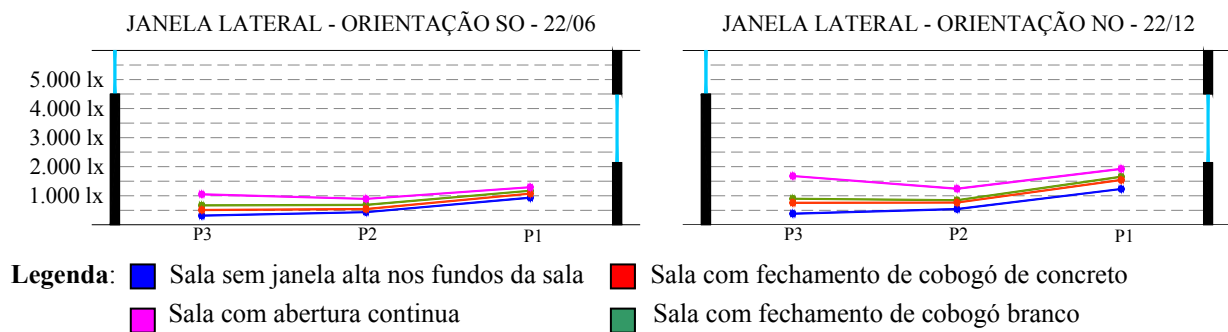


Figura 87: Distribuição geral das iluminâncias das salas com janela lateral, com e sem a janela alta voltada para a circulação lateral.

Portanto, pode-se afirmar que o uso da janela alta voltada para a circulação lateral funcionou bem em todos os casos propostos. E que, em longo prazo, o investimento inicial realizado para a inclusão dessas aberturas será compensado pela economia de energia elétrica que pode ocorrer durante o período comercial.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia proposta de realizar o levantamento de dados para a elaboração das tipologias padronizadas, que representassem a realidade construtiva existente, e as simulações computacionais por meio do Software TropLux, apresentou-se apropriada para analisar o desempenho luminoso das salas deste tipo de edificação.

Por meio das tabelas, gráficos e figuras que foram apresentados na Seção 4, observou-se o comportamento da iluminação natural nas salas dos edifícios de escritórios. Para facilitar a análise da influência da iluminação natural dessas salas, as simulações computacionais foram divididas em três etapas: a situação típica atual das salas com janela central e janela lateral; a inclusão de prateleira de luz nessas duas tipologias de abertura; e a inclusão de uma

janela alta contínua na parede oposta à abertura normal da sala, voltada para a circulação lateral (edifício Tipo B).

A seguir, serão apresentadas tabelas resumidas para a comparação dos parâmetros pesquisados. Nas salas com janela lateral, os pontos 1, 2 e 3 representam as médias aritméticas dos pontos paralelos à abertura, de acordo com as equações expostas no item 4.2.2.4 desta seção. Abaixo, a Tabela 50 compara as três profundidades das salas com os três tipos de abertura:

Tabela 50: Comparação entre as profundidades das salas e os tipos de abertura.

ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/06							
JANELA CENTRAL				JANELA LATERAL			
	4x6	6x6	8x6		4x6	6x6	8x6
P1	3862	3460	2957	P1	1332	1120	959
P2	1714	1173	843	P2	700	494	377
P3	1513	972	721	P3	646	432	298
ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06							
JANELA CENTRAL				JANELA LATERAL			
	4x6	6x6	8x6		4x6	6x6	8x6
P1	3702	3320	2855	P1	1279	1072	918
P2	1634	1119	796	P2	643	458	347
P3	1435	899	683	P3	593	391	274
ORIENTAÇÃO NE - DIA 22/12							
JANELA CENTRAL				JANELA LATERAL			
	4x6	6x6	8x6		4x6	6x6	8x6
P1	5292	4654	3967	P1	1825	3228	1250
P2	2164	1472	1056	P2	853	602	458
P3	1899	1178	891	P3	1279	512	360
ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/12							
JANELA CENTRAL				JANELA LATERAL			
	4x6	6x6	8x6		4x6	6x6	8x6
P1	5316	4686	3957	P1	1279	1545	1305
P2	2331	1650	1159	P2	947	677	530
P3	2028	1304	960	P3	593	593	411

A Tabela 51 apresenta resumidamente as comparações entre as iluminâncias obtidas na sala com janela central, na sala com janela central + prateleira de luz, na sala com janela central + janela alta contínua voltada para a circulação lateral com a abertura contínua, com o fechamento em cobogó de concreto e com o fechamento em cobogó pintado na cor branca, destacando que a janela alta contínua foi simulada apenas em duas orientações:

Tabela 51: Comparação geral das salas com janela central, dados em lux³⁰.

SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/06									
JC		JC + PL		JC + JA / AC		JC + JA / CC		JC + JA / CB	
P1	2957	P1	2098	P1	x	P1	x	P1	x
P2	843	P2	710	P2	x	P2	x	P2	x
P3	721	P3	602	P3	x	P3	x	P3	x
SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06									
JC		JC + PL		JC + JA / AC		JC + JA / CC		JC + JA / CB	
P1	2855	P1	2031	P1	3309	P1	3025	P1	3053
P2	796	P2	663	P2	1384	P2	928	P2	969
P3	683	P3	564	P3	1557	P3	881	P3	977
SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/06									
JC		JC + PL		JC + JA / AC		JC + JA / CC		JC + JA / CB	
P1	3957	P1	2776	P1	4638	P1	4178	P1	4226
P2	1159	P2	958	P2	2019	P2	1341	P2	1404
P3	960	P3	780	P3	2313	P3	1239	P3	1412
SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO NE - DIA 22/06									
JC		JC + PL		JC + JA / AC		JC + JA / CC		JC + JA / CB	
P1	3967	P1	2729	P1	x	P1	x	P1	x
P2	1056	P2	890	P2	x	P2	x	P2	x
P3	891	P3	736	P3	x	P3	x	P3	x

A Tabela 52 apresenta as mesmas comparações realizadas acima; porém, nas salas com a janela lateral, os dados expostos são as médias dos pontos paralelos à abertura, de acordo com as Equações 3, 4 e 5:

Tabela 52: Comparação geral das salas com janela lateral, dados em lux.

SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO SE - DIA 22/06									
JL		JL + PL		JL + JA / AC		JL + JA / CC		JL + JA / CB	
P1	959	P1	724	P1	x	P1	x	P1	x
P2	377	P2	316	P2	x	P2	x	P2	x
P3	298	P3	261	P3	x	P3	x	P3	x
SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO SO - DIA 22/06									
JL		JL + PL		JL + JA / AC		JL + JA / CC		JL + JA / CB	
P1	918	P1	691	P1	1372	P1	1087	P1	1116
P2	347	P2	288	P2	935	P2	478	P2	520
P3	274	P3	241	P3	1148	P3	472	P3	568
SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO NO - DIA 22/06									
JL		JL + PL		JL + JA / AC		JL + JA / CC		JL + JA / CB	
P1	1304	P1	961	P1	1985	P1	1525	P1	1574
P2	530	P2	421	P2	1390	P2	712	P2	775
P3	411	P3	962	P3	1764	P3	690	P3	863

³⁰ Com a inclusão da janela alta contínua voltada para a circulação lateral do edifício (JA) está marcado “x” nas orientações Sudeste e Nordeste porque foram simuladas apenas as orientações Sudoeste e Noroeste, devido as ventilações dominantes da cidade de Maceió, como foi explicado no item 3.4.3 desta dissertação.

SALA 8X6 - ORIENTAÇÃO NE - DIA 22/06									
JL		JL + PL		JL + JA / AC		JL + JA / CC		JL + JA / CB	
P1	1250	P1	927	P1	x	P1	x	P1	x
P2	458	P2	380	P2	x	P2	x	P2	x
P3	359	P3	312	P3	x	P3	x	P3	x

Na próxima seção, são apresentadas as conclusões e limitações deste trabalho, além das sugestões para futuras pesquisas.

5. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões.....	116
5.2 Limitações do trabalho	120
5.3 Sugestões para futuros trabalhos	120

5.1 CONCLUSÕES

Esta subseção apresenta as principais conclusões obtidas através dos levantamentos de dados e das simulações computacionais realizadas por meio do software TropLux.

O diagnóstico da situação atual de edifícios de escritórios localizados em Maceió-AL foi baseado em um universo de onze edifícios existentes na cidade até a época em que o levantamento foi realizado (Fev/2005), de acordo com as características propostas pela pesquisa (ver item 4.1). Seis prédios localizam-se no centro da cidade (54%) e são os mais antigos. Suas construções datam, em sua maioria, entre as décadas de 60 e 80. Os outros cinco edifícios (45%) localizam-se em bairros distintos e suas construções foram iniciadas após a década de 80.

Apenas três edifícios (27%) possuem proteção contra a radiação solar direta nas aberturas; seis (54%) possuem janela sem proteção e dois (18%) possuem a fachada revestida com pele de vidro. Estes últimos são os mais novos e suas construções datam, respectivamente, nos anos de 2000 e 2001.

A maioria das edificações levantadas possui a fachada principal voltada para o quadrante leste, orientação indicada para a cidade de Maceió (ver Apêndice 8); duas tipologias de planta – um modelo de forma simétrica, com corredor central e salas de ambos os lados (Tipo A) e outro constituído por um corredor lateral e sala em apenas um dos lados (Tipo B) – e dois tipos principais de abertura – um com janela central com 2,00m de largura e o outro com janela lateral, com 1,00m de largura.

A partir desses resultados obtidos com o levantamento de dados, foram elaboradas as tipologias-padrão, utilizadas nas simulações computacionais para a avaliação das condições de iluminação natural das salas de escritórios padronizadas. Investigando a influência da localização das aberturas (janela central e janela lateral) e da profundidade das salas³¹ (4,00 x 6,00 m², 6,00 x 6,00 m² e 8,00 x 6,00 m²) em relação à uniformidade luminosa da luz natural no interior dos ambientes, percebeu-se que:

³¹ Esse parâmetro não possui grandes variações no levantamento de dados, porém decidiu-se investigá-lo nas simulações computacionais.

- a) Dentre os dias simulados, os dias menos luminosos de cada orientação são o solstício de inverno (22/06) para as orientações SE e SO e o solstício de verão (22/12) para as orientações NE e NO;
- b) Nas salas com janela central, sem elementos de proteção solar, a radiação direta atinge o interior do ambiente, em média, duas horas por dia, sendo, pela manhã, nas orientações Nordeste e Sudeste e, pela tarde, nas orientações Noroeste e Sudoeste. Essa insolação penetra no máximo 2,00m no interior do ambiente, medidos a partir da abertura;
- c) Nas salas com janela lateral, mesmo sem a utilização de dispositivos para a proteção da radiação solar direta, praticamente não existe sua penetração no ambiente. Quando esse fenômeno ocorre, ele tem a duração máxima de uma hora diária;
- d) A variação luminosa é maior nas salas mais profundas (8,00 x 6,00 m²), tanto nas salas com abertura central quanto nas salas com abertura lateral. De maneira geral, a variação luminosa entre o ponto mais próximo (Ponto 1) e o ponto mais afastado da abertura (Ponto 3) é de 55% nas salas com 4,00 x 6,00 m²; de 65% nas salas com 6,00 x 6,00 m² e de 70% nas salas com 8,00 x 6,00 m².

Após a avaliação das condições de iluminação natural das salas de escritórios padronizadas, foram propostas duas diretrizes de projeto para as futuras construções de edifícios dessa tipologia na cidade de Maceió, com o objetivo de implementar a utilização da iluminação natural no interior desses ambientes.

A primeira intervenção proposta foi a inclusão de prateleiras de luz nas aberturas das salas mais profundas (8,00 x 6,00 m²), por possuírem variação luminosa mais alta. A seguir, têm-se as principais conclusões obtidas através dos resultados das simulações computacionais:

- a) O uso da prateleira de luz nas salas com janela central fez com que as iluminâncias de cada ponto de simulação fossem reduzidas. Porém, como essa redução foi maior no Ponto 1 (próximo à abertura - em média 30% de redução) do que no Ponto 3 (do lado oposto à abertura - em média 17% de redução), houve uma melhoria na uniformidade luminosa do ambiente de, aproximadamente, 5% em relação à sala sem o elemento;
- b) O mesmo ocorreu com o uso da prateleira de luz nas salas com janela lateral. As iluminâncias diminuíram mais no Ponto 1 (próximo à abertura - em média 25%) e menos no Ponto 3 (do lado oposto da abertura - em média 12%), fazendo com que a

uniformidade luminosa do ambiente melhorasse, em média, 8% em relação à sala sem o dispositivo.

A outra proposta de intervenção foi a inclusão de uma janela alta contínua voltada para a circulação lateral do edifício de escritórios Tipo 2 (ver Figura 33). Esta etapa foi subdividida em outras três, pois foram propostos tipos distintos para a abertura da circulação com o meio externo (abertura contínua, cobogó de concreto de piso a teto e cobogó pintado na cor branca de piso a teto). Como principais conclusões dessa etapa:

- a) A abertura contínua (AC) na circulação lateral gera iluminâncias, em média, 60% mais altas que o fechamento em cobogó de concreto (CC);
- b) O cobogó pintado na cor branca (CB) gera iluminâncias 20% mais altas que o mesmo dispositivo na cor natural (concreto – CC). Então, pode-se considerar a pintura do elemento como uma intervenção de baixo custo capaz de gerar bons resultados;
- c) A sala com janela central que sofreu a intervenção proposta teve sua uniformidade luminosa melhorada em 30% quando a abertura da circulação lateral para o meio externo foi contínua; 8% quando o fechamento foi em cobogó de concreto de piso a teto, e 14% quando os cobogós foram pintados na cor branca. Essa comparação foi realizada em relação à sala nas mesmas condições sem a inclusão da janela alta contínua do lado oposta à abertura principal do ambiente;
- d) Na sala com janela lateral, as intervenções propostas melhoraram a uniformidade luminosa do ambiente em 80% quando a abertura da circulação lateral para o meio externo foi contínua; 20% com o fechamento em cobogó de concreto de piso a teto; e 30% quando os cobogós foram pintados na cor branca. Mais uma vez, em relação à sala nas mesmas condições sem a inclusão da janela alta contínua;

Como já foi dito anteriormente, quando as simulações são realizadas nas mesmas condições em estudos de iluminação natural, os resultados podem ser somados. Portanto, ao somar as duas intervenções propostas (prateleira de luz + janela alta contínua voltada para circulação lateral do edifício) com as iluminâncias obtidas na sala 8,00 x 6,00 m², foi possível concluir que:

- a) Nas salas com janela central, a uniformidade luminosa do ambiente melhorou em 47% quando as prateleiras de luz foram somadas à abertura contínua da circulação lateral para o meio externo; 14% quando somada com o fechamento em cobogó de concreto de piso a teto; e 20% quando somadas aos cobogós pintados na cor branca;

b) Nas mesmas condições, adicionando também a prateleira de luz com a janela lateral, a uniformidade luminosa do ambiente melhorou em 95% quando somado à proposta de abertura contínua da circulação lateral para o meio externo; 30% quando o fechamento foi em cobogó de concreto; e 45% quando os cobogós foram pintados na cor branca.

Após as conclusões apresentadas, pode-se afirmar que a uniformidade luminosa da sala com janela central melhorou significativamente com a implantação das duas intervenções propostas. A variação entre os Pontos 1 e 3 na sala sem nenhuma intervenção é, em média, de 76%; com a implementação da prateleira de luz, diminui para 71%; com a inclusão da janela alta contínua voltada para a circulação lateral, decresce para 50%, 70% e 67% respectivamente com abertura contínua, fechamento em cobogó de concreto e cobogó pintado de branco de piso a teto; e 40%, 65% e 60 % quando são utilizadas as duas intervenções ao mesmo tempo (ver).

Nas salas com janela lateral, também foi obtida uma melhoria significativa com a implantação das intervenções propostas. A variação entre os Pontos 1 e 3 na sala sem nenhuma intervenção é, em média, de 70%; com a implementação da prateleira de luz, diminui para 64%; com a inclusão da janela alta contínua voltada para circulação lateral, decresce para 15%, 55% e 47%, respectivamente, com abertura contínua, fechamento em cobogó de concreto e cobogó pintado de branco de piso a teto; e 3%, 48% e 36 % quando são utilizadas as duas intervenções ao mesmo tempo (ver).

Tabela 53: Tabela resumo dos resultados – variação das iluminâncias entre os Pontos 01 e 03, respectivamente o mais próximo e o mais afastado da abertura.

SALAS COM JANELA CENTRAL	
JC – 76%	JC + PL – 71%
JC + AC – 50%	JC + PL + JA c/ AC – 40%
JC + CC – 70%	JC + PL + JA c/ CC – 65%
JC + CB – 67%	JC + PL + JA c/ CB – 60%
SALAS COM JANELA LATERAL	
JL – 70%	JL + PL – 64%
JL + AC – 15%	JL + PL + JA c/ AC – 3%
JL + CC – 55%	JL + PL + JA c/ CC – 48%
JL + CB – 47%	JL + PL + JA c/ CB – 36%

Então, de acordo com a literatura revista e com os resultados obtidos nesta pesquisa, percebe-se que é possível alcançar as iluminâncias recomendadas pela NBR 5413/1992, apenas com a utilização da iluminação natural, durante quase todo o período comercial nas salas de escritórios e que as intervenções propostas melhoraram significativamente a uniformidade luminosa do ambiente.

5.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Os modelos computacionais foram construídos sem nenhuma obstrução, o que justifica as elevadas iluminâncias. Porém, como o trabalho se deteve a estudar a uniformidade luminosa do ambiente, as iluminâncias elevadas alteram a quantidade de luz, que chega ao interior das salas, e não a distribuição da mesma.

As médias obtidas nas simulações não representam as médias diárias, e sim a média das iluminâncias do horário estudado, das 8h às 17h.

5.3 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

A partir das perspectivas de evolução nos resultados obtidos nesta dissertação, assim como das limitações do trabalho, podem ser propostas as seguintes pesquisas:

- a) Pesquisa sobre a percepção dos usuários e arquitetos sobre os edifícios de escritórios localizados em Maceió, tendo como base o estudo piloto realizado no Apêndice 1;
- b) Elaboração de uma curva anual do comportamento da iluminação natural nesses ambientes, com os três tipos de céu;
- c) Estudo sobre a influência da refletância das superfícies internas na distribuição das iluminâncias, variando independentemente a refletância das paredes, do piso, do teto e da prateleira de luz;
- d) Realização de estudo, levando em conta as obstruções internas mais comuns desses edifícios de escritórios, como, por exemplo, as divisórias internas, os armários e os móveis em geral;
- e) Estudo sobre o custo das intervenções propostas e a eficiência energética da edificação.

REFERÊNCIAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Iluminância de Interiores. NBR 5413. 1992
- _____. NBR 15220-3. *Desempenho térmico de edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c. 23p.
- ALLEN, Edward. *Construcción. Como funciona um edifício: princípios elementales*. Versión: Bárbara Lataillade. Ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1990.
- ALMEIDA, José Eduardo C. e CABÚS, Ricardo C. *Avaliação de iluminância em região tropical utilizando simulação computacional*. III Congresso Nacional de Meio Ambiente. Salvador: Expogeo.2004.
- _____, José Eduardo Castro de ; CABUS, Ricardo C. . *Conforto térmico em apartamentos de um conjunto habitacional em Maceió/AL*. In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió, 2005.
- ALUCCI, Márcia P.; ASSIS, Eleonora S. *Subsídios para normalização da iluminação natural no Brasil*. In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro/SP, Brasil, 2000 Anais do ... ANTAC, 2000.
- ARAÚJO, Iuri A., *Influência da luz natural refletida pelo entornona iluminação de edifícios no trópico úmido*. Maceió, 2006. 117p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Curso de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado – Universidade Federal de Alagoas.
- ARAÚJO, Iuri A., CAVALCANTE, Miquelina C., CABÚS, Ricardo C. *Influência de prateleira de luz sob marquise na uniformidade da iluminação natural em interiores*. In: VII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió/AL, Brasil, 2005. ANTAC.
- ASSIS, E. S.; VALADARES, V. M.; SOUZA, R. V. G. *Bases para a determinação dos recuos e volumetria dos edifícios, considerando a insolação e iluminação natural, na revisão da lei de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte, MG*. In : (III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído. Gramado/RS, Brasil, 1995). Anais ... ANTAC, 1995.
- ASHDOWN, Ian. *Lighting for Architects*. In: Computer Graphics World – CGW August 1996.
- BACHELARD, Gaston. *A Poética do Espaço*. São Paulo: Martins Fontes, 1988.
- BAKER, N; FANCHIOTTI, A. & STEEMERS, K. *Daylightin in architecture. A European reference book*. James & James (Science Publishers) Ltd. Londen, 1993.

- BASSO, Admir. *Avaliação do desempenho de sistemas de controle de insolação e sua interferência na iluminação natural*. In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1997: Fortaleza). Anais ... Fortaleza : ANTAC, 1997 p. 315 – 318.
- BELTRÁN, L. O.; LEE, E. S.; SELKOWITZ, S. E. Advanced Optical Daylighting Systems: “*lightshelves*” and Light Pipes. In: *Journal of the Illuminating Engineering Society*. p. 91-105 Summer 1997.
- BEN - *Balanco Energético Nacional 2004*, Ministério de Minas e Energia e Secretaria de Energia, Brasília, 2004.
- BENÉVOLO, L. *Introdução à Arquitetura*. São Paulo: Editora Mestre Jou. 1976.
- BITTENCOURT, Leonardo S. (1993). *Ventilation as a Cooling Resorce for Warm-HumidClimates: Na Investigation on Perforated Block Wall Geometry to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings*. (Phd). Architectural Association Graduate School Enciroment and Energy Studies Programme.
- _____. *Uso das Cartas Solares: Diretrizes para Arquitetos*. Maceió: Edufal, 1996.
- BITTENCOURT, Leonardo S.; OITICICA, Maria Lucia G.; PÁDUA, Antonio; FONTAN, Renata. *Influência da localização, dimensão e forma das janelas nos níveis de iluminação natural produzidos por céus encobertos*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1995: Gramado). Anais ... Porto Alegre: ANTAC, 1995 p. 571 – 576.
- BITTENCOURT, Leonardo S., BIANA, Gabriela, CRUZ, Jorge M. *Efeito de protetores solares verticais e horizontais na ventilação natural de salas de aula do 2º grau*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1995: Gramado). Anais ... Porto Alegre : ANTAC, 1995 p. 383-388.
- BITTENCOURT, Leonardo S.; FERREIRA, Dilson B. *Simulação da iluminação natural no ambiente construído sob condições de céus parcialmente nublados*. (V Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro/SP, Brasil, 2000) Anais do ... ANTAC, 2000.
- BITTENCOURT, Leonardo S., BATISTA, Juliana O. *O efeito de dutos de luz verticais na iluminação natural de ambientes escolares*. In: V Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americanosobre Conforto no Ambiente Construído. Curitiba/PR, Brasil, 2003. Anais do ... ANTAC, 2003. p. 559 – 566.
- BORMANN, Oto Roberto. *Iluminação natural em salas de aula e escritórios com o uso de prateleiras de luz*. Curitiba, 2003. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.
- BURGNER, Lois I. *Light: the source of life on Earth*. In: LD+A July 1996 p. 27- 31

BURT HILL KOSAR RITTLEMANN ASSOCIATES ARCHITECTS. *Lightshelves : thermal/optical performance characteristics of reflective lightshelves in buildings*. Butler, PA. 1984.

CABÚS, Ricardo C.; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. *Avaliação através de método gráfico da distribuição de iluminâncias em ambientes*. Salvador, BA. 1997. p.328-332. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4º, Salvador, 1997. Artigo técnico.

CABÚS, Ricardo C. *Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias*. Florianópolis, 1997. 156p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

_____. *Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil*. (Phd). Architecture, University of Sheffield, Sheffield, 2002. 288p.

_____. *The influence of ground-reflected light in tropical daylighting*. PLEA, 2002. Lyon: PLEA.

_____. *Influência da Luz Refletida no Solo na Iluminação Natural nos Trópicos: Comparando o desempenho de protetores solares*. I Encontro Latino Americano e X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. São Paulo: ENTAC, 2004.

_____. *Troplux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações*. In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió, 2005.

_____. *Validação do programa Troplux*. In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió, 2005.

_____. *Troplux – Manual do Usuário*. Maceió: Grilu, 2005.

CANNON-BROOKES, S W A, *Simple scale models for daylighting design: Analysis of sources of error in illuminance prediction*, Lighting Res. Technol. 29 (3) 135-142 (1997).

CÂNDIDO, Christhina Maria ; TÔRRES, Simone Carnáuba ; CABUS, Ricardo C. . *Análise da utilização de prateleiras de luz em edifício de pesquisas da UFAL*; Maceió-AL. In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió, 2005.

CANTER, David. *The Psychology of Plape Architectural Tress*. Londres, 1977.

CINTRA DO PRADO, L. *Iluminação*. São Paulo: FAU-USP, 1962.

CISBE – The Chartered Institution of Building Services Engineers. *Code for interior lighting*. London:1994.

- CORRÊA, Silvia R. Morel. *Estudo do desempenho lumínico de salas de aula com iluminação zenital*. In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1997: Fortaleza). Anais ... Fortaleza : ANTAC, 1997 p. 333 – 337.
- ENERGY RESEARCH GROUP, School of Architecture, University College Dublin, for The European Commission Directorate-General for Energy. *Daylighting in Buildings*. Dublin, Ireland. 1994.
- FONSECA, Marçal R. *Desenho Solar*. S. Paulo. Projeto Editores Associados. 1982.
- GIRARDIN, Maria C. *Iluminación natural por reflexión de luz solar em obstruções*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1995: Gramado). Anais ... Porto Alegre : ANTAC, 1995 p. 553 – 557.
- GIVONI, Baruch. *Man, Climate and Architecture*. Londres: Applied Science Publishers Ltd. 1982.
- _____. *Passive and low energy cooling of buildings*. Van Nostrand Reinhold. 115 Fifth Avenue, New York, 1994.
- GONÇALVES, Joana. *Uma nova geração de edifícios altos: a retomada de valores ambientais na busca de novos paradigmas*. Anais do NUTAU 2004, São Paulo, 2004.
- GOITIA, Fernando C. *História Geral da Arte – Arquitetura I*. Espanha: Ediciones Del Prado. 1995.
- GRANDJEAN, Ettiene. *Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda. 1991.
- GRATIA, E., A. DE HERDE. *How to use natural ventilation to cool narrow office buildings*. In Building and environment, fevereiro de 2004. Disponível em www.sciencedirect.com
- GRAZIANO JR., Sigfrido F.C.G. *Estudo de redirecionamento da luz natural utilizando equipamento tipo “lightshelf”*. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFSC.
- GRAZIANO JR., Sigfrido F.C.G.; PEREIRA, Fernando O. R. *Estudo para redirecionamento da luz natural utilizando elementos tipo lightshelves*. (VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americanosobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro/SP, Brasil, 2001). Anais do ... ANTAC, 2001.
- HERTZ, John B. (1998): *Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil*, Pioneira, São Paulo.
- HOPKINSON, R.; PETHERBRIDGE, P. & LONGMORE, J. *Iluminação Natural*. William Heinemann, Ltda, London, 1975.
- KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, Alan; SZOKOLAY, S. V. *Manual of tropical housing and building*. Longman, London, 1973.

- LAM, William M. C. *Sunlighting – as formgiver for architecture*. New York : Van Nostrand Reinhold, 1986.
- LEMES, Diogo; PEREIRA, Fernando O. R. *Influência da configuração dos átrios na iluminação de espaços adjacentes*. Curitiba, PR. 2003. p. 1478-1479. Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído, 7, Conferência Latino-Americana Sobre Conforto n Desempenho Energético de Edificações, 3, 2003, Curitiba. Artigo Técnico.
- _____. *Influência da configuração dos átrios na iluminação de espaços adjacentes*. Maceió, AL. 2005. p. 1005-1014. In: VII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió/AL, Brasil, 2005. ANTAC.
- LIMA, Thais B. S. *A simulação computacional auxiliando no aproveitamento da luz natural e na economia de energia*. Anais do NUTAU... 2002.
- LITTLEFAIR, P. Measuring daylight – the effective use of scale models. In: DAYLIGHTING BUILDINGS, Apr. 1989, London. *Proceeding...* London: UK – ISES – International Solar Energy Society, 1989.
- LYNES, J. A. Principles of natural lighting. London: Elsevier, 1968.
- MACEDO, Catharina C. *Análise do Desempenho Térmico e Luminoso de Sistemas de Iluminação Natural que Utilizam a Luz Direta do Sol*. Florianópolis, 2002. 135p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC.
- MAGALHÃES, Maria Amália A. *As fachadas de vidro e a iluminação natural...* 1993.
- _____. *A utilização do modelo reduzido na simulação de iluminação natural no interior de edificações*. In: Encontro Nacional de Modelos de Simulação de Ambientes, 1995. São Paulo. Anais... São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo – NUTAU, 1995. p. 149-159.
- _____. *O projeto de iluminação natural: edificações escolares*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americanosobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro/SP, Brasil, 2001. Anais do ... ANTAC, 2001.
- MAJOROS, Andrés. *Daylighting*. PLEA Notes, Note 4. PLEA in Association with Department of Architecture, the University of Queensland. Edited by S.V.Szokolay, 1998.
- MARAGNO, Gogliardo V. *Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande-MS*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americanosobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro/SP, Brasil, 2001. Anais do ... ANTAC, 2001.
- MASCARÒ, Juan Luis, MASCARÓ, Lúcia. *Incidências das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios*. Porto Alegre: Sagra – DC Luzaro, 1992.
- MASCARÓ, Lúcia, VIANNA, Nelson S. *Iluminação Natural nos edifícios*. Porto Alegre: Propar, 1980.

MASCARÓ, Lúcia. *Luz, clima e arquitetura*. São Paulo: Nobel, 1983.

_____. *Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo*. 2. ed. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1991.

_____. *O Sol mora conosco (ou, talvez, mora fora de nossas casas)*. In: I Encontro de Professores de Conforto Ambiental - NE. (1992 – João Pessoa - PB). Anais ... – Editora Universitária . 1991 p. 6 - 9.

_____. *Influência da forma dos conjuntos arquitetônicos na iluminação natural*, In: II Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (1993: Florianópolis). Anais ... ANTAC : ABERGO : SOBRAC, 1993. p.275- 280.

MOORE, Fuller. *Concepts and practice of architectural daylighting*. Van Nostrand Reinhold Co, New York, 1991.

NETO, Egydio P. *Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho*. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980.

OPDAL, Knut; BREKKE, Bjorn. Energy saving in lighting by utilisation of daylight. In: 3rd European Conference on Energy-Efficient Lighting. Proceedins... New Castle: Northern Electric, v.1, p 67-74, 1995.

OSRAM – *Manual Luminotécnico*. 2003.

PEDRINI, A.; LAMBERTS, R. *Influência do tamanho e forma sobre o consumo de energia de edificações de escritório em clima quente*. in: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 7, Conferência Latino-americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações, 3, ENCAC-COTEDI, Curitiba-PR. ANTAC, 2003.

PEREIRA, Fernando O. R. *Luz solar direta: tecnologia para melhoria do ambiente lumínico e economia de energia da edificação*. In: II Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. (1993 : Florianópolis). Anais ... Florianópolis : ANTAC : ABERGO : SOBRAC, 1993. p. 257-267.

_____. *Uma metodologia para indicações de ocupação do ambiente urbano – controle da obstrução da abóbada celeste*. Departamento de Arquitetura e urbanismo, UFSC, Florianópolis.

_____. *Iluminação natural no ambiente construído*. Curso ministrado durante o III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Gramado, 1995.

_____. *Uma experiência com a caracterização do comportamento radiante de aberturas*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (1995: Gramado). Anais .Porto Alegre : ANTAC, 1995 p. 523 – 528.

_____. *Iluminação Natural*. Notas de Aula e apostila do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina – Área de Ergonomia - Conforto do Ambiente Construído / Iluminação - Florianópolis, 1996.

- PEREIRA, Fernando O. R. LEDER, Solange M. *Análise de proposta inovativa para uso da iluminação natural: estudo de caso*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído Qualidade no Processo Construtivo, Florianópolis, 1998.
- POGERE, Ângela. *Estudo de átrios como elementos condutores de Iluminação natural*. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina.
- PROCEL. O que você pode fazer. *Informativo Eletrobrás do PROCEL*. Rio de Janeiro, n.56, maio 2001.
- ROBBINS, Claude L. *Daylighting, design and analysis*. Van Nostrand Reinhold Co, New York, 1986.
- RONCÁLIO, Luciana Maria; PEREIRA, Fernando O. R. *Avaliação de sistemas de aberturas zenitais para o aproveitamento da luz solar direta*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1995: Gramado). Anais ... Porto Alegre : ANTAC, 1995 p. 493 – 498.
- SCARAZZATO, Paulo S. *Iluminação dos ambientes construídos: normatizar é preciso*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1995: Gramado). Anais ... Porto Alegre : ANTAC, 1995 p. 105 – 107.
- _____. *O Conceito de Dia Típico de Projeto Aplicado à Iluminação Natural. Dados Referenciais para Localidades Brasileiras* . São Paulo, s.n. 1995. 2v. (Tese de Doutorado).
- _____. *DLN. Softwarw Preditivo da Disponibilidade de Luz Natural em Planos Horizontais e Verticais Externos às Edificações*. In: Encontro Nacional de Modelos de Simulação de Ambientes. Artigo técnico. Brasil - São Paulo, SP. 1995. p. 269-273.
- SCARAZZATO, Paulo S.; LABAKL, Lucila C. *Iluminação natural e insolação: o pioneirismo de Paulo de Sá revisitado*. (VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro/SP, Brasil, 2001). Anais do ... ANTAC, 2001.
- SCHILER, Marc. *Simulation daylight with architectural models*. U.S. Dept. of Energy, University of Southern Califórnia, 1987.
- SIGNOR, Régis. *Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 cidades brasileiras*. Dissertação de mestrado, UFSC, Florianópolis, abril de 1999.
- SILVA, Elvan. *Arquitetura & Semiologia: notas sobre a interpretação lingüística do fenômeno arquitetônico*. Porto Alegre. Sulina, 1985. 180p. 23cm.
- SOUZA, Marcos B. *Impacto da luz natural no consumo de energia elétrica em um edifício de escritórios em Florianópolis*. Florianópolis, 1995. 191p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC.

- SOUZA, Marcos B; PEREIRA, Fernando O. R. *Impacto da luz natural no consumo de energia em edifícios comerciais*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1995: Gramado). Anais ... Porto Alegre : ANTAC, 1995 p.481 – 486.
- SOUZA, Roberta V. G.; VALADARES, Victor M. *Ensaio de iluminação natural em modelo reduzido: aplicação no projeto de arquitetura*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído (1995: Gramado). Anais ... Porto Alegre : ANTAC, 1995 p. 565 – 570.
- SOUZA, Roberta V. G. *Iluminação Natural em Edificações: cálculo de iluminâncias internas – desenvolvimento de ferramenta simplificada e sua aplicação a legislação construtiva*. Tese de mestrado em Engenharia Civil, UFSC, 1997.
- TREGENZA, P. R. *Sunlight, skylight and electric light*. In: II Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (1993 : Florianópolis). Anais ... Florianópolis : ANTAC : ABERGO : SOBRAC, 1993. p. 21-27.
- VIANA, Nelson S., GONÇALVES, Joana Carla S. *Iluminação e arquitetura*. Universidade do Grande ABC. São Paulo: Virtus, 2001.
- WESTPHAL, Fernando S.; LAMBERTS, Roberto. *Proposta de melhoria na eficiência energética de um edifício comercial*. (IV Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro/SP, Brasil, 1999). Anais do ... ANTAC, 1999.
- WILKINSON, M. A. *Natural lightin under translucent domes*. Lighting Research and Technology. London: CISBE, 1992.

APÊNDICES

APÊNDICE 1	130
Levantamento das tipologias dos Edifícios de Escritórios	131
Edifício 1- Walmap	132
Edifício 2- Delmiro Gouveia	134
Edifício 3- Centro Empresarial Barão de Penedo.....	136
Edifício 4- Lobão Barreto.....	138
Edifício 5- Comercial Trade Center	140
Edifício 6- Business Tower	142
Edifício 7- Breda Center.....	144
Edifício 8- Empresarial Ruy Palmeira.....	146
Edifício 9- Work Center	148
Edifício 10- Avenue Center.....	150
Edifício 11- Ocean Tower	152
APÊNDICE 2	154
Cálculo da refletância das superfícies internas.....	155
APÊNDICE 3	158
Carta solar x prateleira de luz.....	159
1. Introdução	160
2. Condições de proteção das salas simples	160
3. Definição do dimensionamento das prateleiras de luz	162
3.1 Tipologia com janela central	163
3.2 Tipologia com janela lateral	164
4. Conclusão	165
APÊNDICE 4	166
Hora legal x hora solar	167
APÊNDICE 5	168
Estudo piloto para definição do pavimento de simulação.....	169
APÊNDICE 6	171
Perfil climático da cidade de Maceió.....	172

APÊNDICE 1

LEVANTAMENTO DAS TIPOLOGIAS DOS EDF. DE ESCRITÓRIOS

Edifício 1- Walmap	132
Edifício 2- Delmiro Gouveia	134
Edifício 3- Centro Empresarial Barão de Penedo.....	136
Edifício 4- Lobão Barreto.....	138
Edifício 5- Comercial Trade Center	140
Edifício 6- Business Tower	142
Edifício 7- Breda Center.....	144
Edifício 8- Empresarial Ruy Palmeira.....	146
Edifício 9- Work Center	148
Edifício 10- Avenue Center.....	150
Edifício 11- Ocean Tower	152

Edifício 1- Walmap

R. do Livramento, 148 - Centro

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado na região central da cidade de Maceió. O entorno urbano concentra usos comerciais e de serviços.



2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 15	No. de salas =
No. de pavimentos-tipo = 13	No. total de salas nos pavimentos tipo = 156
No. de salas por pavimento tipo = 12	No. de salas vazias =
No. de escritórios =	No. de consultórios =

3- Tipologia arquitetônica

Forma e Orientação do pavimento tipo

4- Características Construtivas Gerais

Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Lajes maciças de concreto com espessura de 15cm Laje do pavimento térreo: área interna recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e contrapiso desempenado. Nas áreas comuns, o piso é granilite e, nas salas há piso cerâmico. Laje dos pavimentos tipo: maciça com espessura de 15 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Nas áreas comuns, mantém-se o piso de granilite. No interior das salas, os materiais de acabamentos são variados de acordo com o setor que ocupa os andares. <p>Na superfície da laje que corresponde aos forros, foi feita a aplicação de pintura acrílica diretamente sobre a laje, ficando o concreto aparente.</p> <ul style="list-style-type: none"> Laje de cobertura: maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Reboco e pintura
Esquadrias	Esquadrias de alumínio com vidro transparente de 6mm

Projetista: Engº Paulo de Tarso	Construtor: GIBOCLtda, José Zeno Barbosa e Bco Nacional
Número total de pavimentos: 15	Ano de início de ocupação: 1965
	Área total do edifício (m ²): 7.735,00
Quant. Pav. Tipo: 13	Pé-direito (m): 2.60
	Área de cada pavimento (m ²): Não consta*
Número de escritórios por pavimento: 12	Área média de cada escritório (m ²): 22,75

Fachada 1 - Azimute =			
Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
16,62	41,4*	688,068*	Bege
Fachada 2 – Azimute =			
46,73	41,4*	688,068*	Bege
Fachada 3 – Azimute =			
41,38	41,4*	1.713,132*	Bege
Fachada 4 – Azimute =			
28,3	41,4*	1.171,62*	Bege
JANELAS			
Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro
5,48	4.85	2.44	comum 6mm
Sistema de abertura: janela de correr - 2 folhas nas medidas 0.97x1.25			
Proteção solar externa nas janelas: não há			

Edifício 2- Delmiro Gouveia

Praça dos Palmares, 36 - Centro

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado na região central da cidade de Maceió. O entorno urbano concentra usos comerciais e de serviços.

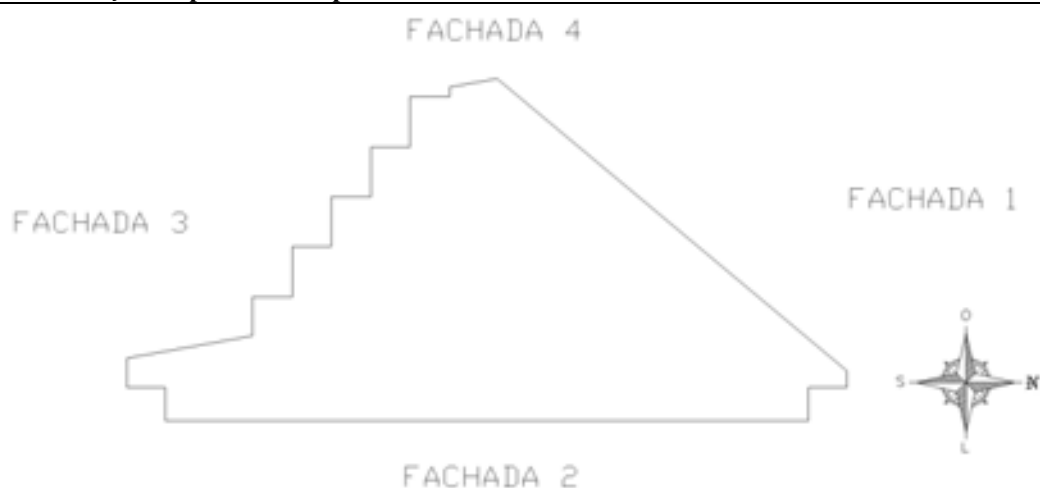


2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 13	No. de salas =
No. de pavimentos-tipo = 10	No. total de salas nos pavimentos tipo = 130
No. de salas por pavimento tipo = 9	No. de salas vazias =
No. de escritórios =	No. de consultórios =

3- Tipologia arquitetônica

Forma e Orientação do pavimento tipo



4- Características Construtivas Gerais

Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Lajes maciças de concreto com espessura de 15cm Laje do pavimento térreo: área interna recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e contrapiso desempenado. Nas áreas comuns e nas salas, o piso é cerâmico. Laje dos pavimentos tipo: maciça com espessura de 15 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Nas áreas comuns, mantém-se o piso cerâmico. No interior das salas, os materiais de acabamentos são iguais. Na superfície da laje que corresponde aos forros das salas, foi feita a aplicação de pintura acrílica diretamente sobre a laje, ficando o concreto aparente. Nas áreas comuns, foi feito um rebaixamento de 20cm com forro de gesso. Laje de cobertura: maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Reboco e pintura
Esquadrias	Esquadrias de alumínio com vidro transparente de 6mm

Projetista: Marcos Rocha Vieira, Simone Normande Vieira e Leila M. Sarmiento Pedrosa		Construtor: Francisco Nelson de Souza Filho
Número total de pavimentos: 13		Ano de início de ocupação: 1978
		Área total do edifício (m ²): 5.378,15
Quant. Pav. Tipo: 10	Pé-direito (m): 3,00	Área de cada pavimento (m ²): 783,55
Número de escritórios por pavimento: 9		Área média de cada escritório (m ²): 24

Fachada 1 - Azimute =			
Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
	41,25	551,18	Amarela
Fachada 2 - Azimute =			
36,6	41,25	1.509,75	Amarela
Fachada 3 - Azimute =			
	41,25		Amarela
Fachada 4 - Azimute =			
36,6	41,25	1.509,75	Amarela
JANELAS			
Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro
6,00	4,56	1,82	comum 6mm
Sistema de abertura: janela de correr - 2 folhas nas medidas 0,90x1,01 + bandeira fixa de 0,25 x 0,90			
Proteção solar externa nas janelas: não há			

Edifício 3- Centro Empresarial Barão de Penedo

R. Barão de Penedo, 187 - Centro

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado na região central da cidade de Maceió. O entorno urbano concentra usos comerciais e de serviços.

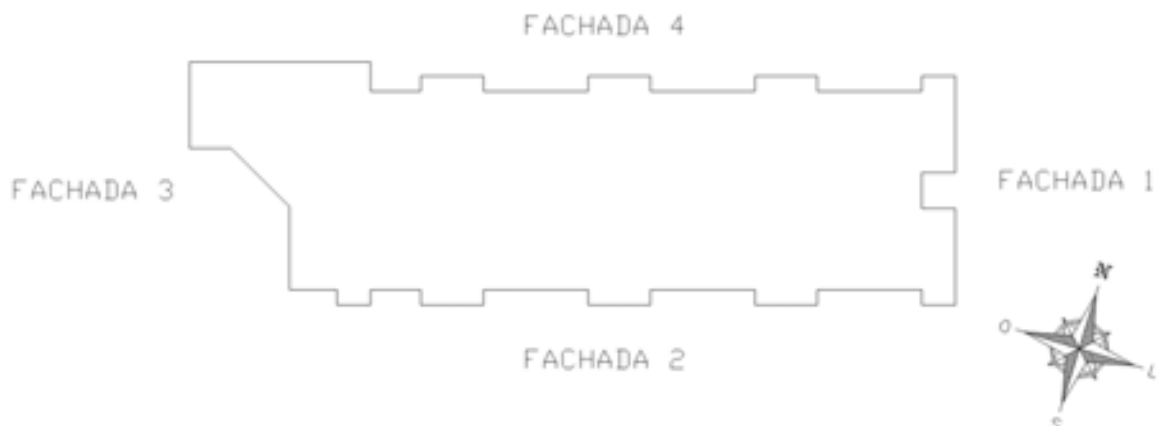


2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 14	No. de salas = 196
No. de pavimentos-tipo = 12	No. total de salas nos pavimentos tipo = 180
No. de salas por pavimento tipo = 15	No. de salas vazias = 30
No. de escritórios = 147	No. de consultórios = 19

3- Tipologia arquitetônica

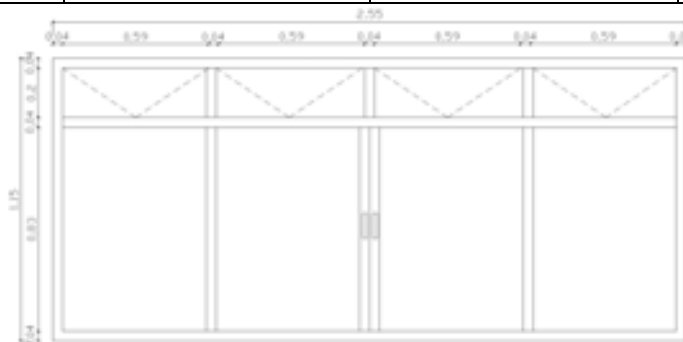
Forma e Orientação do pavimento tipo



4- Características Construtivas Gerais	
Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Lajes maciças de concreto com espessura de 15cm Laje do pavimento térreo: área externa recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e piso de cimento desempenado. Área interna recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e contrapiso desempenado. Nas áreas comuns, o piso é de cimento queimado e nas salas há piso cerâmico. Laje dos pavimentos tipo: maciça com espessura de 15 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Nas áreas comuns, mantém-se o piso de cimento queimado. No interior das salas, os materiais de acabamentos são iguais. Na superfície da laje que corresponde aos forros, foi feita a aplicação de pintura acrílica diretamente sobre a laje, ficando o concreto aparente. Laje de cobertura: maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Reboco e pintura
Esquadrias	Esquadrias de alumínio com vidro transparente de 6mm

Projetista: Alexandre O. Nunes e Jadiceli M. D. Gomes		Construtor: SERMAP – Eng. e Const. Ltda.
Número total de pavimentos: 14		Ano de início de ocupação: 1987
		Área total do edifício (m ²):
Quant. Pav. Tipo: 12	Pé-direito (m): 3.00	Área de cada pavimento (m ²): 460,84
Número de escritórios por pavimento:		Área média de cada escritório (m ²): 21,8

Fachada 1 - Azimute =			
Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
12,7	43,4	551,18	Bege, cinza e vermelha
Fachada 2 - Azimute =			
42,2	43,4	1.831,48	Bege, cinza e vermelha
Fachada 3 - Azimute =			
42,2	43,4	1.831,48	Bege, cinza e vermelha
Fachada 4 - Azimute =			
12,7	43,4	551,18	Bege, cinza e vermelha
JANELAS			
Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro
2.94	2.40	1.26	comum 6mm



Sistema de abertura: janela de correr - 2 folhas 0,58x0,83 + bandeira projetante de 0,20 x 0,58

Proteção solar externa nas janelas: não há

Edifício 4- Lobão Barreto

R. do Comércio, 436 - Centro

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado na região central da cidade de Maceió. O entorno urbano concentra usos comerciais e de serviços.



2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 11	No. de salas = 130
No. de pavimentos-tipo = 10	No. total de salas nos pavimentos tipo = 130
No. de salas por pavimento tipo = 13	No. de salas vazias =
No. de escritórios =	No. de consultórios =

3- Tipologia arquitetônica

Forma e Orientação do pavimento tipo

4- Características Construtivas Gerais	
Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Lajes maciças de concreto com espessura de 15cm Laje do pavimento térreo: área externa recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e piso granilite. Área interna recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e contrapiso desempenado. Nas áreas comuns, o piso é de granilite e em algumas salas há piso cerâmico. Laje dos pavimentos tipo: maciça com espessura de 15 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Nas áreas comuns, mantém-se o piso de granilite. No interior das salas, os materiais de acabamentos são variados. Na superfície da laje que corresponde aos forros, foi feita a aplicação de pintura acrílica diretamente sobre a laje, ficando o concreto aparente. Laje de cobertura: maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Reboco e pintura
Esquadrias	Esquadrias de alumínio com vidro transparente de 6mm

Projetista: Não consta*	Construtor: SERMAP – Eng. e Const. Ltda.
Número total de pavimentos: 11	Ano de início de ocupação: Não consta*
	Área total do edifício (m ²): Não consta*
Quant. Pav. Tipo: 10	Pé-direito (m): 3.00
	Área de cada pavimento (m ²): Não consta*
Número de escritórios por pavimento:	Área média de cada escritório (m ²): 23,19

Fachada 1 - Azimute =			
Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
Não consta*	Não consta*	Não consta*	Cinza
Fachada 2 – Azimute =			
Não consta*	Não consta*	Não consta*	Cinza
Fachada 3 – Azimute =			
Não consta*	Não consta*	Não consta*	Cinza
Fachada 4 – Azimute =			
Não consta*	Não consta*	Não consta*	Cinza
JANELA 1			
Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro
1.46	1.34	0.67	comum 6mm
Sistema de abertura: janela de correr - 1 folha com medidas 0,57x1,17			
Proteção solar externa nas janelas: não há			

Edifício 5- Comercial Trade Center

R. Zacarias de Azevedo, 399 - Centro

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado na região central da cidade de Maceió. O entorno urbano concentra usos comerciais e de serviços.



2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 7	No. de salas =
No. de pavimentos-tipo = 5	No. total de salas nos pavimentos tipo = 100
No. de salas por pavimento tipo = 20	No. de salas vazias =
No. de escritórios =	No. de consultórios =

3- Tipologia arquitetônica

Forma e Orientação do pavimento tipo



4- Características Construtivas Gerais

Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Lajes maciças de concreto com espessura de 15cm Laje do pavimento térreo: área externa recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e piso de cimento desempenado. Área interna recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e contrapiso desempenado. Nas áreas comuns e nas salas, o piso é de cerâmica. Laje dos pavimentos tipo: maciça com espessura de 15 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Nas áreas comuns, mantém-se o piso cerâmico e, no térreo, o piso é em mármore. No interior das salas, os materiais de acabamentos são iguais. Na superfície da laje que corresponde aos forros, foi feita a aplicação de pintura acrílica diretamente sobre a laje, ficando o concreto aparente. Laje de cobertura: maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Reboco e pintura
Esquadrias	Esquadrias de ferro com vidro transparente de 6mm

Projetista: João Mariano Malta Teixeira		Construtor:
Número total de pavimentos: 7		Ano de início de ocupação: 2001
		Área total do edifício (m ²): 6.880,57
Quant. Pav. Tipo: 5	Pé-direito (m): 2.70	Área de cada pavimento (m ²): 783,55
Número de escritórios por pavimento: 20		Área média de cada escritório (m ²): 28,08

Fachada 1 - Azimute =			
Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
43,05	25,95	1.117,15	Bege e verde
Fachada 2 – Azimute =			
19,7	25,95	511,22	Bege e verde
Fachada 3 – Azimute =			
43,05	25,95	1.117,15	Bege e verde
Fachada 4 – Azimute =			
19,7	25,95	511,22	Bege e verde
JANELAS			
Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro
4,12	3,28	1,64	Comum fumê 6mm
Sistema de abertura: janela de correr - 2 folhas nas medidas 0,78x1,20			
Proteção solar externa nas janelas: não há			

Edifício 6- Business Tower

Av. Governador Osman Loureiro, nº 49, Jatiúca.

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado numa região predominantemente comercial, sem obstáculos significantes quanto a ventilação e iluminação natural.

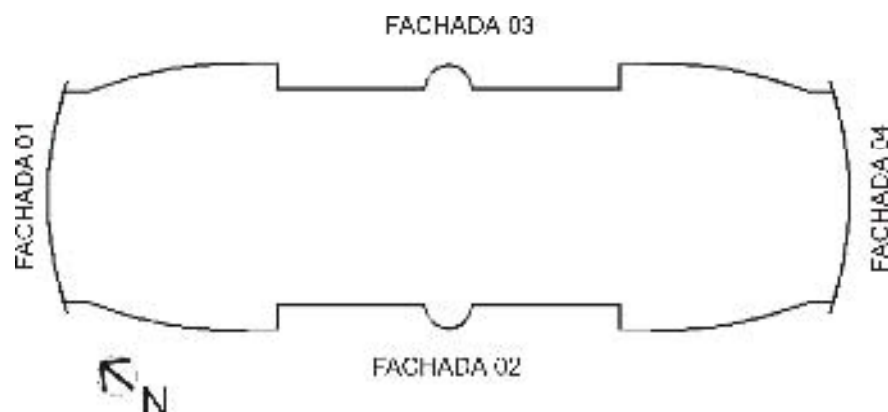


2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 07	No. de salas = 72
No. de pavimentos-tipo = 07	No. total de salas nos pavimentos tipo = 63
No. de salas por pavimento tipo = 09	No. de salas vazias = 10
No. de escritórios = 50	No. de consultórios = 10

3- Tipologia arquitetônica

Forma e Orientação do pavimento tipo



4- Características Construtivas Gerais

Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Laje do pavimento térreo: Área externa revestida de paralelepípedo. Área interna revestida em granito nas áreas comuns e, no interior das salas, os materiais de acabamento são variados. Laje dos pavimentos tipo: Tipo colméia de 25 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Os forros são de gesso. Laje de cobertura: Maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Porcelanato
Esquadrias	Esquadrias de alumínio na cor prata, com vidro transparente de 6mm

Projetista:	Construtor: Meta Emp. / Cerutti Engenharia
Número total de pavimentos: 07	Ano de início de ocupação: 2003
	Área total do edifício (m ²): Não consta
Quant. Pav. Tipo: 07	Pé-direito (m): 2,70
	Área de cada pavimento (m ²): Não consta
Número de escritórios por pavimento: 09	Área média de cada escritório (m ²): 35,00

Fachada 1 - Azimute = 310,5

Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
12,65	29,00	366,85	Porcelanato cinza

Fachada 2 – Azimute = 220,5

34,98	29,00	1.014,42	Porcelanato cinza
-------	-------	----------	-------------------

Fachada 3 – Azimute = 130,5

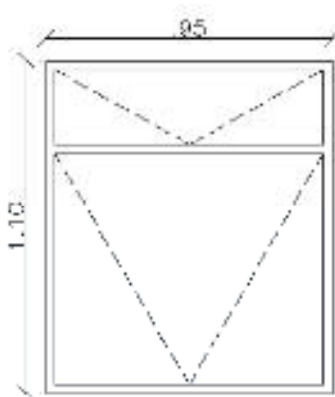
34,98	29,00	1.014,42	Porcelanato cinza
-------	-------	----------	-------------------

Fachada 4 – Azimute = 40,5

12,65	29,00	366,85	Porcelanato cinza
-------	-------	--------	-------------------

JANELAS

Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro
3	2,70	1,50	Refletivo 6mm



Sistema de abertura: Janela basculante de 0,95 x 0,85 + bandeira basculante de 0,95 x 0,25

Proteção solar externa nas janelas: Nenhuma

Edifício 7- Breda Center

R. Dr.L. P. Miranda, 42 - Centro

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado na região central da cidade de Maceió. O entorno urbano concentra usos comerciais e de serviços.

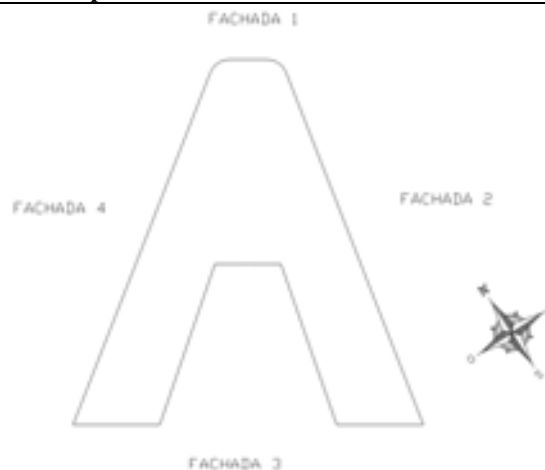


2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 12	No. de salas =
No. de pavimentos-tipo = 10	No. total de salas nos pavimentos tipo = 340
No. de salas por pavimento tipo = 34	No. de salas vazias =
No. de escritórios =	No. de consultórios =

3- Tipologia arquitetônica


Forma e Orientação do pavimento tipo



4- Características Construtivas Gerais

Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Lajes maciças de concreto com espessura de 15cm Laje do pavimento térreo: área externa recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e piso de cimento desempenado. Área interna recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e contrapiso desempenado. Nas áreas comuns e em algumas nas salas, o piso é de granilite e em outras há piso cerâmico. Laje dos pavimentos tipo: maciça com espessura de 15 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Nas áreas comuns, mantém-se o piso de granilite. No interior das salas, os materiais de acabamentos variam. Na superfície da laje que corresponde aos forros, foi feita a aplicação de pintura acrílica diretamente sobre a laje, ficando o concreto aparente. Laje de cobertura: maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Reboco e pintura
Esquadrias	Esquadrias de madeira com vidro transparente de 6mm

Projetista: Não consta*	Construtor: Não consta*
Número total de pavimentos: 12	Ano de início de ocupação: Não consta*
	Área total do edifício (m ²): Não consta*
Quant. Pav. Tipo: 10	Pé-direito (m): 2.70
Número de escritórios por pavimento: 34	Área de cada pavimento (m ²): 711.63*
	Área média de cada escritório (m ²): 14.79

Fachada 1 - Azimute =			
Largura (m)	Altura (m)	Área (m2)	Cor
6,4*	34,2*	218,88*	Bege e cinza
Fachada 2 – Azimute =			
38*	34,2*	1.299,6*	Bege e cinza
Fachada 3 – Azimute =			
33,92*	34,2*	1.160,06	Bege e cinza
Fachada 4 – Azimute =			
38*	34,2*	1.299,6*	Bege e cinza
JANELAS			
Área de janela (m2)	Área de vidro (m2)	Área de ventilação (m2)	Tipo de vidro
6,24	3,07	1,54	comum 6mm
			
Sistema de abertura: janela de correr - 2 folhas 0.68x1.13 + bandeira de madeira fixa de 0,43 x 0,68			
Proteção solar externa nas janelas:			

Edifício 8- Empresarial Ruy Palmeira

Av. Fernandes Lima, nº 1513, Farol

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado numa das avenidas mais movimentadas da cidade, localiza-se de esquina e não possui grandes obstáculos para a ventilação e iluminação natural.



2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 07	No. de salas = 48
No. de pavimentos-tipo = 06	No. total de salas nos pavimentos tipo = 48
No. de salas por pavimento tipo = 08	No. de salas vazias = 08
No. de escritórios = 29	No. de consultórios = 11

3- Tipologia arquitetônica

Forma e Orientação do pavimento tipo

4- Características Construtivas Gerais

Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Laje do pavimento térreo: Área externa recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e piso de cimento desempenado. <p>Área interna com piso em granito na recepção e cerâmica 20 x 20 cm bege nas áreas comuns</p> <ul style="list-style-type: none"> Laje dos pavimentos tipo: maciça com espessura de 15 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Na superfície da laje que corresponde aos forros, foi feita a aplicação de textura acrílica diretamente sobre a laje. Laje de cobertura: maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Reboco e pintura na cor cinza e preto.
Esquadrias	Esquadrias de alumínio com vidro transparente de 6mm

Projetista: Jerônimo & Pontual Arq. Ltda.		Construtor: Morada Engenharia
Número total de pavimentos: 07		Ano de início de ocupação: 1982
		Área total do edifício (m ²): 3.113,63
Quant. Pav. Tipo: 6	Pé-direito (m): 3.00	Área de cada pavimento (m ²): 443,50
Número de escritórios por pavimento: 08		Área média de cada escritório (m ²): 38

Fachada 1 - Azimute =

Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor

Fachada 2 – Azimute =

--	--	--	--

Fachada 3 – Azimute =

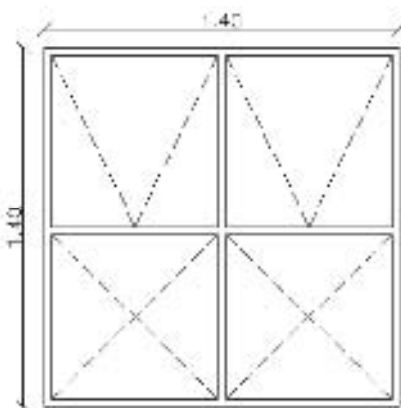
--	--	--	--

Fachada 4 – Azimute =

--	--	--	--

JANELAS

Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro comum 6mm



Sistema de abertura: Portas de abrir 2 folhas 1,20 x 2,10 + bandeira basculante de 1,20 x 0,40

Proteção solar externa nas janelas: Brises verticais com 15 cm.

Edifício 9- Work Center

Av. D. Antônio Brandão, nº 333, Farol

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado no bairro do farol. O entorno urbano concentra usos comerciais e de serviços. O edifício encontra-se numa região bastante sombreada.

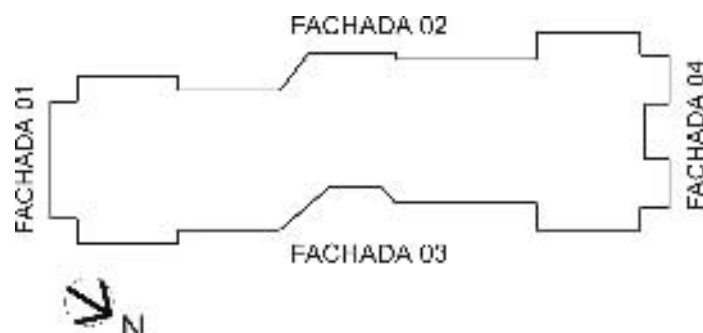


2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 09	No. de salas = 122
No. de pavimentos-tipo = 08	No. total de salas nos pavimentos tipo = 96
No. de salas por pavimento tipo = 12	No. de salas vazias = 40
No. de escritórios = 53	No. de consultórios = 29

3- Tipologia arquitetônica

Forma e Orientação do pavimento tipo



4- Características Construtivas Gerais

Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Laje do pavimento térreo: Área externa é revestida com piso granilite bruto. Área interna é revestida em granito nas áreas comuns e nas salas os materiais de acabamento são variados. Laje dos pavimentos tipo: Maciça com espessura de 15 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Na superfície da laje que corresponde aos forros, foi feita a aplicação de textura acrílica diretamente sobre a laje. Laje de cobertura: Maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Granito bruto, concreto e granilite.
Esquadrias	Esquadrias de alumínio na cor chumbo, com vidro transparente de 6mm

Projetista: Arq. Paulo Rodrigues (Porto Alegre)	Construtor: Sulbrás Eng. Ltda.
Número total de pavimentos: 9	Ano de início de ocupação: 1993
	Área total do edifício (m ²):
Quant. Pav. Tipo: 8	Pé-direito (m): 2,80
	Área de cada pavimento (m ²):
Número de escritórios por pavimento: 12	Área média de cada escritório (m ²): 30

Fachada 1 - Azimute = 134,7

Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
12,50	27,00	337,50	Marrom / cinza

Fachada 2 - Azimute = 224,7

46,70	27,00	1.260,90	Marrom / cinza
-------	-------	----------	----------------

Fachada 3 - Azimute = 44,7

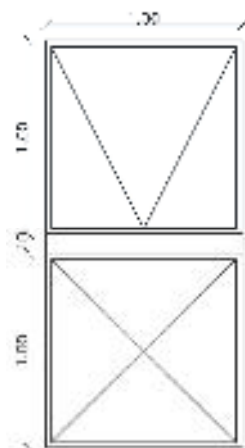
46,70	27,00	1.260,90	Marrom / cinza
-------	-------	----------	----------------

Fachada 4 - Azimute = 314,7

12,50	27,00	337,50	Marrom / cinza
-------	-------	--------	----------------

JANELAS

Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro
1	0,97	0,50	comum 6mm



Sistema de abertura: Peitoril em vidro fixo de 1,00 x 1,00 + janela basculante de 1,00 x 1,00

Proteção solar externa nas janelas: Cobogós gigantes com 50 cm de profundidade.

Edifício 10- Avenue Center

Av. da Paz, nº 1388, Jaraguá

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado na região litorânea da cidade de Maceió e o entorno urbano concentra usos residenciais. O prédio encontra-se em frente à praia, as construções vizinhas são baixas e a fachada posterior é voltada para a rua de trás.

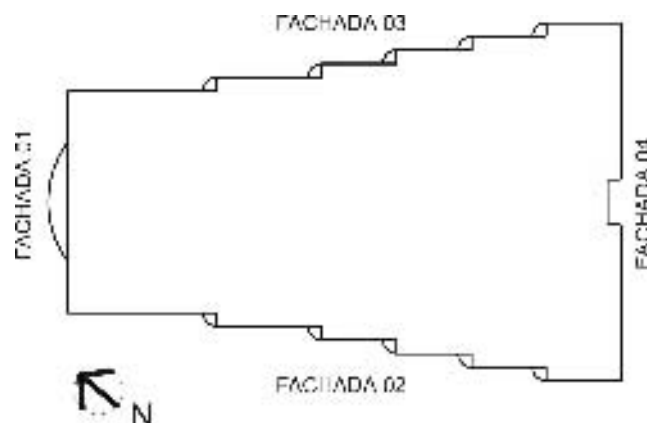


2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 07	No. de salas = 76
No. de pavimentos-tipo = 06	No. total de salas nos pavimentos tipo = 72
No. de salas por pavimento tipo = 12	No. de salas vazias = 36
No. de escritórios = 31	No. de consultórios = 9

3- Tipologia arquitetônica

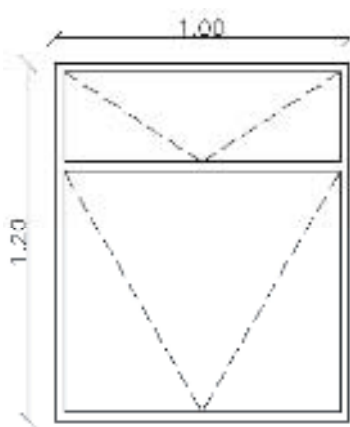
Forma e Orientação do pavimento tipo



4- Características Construtivas Gerais

Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Laje do pavimento térreo: Área externa recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e piso de cimento desempenado. Áreas comuns com piso em granito e nas salas os acabamentos são variados. Laje dos pavimentos tipo: Tipo cólmeia com espessura de 25 cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Os forros são de gesso. Laje de cobertura: Maciça com aplicação de manta asfáltica e camada de argamassa para proteção.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Granito e Raynbound prata
Esquadrias	Esquadrias de alumínio na cor prata com vidro refletivo azul de 6mm

Projetista: Arq. Mário Aloísio Melo	Construtor: Construtora HF
Número total de pavimentos: 7	Ano de início de ocupação: 2000
	Área total do edifício (m ²): 5.988,07
Quant. Pav. Tipo: 6	Pé-direito (m): 2.70
	Área de cada pavimento (m ²): 541,20
Número de escritórios por pavimento: 12	Área média de cada escritório (m ²): 30

Fachada 1 - Azimute = 313,4			
Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
14,75	20,10	296,47	Vidro refletivo azul
Fachada 2 – Azimute = 223,4			
37,00	20,10	743,7	Vidro + porcelanato cinza
Fachada 3 – Azimute = 43,4			
37,00	20,10	743,7	Vidro + porcelanato cinza
Fachada 4 – Azimute = 133,4			
23,75	20,10	477,37	Porcelanato cinza claro
JANELAS			
Área de janela (m ²)	Área de vidro (m ²)	Área de ventilação (m ²)	Tipo de vidro
2,00	2,00	1,00	Refletivo azul 6mm
			
Sistema de abertura: Janela basculante medindo 1,00 x 0,90 + bandeira basculante de 1,00 x 0,30			
Proteção solar externa nas janelas: Nenhuma			

Edifício 11- Ocean Tower

Av. Dr. Antônio Gouveia, nº 65, Pajuçara

1- Características do entorno urbano

O edifício está implantado em frente à praia de Pajuçara. Seu entorno é bem livre, tendo vizinhos em apenas um dos lados, não trazendo grandes obstáculos por ser uma edificação térrea.

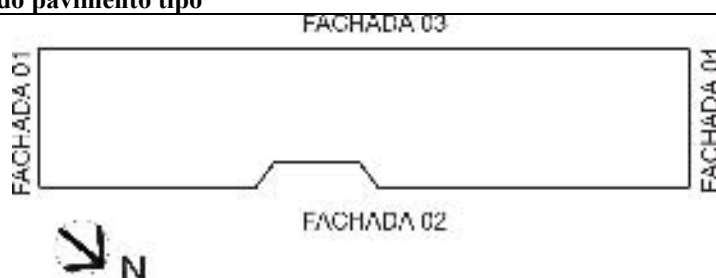


2 - Características Gerais

No. total de pavimentos = 09	No. de salas = 60
No. de pavimentos-tipo = 08	No. total de salas nos pavimentos tipo = 56
No. de salas por pavimento tipo = 07	No. de salas vazias = 29
No. de escritórios = 25	No. de consultórios = 07

3- Tipologia arquitetônica

Forma e Orientação do pavimento tipo



4- Características Construtivas Gerais	
Estrutura	Concreto armado
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> Laje do pavimento térreo: área externa recebeu impermeabilização com manta asfáltica mais camada de regularização e piso de cimento desempenado. Na área interna, o piso é de granito e, nas salas, os acabamentos são distintos. Laje dos pavimentos tipo: colméia, espessura de aproximadamente 20cm. Na superfície de piso, foi feita a regularização para aplicação de piso. Na superfície da laje, os forros são de gesso. Laje de cobertura: Laje em concreto maciça e telha de cimento amianto.
Paredes internas	Bloco cerâmico, tipo tijolo baiano, com reboco de 1,5cm de cada lado, totalizando espessura de 15cm.
Revestimento	Porcelanato azul marinho, preto e cinza
Esquadrias	Esquadrias de alumínio anodizado preto com vidro refletivo azul de 6mm.

Projetista:	Construtor: Construtora Resulta
Número total de pavimentos: 9	Ano de início de ocupação: 2001
	Área total do edifício (m ²): Não consta
Quant. Pav. Tipo: 6	Pé-direito (m): 3.00
	Área de cada pavimento (m ²): Não consta
Número de escritórios por pavimento: 10	Área média de cada escritório (m ²): 45

Fachada 1 – Azimute = 133,2			
Largura (m)	Altura (m)	Área (m2)	Cor
9,10	27,00	245,70	Vidro refletivo azul
Fachada 2 – Azimute = 43,2			
43,40	27,00	1.171,80	Porcelanato cinza
Fachada 3 – Azimute = 223,2			
43,40	27,00	1.171,80	Porc. cinza/preto/azul
Fachada 4 – Azimute = 313,2			
9,10	27,00	245,70	Porcelanato cinza
JANELAS			
Área de janela (m2)	Área de vidro (m2)	Área ventilação (m2)	Tipo de vidro
2,00	2,00	1,00	Refletivo azul 6mm
Sistema de abertura: Portas de abrir 2 folhas 1,20 x 2,10 + bandeira basculante de 1,20 x 0,40			
Proteção solar externa nas janelas: Nenhuma			

APÊNDICE 2

CÁLCULO DA REFLETÂNCIA DAS SUPERFÍCIES INTERNAS

O método do “papel branco” foi utilizado para a medição das refletâncias das superfícies internas. Para o cumprimento dessa tarefa, foram utilizados um Luminancímetro Minolta LS-110 (ver Figura 88, a e b) e uma folha de papel em branco.

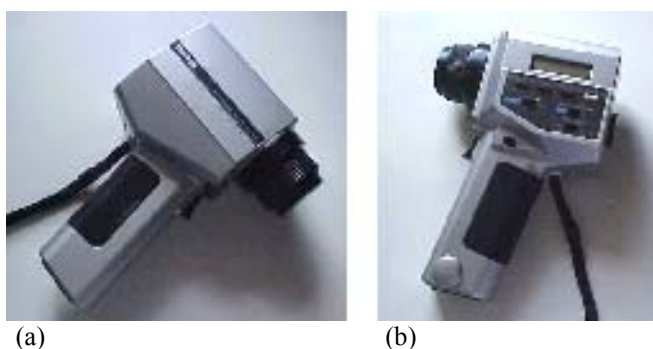


Figura 88: Vista lateral direita (a) e vista lateral esquerda (b).

Para execução desse método, foram realizadas seis baterias de medições: duas para encontrar as refletâncias do piso (ver Figura 89, a e b); duas para encontrar a do teto (ver Figura 90, a e b) e duas para encontrar a da parede (ver Figura 91, a e b), respectivamente, sendo uma nas superfícies em questão e a outra no mesmo ponto na folha de papel em branco.



Figura 89: Medição da luminância no piso (a) e no papel branco (b).



(a) (b)
Figura 90: Medição da luminância no teto (a) e no papel branco (b).



(a) (b)
Figura 91: Medição da luminância na parede (a) e no papel branco (b).

Cada bateria teve cinco medições em cada ponto, realizadas a cada 10 segundos, a fim de encontrar a média das luminâncias de cada superfície. A seguir, encontram-se os quadros com os valores e as médias encontradas em cada bateria de medição:

Tabela 54: Valores e médias das iluminâncias encontradas na bateria de medição 01, no piso.

MEDIÇÃO DA LUMINÂNCIA DO PISO			
NO PISO		NO PAPEL BRANCO	
01	18.46 cd/m ²	01	39.77 cd/m ²
02	18.49 cd/m ²	02	39.46 cd/m ²
03	17.73 cd/m ²	03	38.74 cd/m ²
04	18.87 cd/m ²	04	39.60 cd/m ²
05	18.28 cd/m ²	05	39.22 cd/m ²
Média	18.36 cd/m²	Média	39.35 cd/m²

Tabela 55: Valores e médias das iluminâncias encontradas na bateria de medição 02, no teto.

MEDIÇÃO DA LUMINÂNCIA DO TETO			
NO TETO		NO PAPEL BRANCO	
01	129 cd/m ²	01	153 cd/m ²
02	114 cd/m ²	02	152 cd/m ²
03	133 cd/m ²	03	158 cd/m ²
04	130.5 cd/m ²	04	159.7 cd/m ²
05	129.7 cd/m ²	05	158.8 cd/m ²
Média	127.24 cd/m²	Média	156.30 cd/m²

Tabela 56: Valores e médias das iluminâncias encontradas na bateria de medição 03, na parede.

MEDIÇÃO DA LUMINÂNCIA DA PAREDE			
NA PAREDE		NO PAPEL BRANCO	
01	91.80 cd/m ²	01	99.50 cd/m ²
02	84.30 cd/m ²	02	94.40 cd/m ²
03	95.30 cd/m ²	03	92.55 cd/m ²
04	98.40 cd/m ²	04	95.07 cd/m ²
05	90.75 cd/m ²	05	93.05 cd/m ²
Média	92.11 cd/m²	Média	94.91 cd/m²

Com base nos dados coletados e expostos acima, o nível de refletância do material em questão é obtido por uma regra de três simples, usando como base a refletância do papel branco de 90%. Abaixo segue a equação e os cálculos realizados para a obtenção dos resultados.

$$\frac{L1}{L2} = \frac{\rho1}{\rho2} \quad \text{Eq. 9}$$

Onde: L1 = Luminância da superfície em estudo;

L2 = Luminância do papel branco (no mesmo ponto da medição L1);

$\rho1$ = Refletância da superfície em estudo;

$\rho2$ = Refletância do papel branco.

2. Resultados:

- Piso: $\frac{18,36 - X}{39,35 - 90\%}$; então a refletância do piso será de **42%**
- Teto: $\frac{127,24 - X}{156,30 - 90\%}$; então a refletância da parede será de **73%**
- Parede: $\frac{92,11 - X}{94,91 - 90\%}$; então a refletância do teto será de **87%**

APÊNDICE 3

CARTA SOLAR X PRATELEIRA DE LUZ

1. Introdução.....	160
2. Condições de proteção das salas simples	160
3. Definição do dimensionamento das prateleiras de luz	162
3.1 Tipologia com janela central	163
3.2 Tipologia com janela lateral	164
4. Conclusão	165

1. INTRODUÇÃO

Para a definição do dimensionamento dos elementos de proteção ou redirecionamento da luz solar, é necessário um estudo prévio da carta solar local (ver Figura 92).

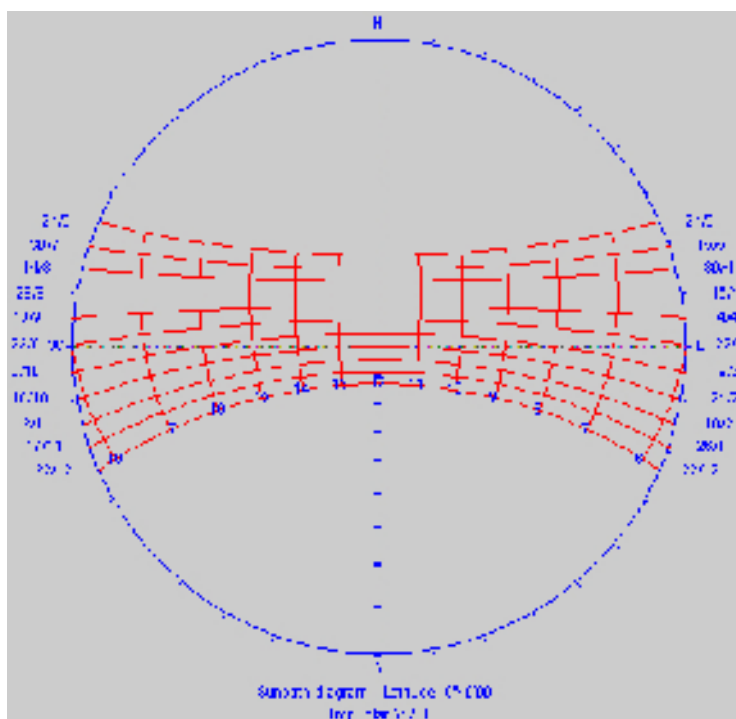


Figura 92: Carta solar de Maceió.
Fonte: CABÚS,

Abaixo, encontra-se o estudo realizado para a obtenção das características das prateleiras de luz utilizadas nesta pesquisa.

2. CONDIÇÕES DE PROTEÇÃO DAS SALAS SIMPLES

Inicialmente, são apresentadas as condições de proteção das salas simples, ou seja, sem as prateleiras de luz (ver Figuras 93 a 103).

LEGENDA:

JC – Janela Central	NE – Nordeste	SE – Sudeste	PL – Prat. de Luz
JL – Janela Lateral	NO – Noroeste	SO – Sudoeste	



Figura 93: Vista JC



Figura 94: Vista JL

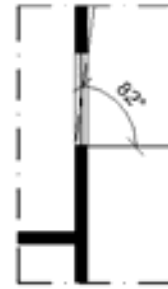


Figura 95: Corte JC/JL



Figura 96: Máscara de sombra JC/NE



Figura 97: Máscara de sombra JC/NO



Figura 98: Máscara de sombra JC/SE



Figura 99: Máscara de sombra JC/SO

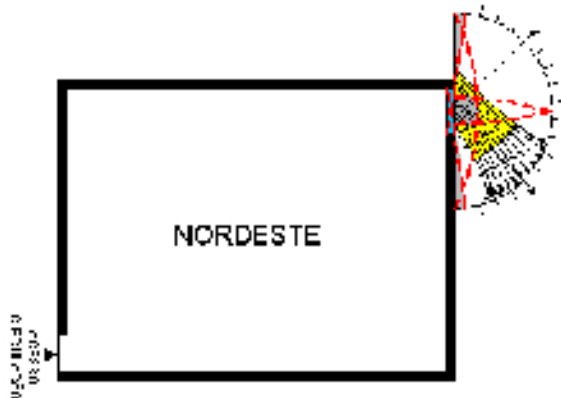


Figura 100: Máscara de sombra JL/NE



Figura 101: Máscara de sombra JL/NO

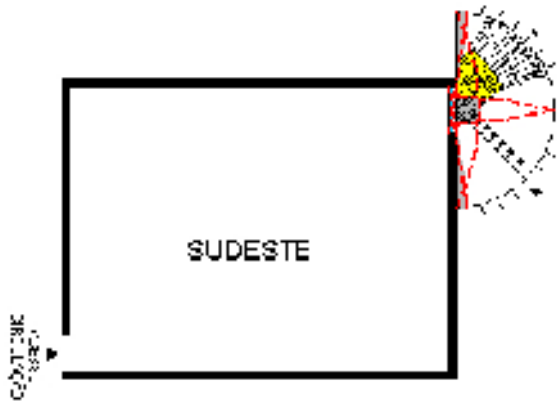


Figura 102: Máscara de sombra JL/SE

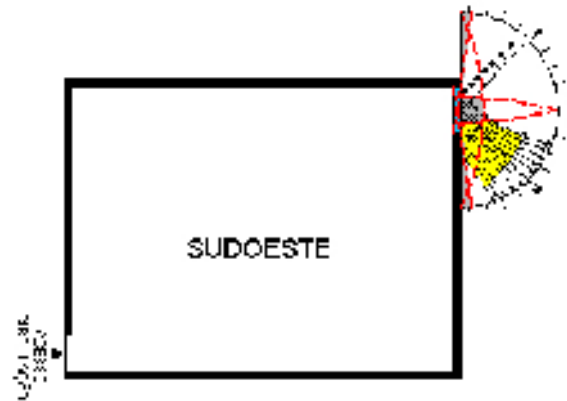


Figura 103: Máscara de sombra JL/SO

Observando as máscaras de sombra expostas anteriormente, notou-se que:

- Nas salas voltadas para nordeste (NE), percebe-se que a tipologia com janela central recebe radiação direta por menos tempo, no interior do ambiente, tanto no verão quanto no inverno, e que, em ambas as tipologias, a insolação é mais freqüente no inverno, até, em média, às 10h30min da manhã;
- Nas salas voltadas para noroeste (NO), a radiação solar direta ocorre no período vespertino e é mais freqüente no inverno, em ambas as tipologias. A tipologia com janela lateral é mais prejudicada. No inverno, começa a receber insolação antes das 14h;
- Nas salas voltadas para sudeste (SE), a insolação ocorre no período matutino e é mais prolongada no verão, podendo chegar até 10h no verão nas salas com abertura lateral;
- Nas salas voltadas para sudoeste (SO), a insolação ocorre à tarde e é mais intensa no verão, podendo iniciar antes das 14h no verão.

Percebe-se então que, em todos os estudos, a tipologia com janela lateral é mais prejudicada que a com janela central e que as orientações nordeste e sudeste recebem a insolação durante a manhã e o noroeste e sudoeste, durante a tarde.

3. DEFINIÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DAS PRATELEIRAS DE LUZ

Abaixo, encontram-se os estudos para a definição do dimensionamento das prateleiras de luz utilizadas nesta pesquisa.

3.1 TIPOLOGIA COM JANELA CENTRAL

Como já foi observado no item 2 deste anexo, essa tipologia é mais favorecida em relação à iluminação natural que a tipologia com abertura lateral. A seguir, encontra-se o estudo realizado para o dimensionamento das prateleiras de luz para esse tipo de abertura.

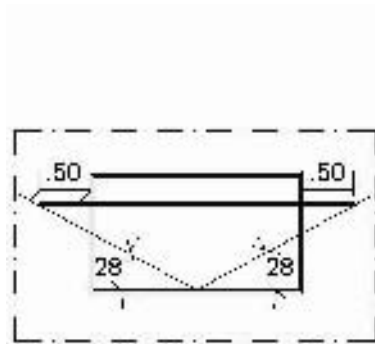


Figura 104: Vista JC + PL

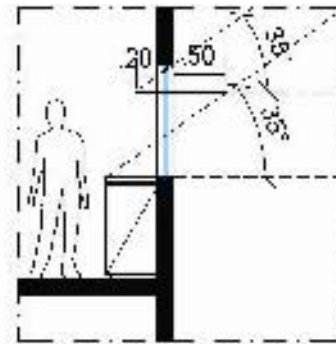


Figura 105: Corte JC + PL



Figura 106: M. Sombra JC+PL/NE



Figura 107: M. Sombra JC+PL/NO



Figura 108: M. Sombra JC+PL/SE

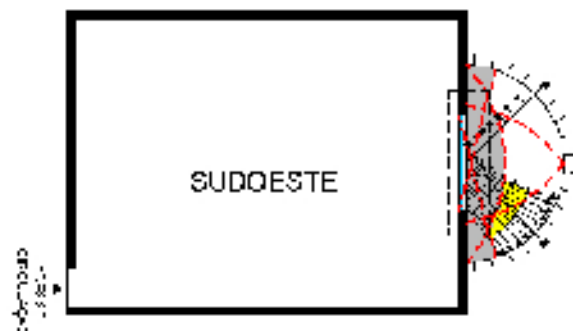


Figura 109: M. Sombra JC+PL/SO

3.2 TIPOLOGIA COM JANELA LATERAL

De acordo com o que foi observado no item 2 desta seção, essa tipologia é menos favorecida pela iluminação natural que a tipologia com abertura central. Abaixo, encontra-se o estudo realizado para o dimensionamento das prateleiras de luz para esse tipo de abertura:

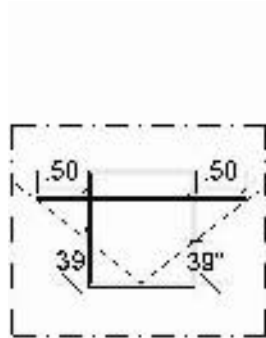


Figura 110: Vista JL + PL



Figura 111: Corte JL + PL

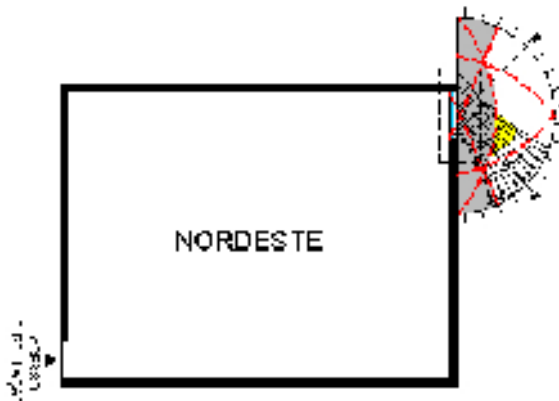


Figura 112: M. Sombra JL+PL/NE



Figura 113: M. Sombra JL + PL/NO

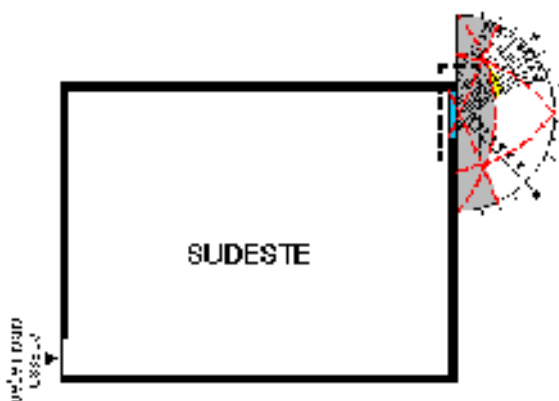


Figura 114: M. Sombra JL+PL/SE

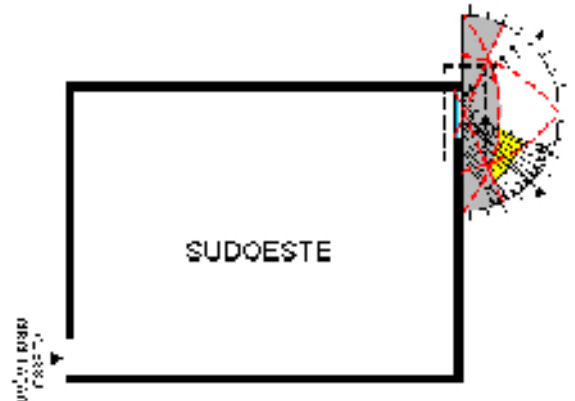


Figura 115: M. Sombra JL + PL/SO

4. CONCLUSÃO

Com os dimensionamentos definidos nos itens 3.1 e 3.2 deste capítulo, o interior do ambiente estará protegido da insolação direta por um período maior do que na sala sem o uso da prateleira de luz. Esse dispositivo poderia ter sido dimensionado para evitar a insolação direta durante todo o período comercial; no entanto, suas dimensões seriam maiores e seu uso não seria viável nem estética, nem economicamente.

Tanto na tipologia com janela central quanto na tipologia com janela lateral, pode-se afirmar que a insolação direta entrará no ambiente, em média, apenas uma hora por dia durante o ano, no começo da manhã ou no final da tarde, dependendo da orientação.

Portanto, pode-se afirmar que o dimensionamento das prateleiras de luz atende às necessidades de conforto no ambiente interno.

APÊNDICE 4

HORA LEGAL X HORA SOLAR

A carta solar indica o horário solar da localidade em estudo.

Para que essa hora solar coincida com o horário legal do lugar estudado, ela precisa ser corrigida e essa diferença entre o tempo legal e o tempo solar ou verdadeiro é dada pela seguinte expressão:

$$TSV = TL + ET + 12 (W - L) / \pi \quad \text{Eq. 10}$$

Onde: *TSV* - tempo solar verdadeiro

TL - tempo legal

ET - valor da equação do tempo para a data escolhida

Por meio do Software TropSolar V-2.0 (CABÚS, 2005), é possível verificar a relação entre a hora legal e a hora solar nos dias típicos da cidade de Maceió, utilizados nesta pesquisa. A seguir, têm-se os resultados encontrados para os dias estudados:

- a) Dia 22/03: a hora solar é 30min6seg a mais que a hora legal;
- b) Dia 22/06: a hora solar é 35min35seg a mais que a hora legal;
- c) Dia 23/09: a hora solar é 44min41seg a mais que a hora legal;
- d) Dia 22/12: a hora solar é 39min27seg a mais que a hora legal.

APÊNDICE 5

ESTUDO PILOTO PARA DEFINIÇÃO DO PAVIMENTO DE SIMULAÇÃO

Como já dito no item 3.4 do capítulo 3 desta dissertação, foi realizado um estudo piloto para a definição do pavimento que seria utilizado para as simulações. Inicialmente, seria estudado o 1º e último pavimentos tipo; porém, devido ao grande número de simulações e ao objetivo geral do trabalho (ver item 2.3 do capítulo 2), decidiu-se estudar apenas o quarto pavimento, pois, segundo os resultados mostrados a seguir, ele representa a média do 1º e último pavimentos tipo.

Para o estudo piloto, foi utilizada a sala 8x6m, com a janela central e o azimute 45 (orientação sudeste). Abaixo, encontra-se a variação dos resultados obtidos em cada ponto deste estudo e, na próxima página, os gráficos gerados pelo programa TropLux:

- Ponto 01: de 1.150 a 1.800 lux no 1º pavimento; de 1.200 a 2.900 lux no 4º pavimento e de 1.150 a 3.000 lux no 8º pavimento;
- Ponto 02: de 400 a 1.320 lux no 1º pavimento; de 400 a 1.410 lux no 4º pavimento e de 400 a 1.500 lux no 8º pavimento;
- Ponto 03: de 200 a 900 lux no 1º pavimento; de 200 a 950 lux no 4º pavimento e de 200 a 900 lux no 8º pavimento;
- Ponto 04: de 150 a 750 lux no 1º pavimento; de 160 a 750 lux no 4º pavimento e de 150 a 750 lux no 8º pavimento;
- Ponto 05: de 120 a 550 lux no 1º pavimento; de 100 a 620 lux no 4º pavimento e de 120 a 600 lux no 8º pavimento.

Obs.: Ver a localização dos pontos de simulação na Figura 42 do item 3.4.1 da metodologia desta pesquisa, onde o ponto 01 é mais próximo à abertura e o ponto 05 do lado oposto à mesma.

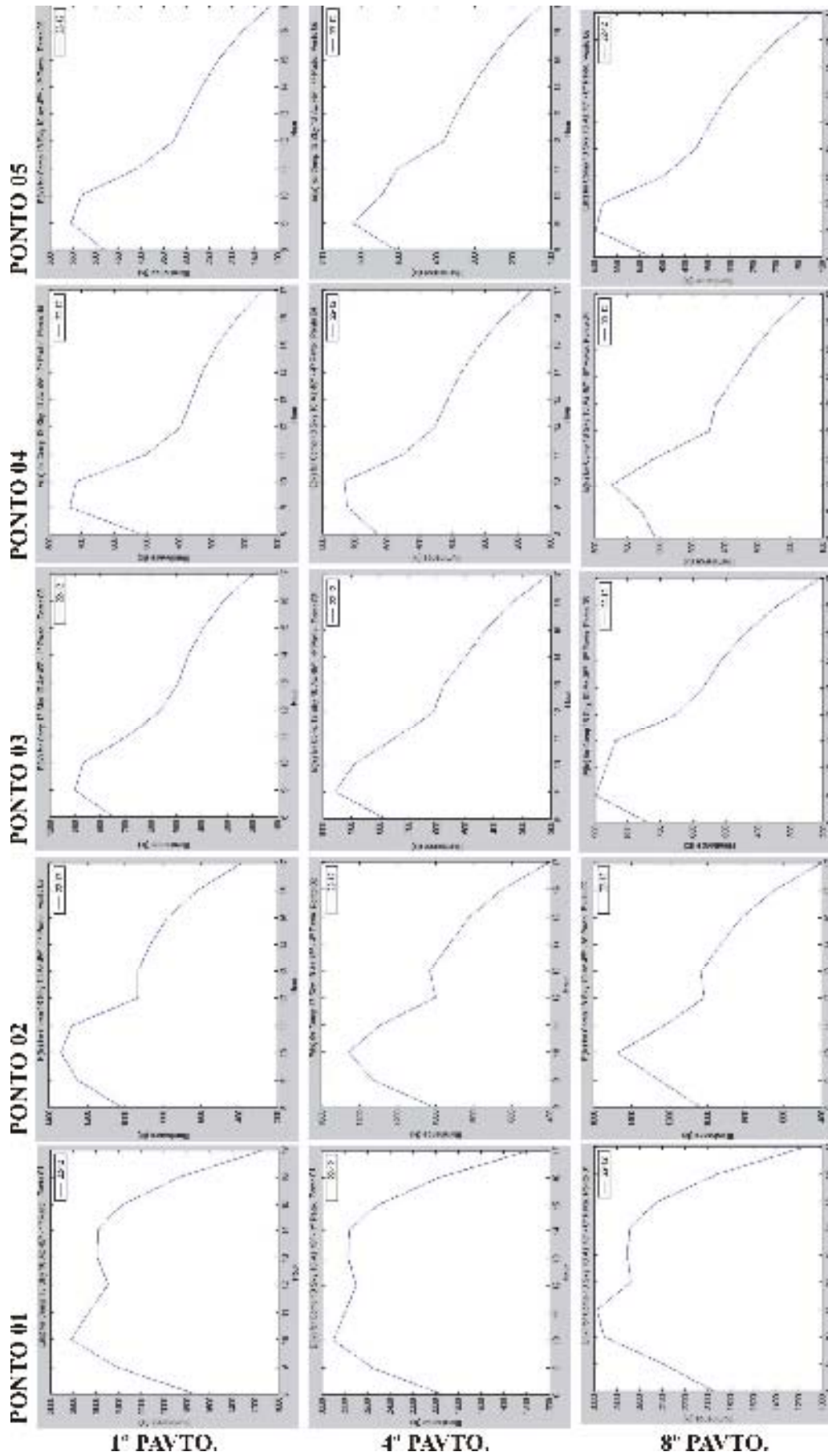


Figura 116: Gráficos da variação dos níveis de iluminação durante o dia.

APÊNDICE 6

PERFIL CLIMÁTICO DA CIDADE DE MACEIÓ

A cidade de Maceió, capital do Estado de Alagoas, é uma cidade litorânea do Nordeste brasileiro, localizada na latitude 9°40' ao sul e longitude 35°42' a Oeste. De uma maneira geral, seu clima é considerado quente e úmido, com pequenas variações térmicas diárias, sazonais e anuais de temperatura. A dinâmica do regime de precipitação define essa região como uma área de grande variação pluviométrica anual e com apenas duas estações: o verão, com altas temperaturas e pouca pluviosidade, com ocorrência de chuvas passageiras (estação seca); e o “inverno”, com temperatura um pouco mais baixa que o verão e alta pluviosidade, sendo a insolação maior durante a estação seca que no período chuvoso.

Com uma temperatura média anual de 25,4°C, segundo dados do INMET, a cidade de Maceió constitui um bom exemplo de constância de nível térmico, possuindo apenas 3,4°C de variação anual. A proximidade de grandes massas líquidas – oceano e lagoas – confere à cidade uma alta umidade relativa média (78%), podendo chegar à saturação (100%) nos meses considerados mais frios. A pluviosidade média anual de Maceió é de 1.654mm, sendo os meses mais chuvosos entre abril e julho (ver Tabela 57).

Tabela 57: Normais Metereológicas da cidade de Maceió.

COMPORTAMENTO MÉDIO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS EM MACEIÓ							
MÊS	T. MED. (°C)	T. MÁX. (°C)	T. MÍN. (°C)	PRESSÃO ATM (mm)	PRECIP. (mm)	UM. REL. (%)	INSOL. (h)
JAN	26,5	29,9	23,2	1007,0	58,2	76,3	281,3
FEV	26,7	30,2	23,4	1006,8	63,3	76,8	244,3
MAR	26,6	30,0	23,4	1006,6	134,8	79,0	240,0
ABR	26,1	29,3	23,2	1007,4	225,0	80,8	215,8
MAI	25,3	28,2	22,7	1008,6	344,7	82,9	193,9
JUN	24,3	27,3	21,8	1010,6	263,9	81,7	186,3
JUL	23,7	26,7	21,1	1011,7	216,2	80,7	199,1
AGO	23,7	26,7	21,1	1011,8	134,0	78,3	212,9
SET	24,5	27,6	21,6	1010,7	85,8	77,3	229,5
OUT	25,3	28,5	22,3	1009,0	58,8	76,4	268,5
NOV	25,9	29,3	22,5	1007,1	30,6	75,7	281,7
DEZ	26,3	29,7	22,9	1006,9	38,4	76,2	192,3

Fonte: INMET, 1661/1990.

O vento sopra em Maceió predominantemente do quadrante leste na maioria dos dias do ano (BITTENCOURT, 1993) e o valor médio mensal de sua velocidade é de 2,8m/s, podendo chegar a valores absolutos mais intensos (10m/s) na direção Nordeste.

De acordo com as condições climáticas supracitadas, algumas estratégias bioclimáticas são consideradas mais eficientes. A ventilação natural é considerada a mais adequada para o resfriamento e deve ser tida como principal objetivo no projeto das edificações (BITTENCOURT, 1993); o sombreamento é outra estratégia bioclimática recomendada para o projeto do edifício no trópico quente e úmido (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997 e HERTZ, 1998); a escolha da forma e proporções do edifício, junto à orientação das fachadas, também irão influenciar diretamente no desempenho térmico do edifício.

Abaixo, discriminam-se os principais aspectos a serem observados para o projeto das edificações:

- Quanto ao tecido urbano: evitar impedimentos do entorno em relação à ventilação natural, para permitir a ventilação das formas construídas; deve possuir vegetação para sombreamento e absorção da radiação solar; promover os espaços entre as construções para uma melhor ventilação; em áreas densamente edificadas, mesclar a construção entre edifícios de diferentes alturas, pois, quando todos os edifícios possuem a mesma altura, forma-se uma barreira que desloca o ar, fazendo com que ele não penetre no tecido urbano;

- Quanto à ventilação: quando a ventilação é dimensionada e direcionada adequadamente, o meio interno construído torna-se mais racional e econômico, além de gerar mais conforto ao homem; a velocidade e direção do vento são muito importantes para a definição de um projeto, pois, quando a velocidade é muito grande, ela gera pressões sobre os fechamentos, provocando infiltração exagerada de ar, principalmente nas áreas urbanas quando há canalizações de ar entre edifícios de diferentes direções de ventos; o partido arquitetônico deve prever construções alongadas no sentido perpendicular à ventilação dominante, para o favorecimento da ventilação cruzada;

- Quanto à forma e orientação: a forma deve ser escolhida em função da orientação, ou seja, aproveitando ao máximo a ventilação natural e também minimizar a carga térmica recebida pela insolação, diminuindo, com isso o consumo de energia; as fachadas mais longas, sempre que possível, devem ser orientadas no sentido leste/oeste, recebendo menos sol; a proximidade das edificações permite o sombreamento da estrutura edificada, mas pode

prejudicar o fluxo dos ventos, mediante a formação de um “novo chão” (BITTENCOURT,1993);

- Quanto à coberta: pés direitos altos, para um maior volume de ar no interior dos ambientes e coberturas revestidas de material com alto coeficiente de reflexão – cores claras; utilização de telhados inclinados para um melhor escoamento das águas das chuvas e criação de espaços ventilados, com aberturas protegidas por lanternins e clarabóias; utilização de grandes beirais para proteger as paredes e aberturas do sol e das chuvas, porém, permitindo a entrada da luz natural, aliado a colchões de ar entre a cobertura e o forro;

- Quanto às paredes: integrar ambientes internos e externos com o uso de cobogós ou septos vazados, elementos muito tradicionais da arquitetura brasileira; pintar as superfícies exteriores com cores claras, para aumentar a reflexão do calor irradiado e diminuir a absorção solar; empregar paredes de meia altura, que contribuem tanto na continuidade dos espaços quanto na livre circulação do ar;

- Quanto às aberturas: utilizar elementos de proteção nas janelas e portas externas, como por exemplo, venezianas e brises; promover a captação dos ventos dominantes por meio de janelas ou captadores localizados acima dos telhados; incrementar a movimentação do ar com um bom dimensionamento e localização das aberturas, pois possibilitam a entrada do ar externo nos ambientes, muitas vezes com temperatura mais baixa que no interior, favorecendo as trocas de calor, renovação do ar e redução da umidade interna;

- Quanto ao tamanho das aberturas: MASCARÓ (1992) recomenda aberturas grandes (40% a 80% da superfície das paredes que as contêm), protegidas da radiação solar e orientadas na direção do vento dominante.