

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO DE *BRISES*  
EXTERNOS EM ESCRITÓRIOS EM MACEIÓ-AL**

**Kamila Mendonça de Lima**

MACEIÓ  
2012

**Kamila Mendonça de Lima**

**DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO DE *BRISES*  
EXTERNOS EM ESCRITÓRIOS EM MACEIÓ-AL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

**Orientador: Prof. Dr. Leonardo Salazar Bittencourt**

MACEIÓ  
2012

II

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos**

- L732d Lima, Kamila Mendonça de.  
Desempenho térmico e luminoso de brises externos em escritórios em Maceió-AL / Kamila Mendonça de Lima. – 2012.  
150 f. : il., color.
- Orientador: Leonardo Salazar Bittencourt.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2012.
- Bibliografia: f. 107-113.  
Inclui apêndices e anexos.
1. Janelas - Sombreamento. 2. Sistemas de abertura - Desempenho integrado.  
3. Brises - Configurações - Geometria. I. Título.

CDU: 725.23

**Kamila Mendonça de Lima**

**DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO DE *BRISES*  
EXTERNOS EM ESCRITÓRIOS EM MACEIÓ-AL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU/UFAL, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado, como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

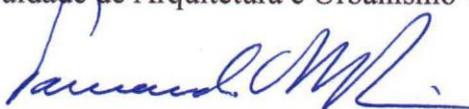
**APROVADA em** 24 / 02 / 2012

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. LEONARDO SALAZAR BITTENCOURT  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



---

Prof. Dr. FERNANDO OSCAR RUTTKAY PEREIRA  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - UFSC



---

Prof. Dr. RICARDO CARVALHO CABÚS,  
Centro de Tecnologia – UFAL



---

Prof. Dr. AUGUSTO ARAGÃO DE ALBUQUERQUE  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL

*Para meus pais Geilza e Anibal,  
meus primeiros professores.*

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelas grandes e pequenas dádivas durante o mestrado.

A **Leonardo Bittencourt**, que acreditou nesta proposta de pesquisa e guiou seu desenvolvimento, com sabedoria, tranquilidade e seu valioso dom de ensinar.

A meus pais, **Geilza** e **Aníbal**, e irmã, **Karleany**, pela compreensão nas vezes em que estive ausente para realizar atividades do mestrado.

A minha irmã **Karla**, pela compreensão quando “monopolizei” o uso do computador para realização das atividades referentes à dissertação.

A **Wellison**, pelo amor, incentivo e disponibilidade para refletir comigo sobre o trabalho sempre que algum aspecto da pesquisa estivesse me intrigando.

A **Wevila Fontes** e **Manuella de Lima**, pelo apoio e incentivo durante todo o mestrado.

Aos amigos do **LabConf**, **GECA** e **GATU**, pelo aprendizado e valiosa experiência compartilhados.

A **Isabela Passos**, **Juliana Oliveira**, **Gianna Barbirato**, **Fernando Cavalcanti**, **Ana Márcia Viana**, **Alexandre Sacramento**, **Sammea Ribeiro** e **Christhina Cândido**, pelas dúvidas esclarecidas e pelo auxílio no longo caminho de aprendizado do manuseio da ferramenta de simulação termoenergética e configuração dos dados de entrada das simulações.

À **banca examinadora**, pela disponibilidade e pelas contribuições que moldaram esta dissertação.

À **Superintendência Municipal de Controle do Convívio Urbano** de Maceió, por disponibilizar os dados que complementaram a caracterização do objeto de estudo.

À **CAPES**, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao **DEHA**, nas pessoas dos professores e técnicos, por tornar possível a realização desta pesquisa.

A todos esses e àqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, **muito obrigada.**

## RESUMO

LIMA, Kamila Mendonça de. **Desempenho térmico e luminoso de brises externos em escritórios em Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2012.

O sombreamento de aberturas é uma estratégia bioclimática adequada para edificações em regiões de clima quente e úmido. Seu uso diminui a admissão de luz e de calor no ambiente. Tais efeitos ocorrem simultaneamente, de forma que uma determinada configuração de dispositivos que atenda ao critério do desempenho térmico pode afetar negativamente a iluminação natural e vice-versa, a depender das características formais do *brise* utilizado. Esse conflito pode ocasionar desconforto (visual e/ou térmico) e dependência de sistemas artificiais de condicionamento e iluminação. Diante de tais aspectos, o objetivo desta dissertação de mestrado é avaliar comparativamente o desempenho luminoso e térmico de diferentes configurações de *brises* externos, em edificações de escritório, na cidade de Maceió-AL. A metodologia utilizada consistiu de análises paramétricas, com base em dados referentes à iluminância interna, uniformidade da luz e ganhos térmicos solares, obtidos por simulação computacional nos softwares *TropLux 5* e *DesignBuilder 3*. Foi elaborado um modelo de ambiente representativo da tipologia de escritórios em Maceió, a partir do qual foram analisados os parâmetros referentes à configuração do *brise* (espaçamento, inclinação e refletância das aletas), considerando a janela orientada a Norte, Sul, Leste e Oeste e a variação anual dos índices registrados, bem como as situações de janela exposta. As comparações foram feitas em dois níveis: entre os diferentes parâmetros e entre os desempenhos (térmico e luminoso). As diferentes configurações de *brise* foram classificadas, sendo identificadas aquelas mais favoráveis em relação ao desempenho térmico, luminoso e ao desempenho conjunto, para cada uma das fachadas analisadas. Os resultados obtidos permitiram a descrição do efeito do espaçamento, inclinação e refletância para cada fachada. Também foram quantificados os percentuais de redução dos índices analisados, em relação aos modelos com janela exposta. Obteve-se redução média de 34% a 92% para a iluminância, e de 29% a 51% para os ganhos solares. Quanto aos resultados conjuntos: na orientação Norte, todas as configurações de *brise* analisadas apresentaram desempenho conjunto equilibrado. Com a janela orientada a Sul, apresentaram-se restrições para as configurações que combinem cor clara e pouca inclinação, que resultariam em excessos de luz e calor. Já nas orientações Leste e Oeste, os *brises* de desempenho conjunto mais favorável foram aqueles com aletas de cor clara e pouco inclinadas ou aletas de cor de refletância média e maior inclinação em relação à horizontal. A alteração do espaçamento não apresentou influência significativa na variação da quantidade de luz e calor, mas alterou a uniformidade da iluminação. Por fim, observou-se que a escolha entre diferentes configurações de *brise*, mesmo com máscaras de sombra iguais, modifica o desempenho térmico e luminoso resultante. Esse conhecimento pode auxiliar o projeto arquitetônico. Além disso, o trabalho apresentado caracteriza um passo no conhecimento acerca do desempenho integrado de sistemas de abertura em localidades de clima quente e úmido.

**Palavras-chave:** Sombreamento (Janelas). Desempenho integrado. *Brises* (Geometria).

## ABSTRACT

LIMA, Kamila Mendonça de. **Thermal and luminous performance of shading devices in offices in Maceió-AL** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2012.

Solar control has been used as a bioclimatic strategy in buildings located in hot climates. It is used to block direct solar radiation and to reduce the admission of light and heat through windows. Such effects occur simultaneously, so that a given device configuration that meet the criterion of thermal performance may reduce natural light and vice versa, depending on the shading device configuration. This conflict can cause visual and thermal discomfort that can lead to the need of artificial lighting and air conditioning systems. The goal of this dissertation is comparatively evaluate the luminous and thermal performance of different external shading devices configuration in office buildings located in the city of Maceió-AL. The methodology is based on several parametric analysis, regarding to illuminance, light uniformity and solar heat gains. Computer simulation has been carried out using *Troplux 5* and *DesignBuilder 3* softwares. A typical office room model was used, where louver parameters has been examined (slat spacing, slope and reflectance), considering windows oriented to North, South, East and West. The annual performance variation has also been studied, such as and the unshaded condition. The effect of each configuration has been analyzed concerning lighting and thermal performance as well its integrated performance. Shading devices produced an average reduction of 34% varying to 92% in comparison to the unshaded condition, for the illuminance, and 29% varying to 51% for the solar gains. Configurations with more favorable combined thermal and luminous results were identified for each orientation analyzed. Finally, it was observed that the choice between different configurations of shading devices, even with the same shadow-mask, changes the luminous and thermal performance. The information here produced can help to architect and design shading devices in practice. In addition, the work produced an important knowledge concerning integrated performance of openings of buildings in hot climates.

**Keywords:** Solar control. Integrated performance. Shading devices geometry.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Sombreamento em edificações: por que, quando e como .....</b>	<b>6</b>
1.1.1 Por que sombrear? .....	6
1.1.1.1 O contexto climático como condicionante do projeto arquitetônico .....	6
1.1.1.2 As edificações em localidades de clima quente e úmido .....	8
1.1.2 Quando sombrear? .....	8
1.1.2.1 Geometria solar/ Geometria da Insolação .....	9
1.1.3 Como sombrear: Dispositivos de proteção solar .....	11
1.1.3.1 Tipos .....	11
1.1.3.2 Sistemas de esquadrias: controle das variáveis ambientais .....	12
1.1.3.3 Projeto de dispositivos de proteção solar .....	14
<b>1.2 Desempenho de dispositivos de sombreamento de aberturas em relação à iluminação e aos ganhos térmicos solares .....</b>	<b>16</b>
1.2.1 Controle da radiação solar e iluminação natural .....	16
1.2.1.1 Fundamentos e parâmetros técnicos .....	17
1.2.1.2 Avaliação da luz natural .....	18
1.2.1.3 Influência dos protetores na iluminação natural .....	20
1.2.2 Controle da radiação solar e ganhos térmicos .....	22
1.2.2.1 Fundamentos e parâmetros técnicos .....	22
1.2.2.2 Avaliação dos ganhos térmicos solares .....	24
1.2.2.3 Influência dos protetores (tipo brises com aletas) nos ganhos térmicos .....	26
1.2.3 Desempenho integrado de dispositivos de proteção solar .....	27
1.2.3.1 Análise do desempenho simultâneo da iluminação e ganhos térmicos: otimização ....	28
1.2.3.2 Sobre o desempenho global de protetores solares .....	29
<b>1.3 Síntese da seção .....</b>	<b>30</b>
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1 Etapas .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2 Objeto de estudo .....</b>	<b>33</b>
2.2.1 Maceió: caracterização climática .....	33
2.2.2 Edifícios de escritório .....	35

2.2.3	Os brises.....	37
<b>2.3</b>	<b>Análise paramétrica.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4</b>	<b>As ferramentas .....</b>	<b>43</b>
2.4.1	TropLux 5 .....	43
2.4.2	DesignBuilder 3 .....	44
<b>2.5</b>	<b>O modelo.....</b>	<b>44</b>
2.5.1	Geometria .....	44
2.5.2	Configurações do modelo de referência das simulações .....	46
2.5.2.1	Modelo no TropLux.....	47
2.5.2.2	Modelo no DesignBuilder.....	49
<b>2.6</b>	<b>Tratamento dos dados .....</b>	<b>51</b>
2.6.1	Efeito das propriedades dos brises.....	51
2.6.2	Análise da variação mensal com brise x sem brise.....	51
2.6.3	Comparando os desempenhos.....	52
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>3.1</b>	<b>Influência das propriedades dos brises .....</b>	<b>54</b>
3.1.1	Quantidade de Iluminação natural .....	54
3.1.1.1	Efeito do espaçamento entre as aletas.....	54
3.1.1.2	Efeito da inclinação das aletas .....	56
3.1.1.3	Efeito da refletância das aletas .....	57
3.1.2	Uniformidade da iluminação .....	60
3.1.2.1	Efeito do espaçamento entre as aletas.....	60
3.1.2.2	Efeito da inclinação das aletas .....	62
3.1.2.3	Efeito da refletância das aletas .....	63
3.1.3	Ganhos térmicos solares através das aberturas .....	68
3.1.3.1	Efeito do espaçamento entre as aletas.....	68
3.1.3.2	Efeito da inclinação das aletas .....	69
3.1.3.3	Efeito da refletância das aletas .....	70
3.1.4	Síntese parcial .....	72
<b>3.2</b>	<b>Desempenho térmico e luminoso .....</b>	<b>73</b>
3.2.1	Iluminação Natural .....	74
3.2.1.1	Quantidade .....	74
3.2.1.2	Uniformidade .....	80

3.2.2	Ganhos térmicos solares através das aberturas .....	83
3.2.3	Síntese parcial .....	89
<b>3.3</b>	<b>Desempenho conjunto .....</b>	<b>90</b>
3.3.1	Janela orientada a Norte.....	91
3.3.2	Janela orientada a Sul .....	93
3.3.3	Janela orientada a Leste .....	94
3.3.4	Janela orientada a Oeste.....	96
3.3.5	Discussão dos resultados obtidos considerando o processo de projeto arquitetônico ..	98
	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>104</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>107</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>114</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>144</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Relação entre os condicionantes do projeto bioclimático e seu objetivo final. ....	7
Figura 2 - Ângulos de altura solar (símbolo), azimuth solar (símbolo) e incidência (símbolo). ....	9
Figura 3 - Carta solar de Maceió-AL. Trajetória aparente do sol indicada com linha cheia na cor preta; horários, em linha cheia na cor azul; e transferidor de ângulos, em linha cheia na cor vermelha. ....	10
Figura 4 - Máscara de sombra de uma placa horizontal. ....	10
Figura 5 - Uso de protetores solares horizontais fixos (a), verticais móveis transparentes (b) e mistos (c) .....	12
Figura 6 - Uso de protetor solar zenital. ....	12
Figura 7 - Dispositivo de sombreamento móvel, com diversas funções. ....	13
Figura 8 - Proteção com <i>brises</i> horizontais fixos e elementos verticais móveis. ....	13
Figura 9 - Proteção com elementos vazados. ....	13
Figura 10 - Etapas para o projeto de dispositivos de proteção solar. ....	14
Figura 11- Carta solar de Porto Alegre- RS (fachada oeste), com dados de temperatura do ar e incidência de radiação solar sobre o plano vertical. ....	15
Figura 12 - Luz natural direta e difusa em um ambiente. ....	17
Figura 13 – Luz natural direta e difusa em um ambiente (a) e luz natural difusa em um plano de trabalho (b) .....	17
Figura 14 - Visão da abóbada celeste através de diferentes arranjos de <i>brises</i> . ....	20
Figura 15 - Trocas térmicas através de aberturas .....	23
Figura 16 - Perfil de ponto de equilíbrio para Saint Louis, EUA, correspondente ao mês de janeiro. .	25
Figura 17 - Localização de Maceió-AL. ....	34
Figura 18 - Edifício Barão de Penedo, de 1987 (a); e Perspectiva digital do Edifício <i>The Square Park Office</i> , de 201- (b). ....	36
Figura 19 - Carta solar tratada. ....	38
Figura 20 - Máscara de sombra dos protetores solares modelados, com indicação do horário de início da jornada de trabalho (linha na cor roxa). ....	38
Figura 21 – Configurações de <i>brises</i> modeladas – fachada Norte (secção) .....	41
Figura 22 – Configurações de <i>brises</i> modeladas – Fachada Sul (secção) .....	41
Figura 23 - Configurações de <i>brises</i> modeladas – Fachada Leste (secção) .....	42
Figura 24 - Configurações de <i>brises</i> modeladas – Fachada Oeste (secção) .....	42
Figura 25 – Tela do software TropLux (menu dos dados de entrada) .....	43
Figura 26 - Tela principal do software DesignBuilder. ....	44
Figura 27 – Planta baixa (a) e corte (b) esquemáticos do ambiente analisado (medidas em metros) ...	45
Figura 28 - Modelo sem <i>brises</i> , no DesignBuilder (ambiente analisado destacado na cor rosa) .....	46
Figura 29 - Modelo sem <i>brises</i> , no TropLux (b) .....	46
Figura 30: Densidade de carga de equipamentos segundo a NBR 6401 .....	50
Figura 31 – Efeito do espaçamento entre as aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto. ....	55
Figura 32 - Efeito da inclinação das aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto. ....	56
Figura 33 - Efeito da inclinação das aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto. ....	57
Figura 34 - Efeito da refletância das aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto. ....	58

Figura 35 - Efeito da refletância das aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto. ....	59
Figura 36 - Efeito do espaçamento entre as aletas no coeficiente de variação das iluminâncias obtidas, sob céu parcialmente encoberto. ....	61
Figura 37 - Efeito da inclinação das aletas no coeficiente de variação das iluminâncias obtidas, sob céu parcialmente encoberto. ....	62
Figura 38 - Efeito da inclinação das aletas no coeficiente de variação das iluminâncias obtidas, sob céu parcialmente encoberto. ....	63
Figura 39 – Efeito da refletância das aletas no coeficiente de variação das iluminâncias obtidas, sob céu parcialmente encoberto. ....	64
Figura 40 - Isocurvas de iluminância para as situações E0,5I30R0,5 (esquerda) e E0,5I30R0,8 (direita) das fachadas Norte (acima) e Sul (abaixo). ....	65
Figura 41 - Isocurvas de iluminância para as situações E0,5I30R0,5 (esquerda) e E0,5I30R0,8 (direita) das fachadas Leste (acima) e Oeste (abaixo). ....	66
Figura 42- Efeito do espaçamento entre as aletas nos ganhos solares anuais .....	68
Figura 43 - Efeito do espaçamento entre as aletas nos ganhos solares anuais .....	69
Figura 44 – Efeito da inclinação nos ganhos solares anuais pela janela orientada a Leste e Oeste .....	70
Figura 45 - Efeito da refletância nos ganhos solares anuais pela janela orientada a Leste e Oeste .....	71
Figura 46 – Percentuais de ocorrência das iluminâncias por faixa, considerando as horas anuais simuladas.....	79
Figura 47 - Isocurvas de iluminância para as situações sem <i>brise</i> (esquerda) e E0,5I0R0,5 (direita), com janela orientada a Norte.....	81
Figura 48 – Isocurvas de iluminância para as situações sem <i>brise</i> (esquerda) e E0,5I0R0,5 (direita), com janela orientada a Sul .....	82
Figura 49 - Isocurvas de iluminância para as situações sem <i>brise</i> (esquerda) e E0,125I0R0,5 (direita), com janela orientada a Leste .....	82
Figura 50 - Isocurvas de iluminância para as situações sem <i>brise</i> (esquerda) e E0,125I0R0,8 (direita), com janela orientada a Oeste.....	83
Figura 51 – Máscara de sombra dos modelos de <i>brise</i> na orientação Norte .....	92
Figura 52 - Máscara de sombra dos modelos de <i>brise</i> na orientação Sul.....	94
Figura 53 - Máscara de sombra dos modelos de <i>brise</i> na orientação Leste .....	96
Figura 54 - Máscara de sombra dos modelos de <i>brise</i> na orientação Oeste.....	97
Figura 55 – Configurações de <i>brise</i> com inclinação 60°, nas quatro orientações analisadas.....	101

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ângulos de sombreamento correspondentes às máscaras de sombra.....	39
Tabela 2 - Combinações de parâmetros analisadas .....	40
Tabela 3 – Área média e pé direito das salas nos edifícios de escritório de Maceió-AL .....	45
Tabela 4 – Percentuais de redução da iluminância em relação à situação sem <i>brises</i> .....	74
Tabela 5 – Percentuais de redução dos ganhos solares em relação à situação sem <i>brises</i> .....	83
Tabela 6 - Desempenhos luminoso, térmico e final dos <i>brises</i> na orientação Norte.....	92
Tabela 7 - Desempenhos luminoso, térmico e final dos <i>brises</i> na fachada Sul.....	93
Tabela 8 - Desempenhos luminoso, térmico e final dos <i>brises</i> na fachada Leste .....	95
Tabela 9 - Desempenhos luminoso, térmico e final dos <i>brises</i> na fachada Oeste .....	96
Tabela 10 - Comparando o desempenho conjunto dos <i>brises</i> nas quatro fachadas analisadas .....	99
Tabela 11 - Combinações de espaçamento, inclinação e refletância com melhor desempenho.....	100
Tabela 12 – Combinações de parâmetros com classificação BOM comum às quatro orientações .....	101
Tabela 13 - Desempenho conjunto dos <i>brises</i> , considerando o percentual de ocorrência de iluminâncias entre 500 e 2000lx.....	102

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Ações para adequação do edifício ao clima quente e úmido. ....	8
Quadro 2 – Classificação das faixas de iluminância .....	19
Quadro 3 - Características construtivas dos edifícios de escritório de Maceió-AL. ....	37
Quadro 4 - Configurações do modelo no TropLux .....	47
Quadro 5 - Configurações do modelo do DesignBuilder .....	49
Quadro 6 – Classificação dos resultados obtidos para cada desempenho .....	90
Quadro 7 – Classificação dos resultados finais .....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Demanda de energia necessária para aquecimento (A), resfriamento (R), iluminação (I) e consumo total em três situações de análise .....	29
Gráfico 2 – Médias mensais da temperatura do ar e temperatura neutra respectiva .....	34
Gráfico 3 - Radiação solar direta e difusa. ....	35
Gráfico 4 – Iluminância horizontal difusa.....	48
Gráfico 5 - Propriedades (transmitância e refletância) do vidro consideradas nas simulações.....	48
Gráfico 6 – Iluminâncias obtidas nas diferentes situações analisadas, sob céu parcialmente encoberto. ....	60
Gráfico 7 - Coeficientes de variação da distribuição das iluminâncias médias no plano de trabalho... ..	67
Gráfico 8 – Ganhos térmicos solares nas diferentes situações analisadas.....	72
Gráfico 9 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Norte .....	75
Gráfico 10 – Iluminância média interna considerando a janela orientada a Sul .....	76
Gráfico 11 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Leste.....	76
Gráfico 12 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Leste.....	77
Gráfico 13 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Oeste .....	78
Gráfico 14 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Oeste .....	78
Gráfico 15 – Limites dos coeficientes de variação das iluminâncias no plano de trabalho .....	80
Gráfico 16 - Ganhos solares mensais com e sem <i>brise</i> na janela orientada a Norte .....	84
Gráfico 17 - Ganhos solares mensais com e sem <i>brise</i> na janela orientada a Sul .....	85
Gráfico 18 – Ganhos solares mensais com e sem <i>brise</i> na janela orientada a Leste.....	86
Gráfico 19 - Ganhos solares mensais com e sem <i>brise</i> na janela orientada a Oeste .....	86
Gráfico 20 – Ganhos solares anuais .....	88
Gráfico 21 – Redução da demanda por resfriamento .....	88
Gráfico 22 – Fator solar do conjunto janela- <i>brise</i> .....	88

## INTRODUÇÃO

Esta dissertação é resultado de uma pesquisa científica cujo objeto consiste da ação de sombreamento de aberturas, no contexto da adequação climática de edificações.

### **Contextualização do tema e problema investigados**

O projeto arquitetônico acontece a partir de uma síntese de diversos condicionantes, tais como os de natureza plástica, funcional e ambiental. Os condicionantes relacionados ao contexto climático da edificação, os quais influenciam diretamente a forma como o usuário vai se sentir ao estar no ambiente projetado, podem ser utilizados em favor de estratégias que tornem mínimo o uso de formas artificiais de promoção do conforto térmico<sup>1</sup> a esse usuário.

No que se refere ao clima quente e úmido, adaptar a edificação a tal contexto significa principalmente dissipar o calor do interior dos ambientes, bem como evitar os ganhos térmicos internos e externos. Para diminuir os ganhos térmicos através das aberturas, é possível utilizar a estratégia de sombreamento, cujo objetivo é bloquear a incidência direta de radiação proveniente do Sol.

As diferentes variações de elementos com a função principal de sombrear são conhecidas entre os arquitetos como protetores solares, dispositivos de proteção solar, dispositivos de sombreamento de janelas, quebra-sol ou *brises*. Para se referir ao objeto de estudo deste trabalho, será utilizado o último termo.

Os referidos dispositivos não influenciam apenas a forma como o edifício recebe a radiação solar. Assim como os demais elementos arquitetônicos, eles apresentam um desempenho individual e um desempenho nos diferentes aspectos da edificação considerados de forma conjunta. Destacam-se aqui dois aspectos conflitantes: ao reduzir os ganhos térmicos, esses dispositivos interferem na quantidade e distribuição da luz natural. Seu uso pode diminuir o contraste entre a luminosidade nas áreas próximas à janela e nas demais regiões de um ambiente, porém há diminuição na quantidade total de luz que chega ao interior, o que pode ser indesejado, dependendo da magnitude dessa redução.

---

<sup>1</sup> Segundo Corbella e Yannas (2004, p.30), “Uma pessoa está confortável em relação a um acontecimento ou fenômeno quando pode observá-lo ou senti-lo sem preocupação ou incômodo. (...) O corpo humano produz calor no seu interior que, em parte se dissipa para o meio ambiente. (...) Existe um nível ótimo para o fluxo de calor, no qual a temperatura da pele se mantém perto de 35° e a pessoa se sente em neutralidade térmica, ou seja, em conforto térmico”.

Os efeitos de tais estratégias (sombreamento e iluminação) ocorrem simultaneamente, de forma que uma determinada configuração de dispositivos que atenda ao critério de sombreamento pode afetar negativamente a iluminação e vice-versa. Tal conflito pode ocasionar desconforto (visual e/ou térmico) e a conseqüente dependência de sistemas artificiais de condicionamento e/ou iluminação.

## Objetivos

Diante dos aspectos apresentados, o objetivo geral desta dissertação é avaliar comparativamente o desempenho térmico e luminoso de *brises* horizontais externos, considerando-se diferentes configurações geométricas que atendam às necessidades de sombreamento de aberturas para ambientes de escritório em Maceió-AL.

São objetivos específicos:

- a) Analisar a influência do **espaçamento, refletância e inclinação** das aletas na iluminância média interna e nos ganhos térmicos solares;
- b) Analisar o **desempenho térmico** e o **desempenho luminoso** das diferentes configurações de *brise*, ao longo do ano e em relação à situação com janela exposta;
- c) Identificar combinações que apresentem **condições adequadas de iluminação natural e desempenho térmico, ao mesmo tempo**, considerando índices determinados.

## Justificativa e relevância da pesquisa

Quando o homem começou a construir e habitar os espaços construídos, as formas e mecanismos existentes nas edificações eram resposta direta a uma adaptação às condições climáticas. A crescente difusão e incorporação de tecnologias de construção em escalas maiores que a local culminou na produção, em períodos subsequentes (pós-industrialização), de uma arquitetura que apresentou predominantemente características de padronização.

Somou-se a esse aspecto a disseminação de mecanismos artificiais, tais como lâmpadas elétricas e condicionadores de ar, nos casos em que há a substituição total dos mecanismos naturais, ao invés da integração desses com os mecanismos artificiais.

Atualmente, ainda que as discussões das últimas décadas acerca da manutenção dos recursos naturais estejam amplamente disseminadas, são muitos os casos em que a utilização desses mecanismos ativos é tida como uma forma de ignorar o contexto climático. São desconsiderados os efeitos negativos deste tipo de ação tanto sobre a percepção do espaço quanto sobre o desempenho da construção, a qual passa a ser incompatível com o contexto ambiental.

Em edificações de escritório, o uso é prolongado e a necessidade de conforto está relacionada, além de ao bem-estar, à saúde no trabalho e à economia de recursos financeiros com energia elétrica. O uso de equipamentos tais como computadores, característico da atividade referida, torna fundamental a ausência de ofuscamento. Além disso, a quantidade de calor que precisa ser removida desses ambientes em função da configuração arquitetônica (relacionada às decisões de projeto) é mais representativa em comparação a outros usos, tais como o industrial.

Quanto à abrangência da pesquisa, a regularidade dos partidos de planta e tipos de aberturas que essa tipologia apresenta viabilizam a construção de modelos representativos com um grau de aproximação da realidade satisfatório. Maceió, cidade brasileira do estado de Alagoas, é uma das localidades em que se verificam exemplares desses conflitos. Observa-se que há uma tendência de utilização de grandes percentuais de aberturas envidraçadas e sem proteção solar.

Sabendo que a qualidade ambiental é um dos objetivos de todo processo relacionado à concepção e construção do espaço habitado, o tema do desempenho de dispositivos de proteção solar se constitui como uma das formas de contribuir para a elaboração de projetos que considere a adequação climática e, conseqüentemente, o conforto ambiental e a redução do desperdício de recursos energéticos.

Avaliar como um dispositivo se comporta em relação ao condicionamento térmico e luminoso de forma conjunta é uma análise que contribui para a consolidação de um repertório de soluções de estratégias bioclimáticas para a localidade e tipologia estudadas. Esse repertório é: a) teórico, na medida em que quantifica e analisa variáveis de desempenho de componentes arquitetônicos, e b) formal/concreto, na medida em que pode resultar em indicações para o desenho (geometria) desses dispositivos a partir da definição de um objetivo inicial, seja a predominância de uma estratégia ou a integração das mesmas.

## **Estrutura da dissertação**

Este documento compõe-se de três seções principais.

Na **seção 1**, é apresentada a síntese da revisão bibliográfica realizada, a qual constitui o referencial teórico da pesquisa;

A **seção 2** apresenta a metodologia da pesquisa, descrevendo o objeto de estudo, as etapas realizadas, os parâmetros de obtenção dos dados e a forma de análise dos mesmos;

Na **seção 3**, são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa, considerando-se os objetivos propostos.

A **Conclusão** apresenta as considerações finais do trabalho, bem como as limitações da pesquisa e sugestões de trabalhos futuros.

## **1 REFERENCIAL TEÓRICO**

A avaliação de dispositivos de sombreamento de aberturas enquanto elementos de controle solar é uma ação que reflete princípios de adequação da edificação ao contexto ambiental na qual ela se insere. Aqui, esse contexto envolve os fatores microclimáticos que resultarão nas condições internas de iluminação natural e no comportamento térmico do ambiente. O sombreamento das aberturas enquanto estratégia que influencia as necessidades (conflitantes) de admissão de luz e bloqueio da radiação solar é o objeto teórico desta seção.

## 1.1 Sombreamento em edificações: por que, quando e como

Este tópico caracteriza a ação de “sombrear as aberturas”, destacando importância e parâmetros técnicos para sua utilização. Sua estrutura é inspirada na abordagem de Olgyay & Olgyay (1957), pioneira no que se refere à caracterização do método de controle solar e cujas etapas correspondem à identificação de quando, onde e como sombrear.

### 1.1.1 Por que sombrear?

#### 1.1.1.1 *O contexto climático como condicionante do projeto arquitetônico*

O contexto climático da edificação é caracterizado pelas seguintes variáveis: temperatura do ar, radiação solar, umidade e movimento do ar (HYDE, 2000, p.15).

As decisões de projeto arquitetônico interferem diretamente na necessidade de sistemas artificiais de adequação a tais variáveis e no consequente consumo de energia proveniente dos mesmos. Optar por estratégias passivas<sup>2</sup> de condicionamento térmico no espaço construído é uma ação que demanda menor participação dos sistemas artificiais, na medida em que adapta a edificação às condições climáticas externas (SANTAMOURIS; ASIMAKOPOULOS, 1996; GIVONI, 1994; BAKER, 1987).

A minimização do consumo de energia, a partir da utilização de mecanismos naturais, está relacionada ao conceito de **eficiência energética**, que se refere ao uso racional das fontes de energia para obtenção de um serviço (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Nessa mesma direção, o conceito de **projeto bioclimático** caracteriza uma forma de projetar edificações que considera a adequação climática e o conforto térmico. Segundo Corbella e

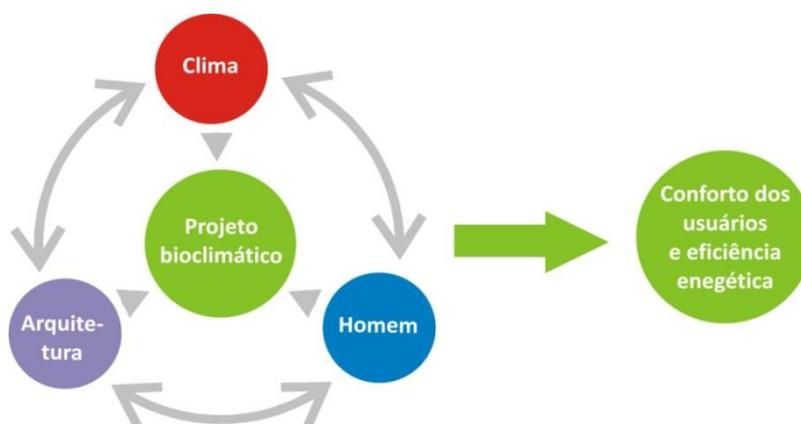
---

<sup>2</sup> Podem ser utilizados mecanismos passivos de condicionamento, que atuam de forma preventiva, reduzindo os efeitos indesejáveis do clima (tais como o uso de materiais isolantes); ou ativos, que atuam de forma corretiva, alterando as condições ambientais internas resultantes dos fatores naturais (tais como os condicionadores de ar).

Yannas (2003), o projeto bioclimático é aquele que associa as variáveis climáticas, de forma harmônica, às necessidades de conforto, salubridade e apazibilidade do usuário.

Na literatura, a definição aparece pela primeira vez em estudos dos irmãos Olgyay (OLGYAY; OLGAYAY, 1963). Desde então, a idéia de arquitetura bioclimática passou a ser amplamente discutida na área de arquitetura e urbanismo. Diante desses aspectos, observa-se que o conforto (que se relaciona com a saúde e o bem-estar), assim como a redução dos gastos com energia elétrica (que se relaciona com o impacto ambiental e o uso racional de materiais e energia), são objetivos diretamente influenciados pelo projeto bioclimático. O esquema abaixo sintetiza tal relação:

Figura 1- Relação entre os condicionantes do projeto bioclimático e seu objetivo final.



Fonte: A autora

O arquiteto pode recorrer a estratégias para o projeto de espaços que incorporem a eficiência energética e princípios bioclimáticos. Um estudo de Maciel (2006), com base em entrevistas a arquitetos, aponta:

[...] a integração de conceitos bioclimáticos vai além do desenvolvimento ou melhoria de ferramentas de apoio. É fundamental que estes conceitos façam parte da filosofia de projeto do profissional, que é determinante na aplicação de pesquisa e inovação na prática arquitetônica. (p. VI)

A adequação climática pode ser um processo empírico ou baseado em estudos e dados numéricos relativos ao clima de uma determinada localidade.

### 1.1.1.2 As edificações em localidades de clima quente e úmido

Segundo classificações de Hyde (2000, p.22) e Baker (1987, p.13), as localidades que possuem clima quente e úmido encontram-se na região delimitada a 15° ao norte e ao sul da linha do equador, possuindo pouca variação sazonal de temperatura.

Corbella e Yannas (2003, p.37), assim como Frota e Shiffer (2003, p.71) listam estratégias de projeto arquitetônico condizentes com esse tipo de clima. Numa linha de pensamento semelhante, Hyde (2000) sintetiza a relação entre as características adversas do clima quente e úmido, a forma de ação sobre as mesmas e a resposta arquitetônica correspondente (ver quadro 1).

Quadro 1- Ações para adequação do edifício ao clima quente e úmido.

<b>Elementos climáticos adversos</b>	<b>Estratégia</b>	<b>Ações</b>
Chuva Umidade alta Insolação Baixa variação diurna	Minimizar o ganho de calor Maximizar a ventilação Maximizar o sombreamento	Orientar o maior eixo a leste-oeste, com ambientes pouco profundos* Ventilação cruzada, pé-direito alto Coberta com aberturas para ventilação Sombreamento das aberturas o ano todo Varanda sombreada

\*Quando os ventos predominantes não vem de leste ou oeste. Nesses casos, é preciso considerar a ventilação natural.  
Fonte: Adaptado de HYDE (2000, p. 57).

Diante do apresentado, o sombreamento, especialmente das aberturas, é uma estratégia eficiente para localidades de clima quente e úmido. É ainda mais eficiente quando permite a ventilação natural (BITTENCOURT, 1993; FROTA; SHIFFER, 2003).

Voss et al (2007) especificam os princípios físicos para o controle solar: a **redução dos ganhos térmicos solares** (de forma indireta, ao reduzir a parcela de calor que atravessa a abertura) e a **proteção contra a radiação solar direta** (p. 101). É nesse contexto que o dispositivo de proteção solar será tratado a partir de então.

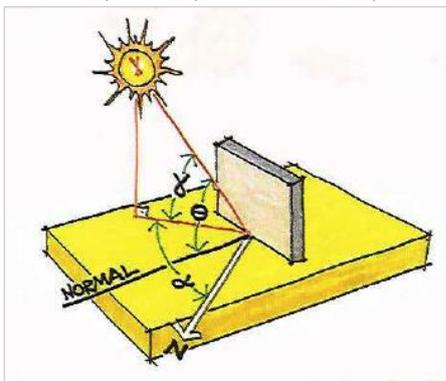
### 1.1.2 Quando sombrear?

A definição dos períodos de sombreamento está relacionada ao conhecimento do posicionamento do Sol em relação a uma fachada ou abertura, o qual pode ser obtido com o auxílio da geometria solar.

### 1.1.2.1 Geometria solar/ Geometria da Insolação

A geometria da insolação trata da localização geométrica do Sol, por meio de coordenadas angulares. Considerando-se a abóbada celeste como uma semiesfera e o ponto de referência no centro da mesma, obtém-se a localização do Sol a partir do **azimute** e da **altura** (figura 2). (FROTA, 2004; SZOKOLAY, 1996). Esses ângulos irão variar de acordo com a **latitude** do ponto considerado como referência, com o horário e com o dia do ano.

Figura 2 - Ângulos de altura solar (símbolo), azimute solar (símbolo) e incidência (símbolo).



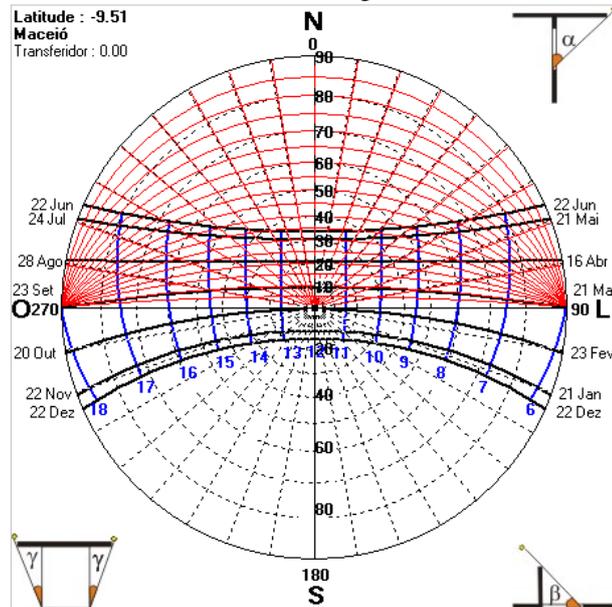
Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira, 2000, p. 30.

A representação dessas coordenadas, bem como da trajetória aparente do sol (que corresponde aos horários e estações do ano) é comumente feita por meio de projeções no plano horizontal, as quais podem ser ortogonal, equidistante e estereográfica (SZOKOLAY, 2007; OLGYAY & OLGYAY, 1957).

Os diagramas ou **cartas solares**, bastante utilizados, são representações gráficas que ilustram os dias e horários de insolação, para uma determinada latitude. São utilizadas principalmente para identificar onde está o sol, qual o tempo de insolação da fachada e para o traçado de máscaras de sombra (BITTENCOURT, 2004; FROTA, 2004).

As cartas são utilizadas junto com transferidores de ângulos horizontais e verticais, elaborados com o mesmo tipo de projeção. A figura 3 ilustra um exemplo de carta solar correspondente à latitude da cidade de Maceió-AL, com o transferidor sobreposto à carta solar na orientação norte.

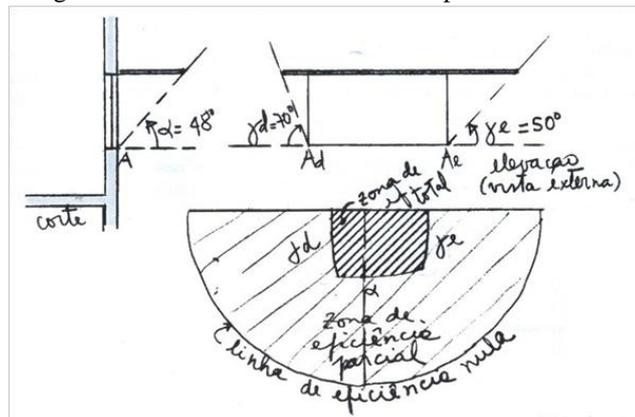
Figura 3 - Carta solar de Maceió-AL. Trajetória aparente do sol indicada com linha cheia na cor preta; horários, em linha cheia na cor azul; e transferidor de ângulos, em linha cheia na cor vermelha.



Fonte: SOL-AR 6.2 (MACIEL; LAMBERTS; ONO, 2011).

Sobre a máscara de sombra, Bittencourt a define como sendo uma projeção, na carta solar, dos elementos que obstruem a visão da abóbada celeste (2004, p. 45), bloqueando a incidência da radiação solar através de janelas e demais aberturas. A figura 4 ilustra um exemplo de máscara de sombra.

Figura 4 - Máscara de sombra de uma placa horizontal.



Fonte: FROTA, 2004, p.127.

O ferramental técnico apresentado pode fornecer base para identificar a eficiência de um determinado elemento de proteção solar, o que pode ser exemplificado nos trabalhos de Capistrano (2008) e Leite (2003), que utilizaram procedimentos gráficos para avaliar dispositivos de proteção solar de edificações não-residenciais das cidades de São Carlos-SP e Natal-RN, respectivamente.

### 1.1.3 Como sombrear: Dispositivos de proteção solar

Com relação às especificações técnicas, o controle solar pode ser alcançado a partir de três ações principais (VOSS et al, 2007; GIVONI, 1994, p.21):

- a) orientação e forma da envoltória;
- b) detalhamento das propriedades das janelas (tamanho, localização, tipo de fechamento etc.);
- c) utilização de elementos sombreadores (da própria edificação, do entorno ou de dispositivos acoplados às janelas/aberturas).

Os dispositivos de proteção solar independentes do restante da construção (caso da letra c, na listagem anterior) são o foco deste trabalho. São chamados de *brises*, quebra-sol etc. e, segundo Voss et al (2007, p.118), são utilizados para garantir o controle solar e proteger do desconforto visual por ofuscamento<sup>3</sup>.

#### 1.1.3.1 Tipos

Os diferentes arranjos dos protetores solares podem ser categorizados. As classificações mais comuns consideram a localização do *brise* em relação à superfície transparente ou translúcida (à luz) e/ou a geometria dos mesmos (horizontais, verticais ou mistos). Com base nas classificações de autores que tratam da temática (VOSS et al, 2007; BITTENCOURT, 2004; FROTA, 2004; GIVONI,1994; OLGAYAY; OLGAYAY, 1957), é possível agrupar os principais tipos de protetores:

- a) Quanto à geometria das placas utilizadas, os protetores podem ser horizontais, verticais ou mistos. A opção por um ou outro tipo geralmente depende da orientação da abertura;
- b) quanto à forma de operação, os protetores podem ser fixos ou móveis.
- c) quanto às propriedades ópticas do material constituinte, eles podem ser opacos, transparentes ou translúcidos;
- d) quanto à localização em relação à superfície transparente ou translúcida, os protetores podem ser internos, externos e entre dois vidros.

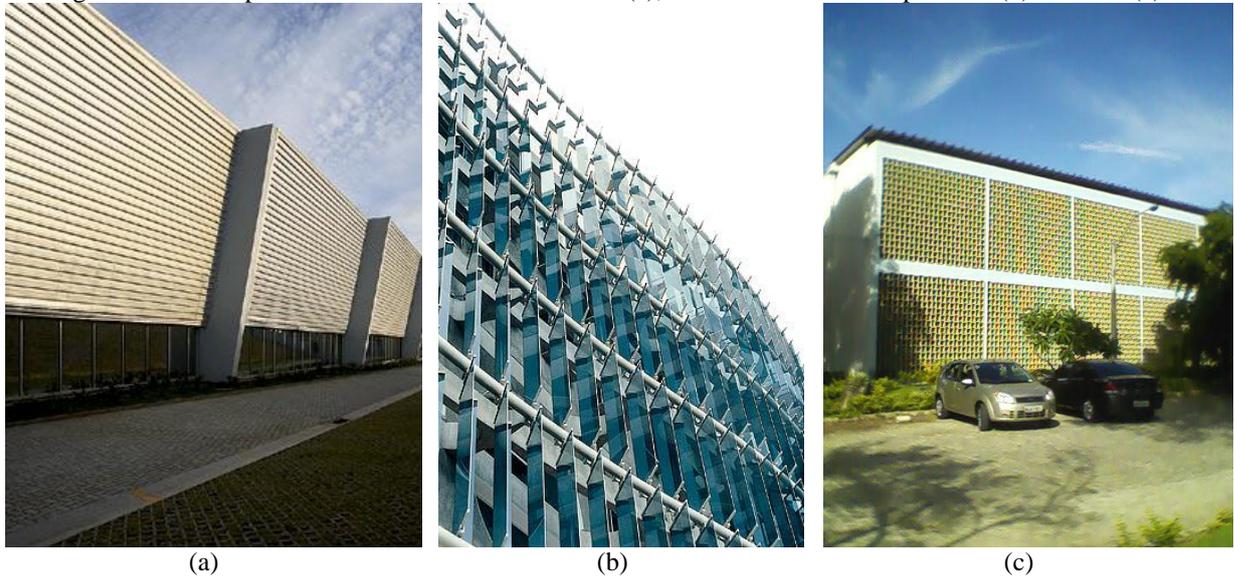
Para Givoni (1994), os dispositivos fixos estão mais diretamente relacionados ao caráter plástico da edificação, por estarem presentes na fachada. Já os dispositivos móveis

---

<sup>3</sup> Sensação de incômodo ou impedimento à visão causada por excesso de brilho de uma região ou superfície no campo de visão. Segundo a NBR 15215-4 (2005-a), o ofuscamento fisiológico ocorre a partir de 25000 cd/m<sup>2</sup>.

internos permitem maior controle pelo usuário. A figura 5 ilustra exemplos de dispositivos de proteção solar.

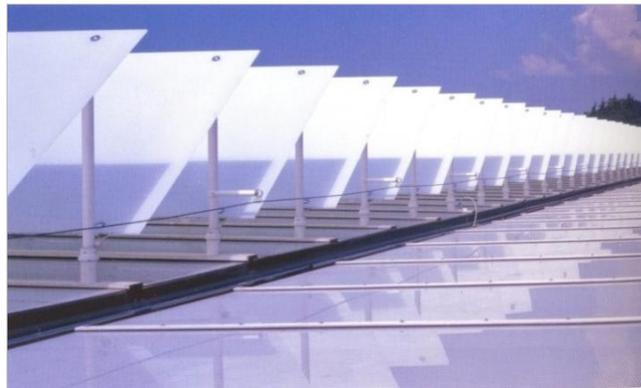
Figura 5 - Uso de protetores solares horizontais fixos (a), verticais móveis transparentes (b) e mistos (c).



Fonte: Arcoweb (2011), Alusistem (2011) e Arquivo pessoal (2009), respectivamente.

Além destes tipos, ainda pode-se citar outros tipos isolados, tais como toldos, telas, pérgulas e protetores zenitais (figura 6).

Figura 6 - Uso de protetor solar zenital.



Fonte: Gonzalo e Habermann, 2006

### 1.1.3.2 *Sistemas de esquadrias: controle das variáveis ambientais*

Os protetores solares podem ser partes constituintes do próprio desenho da esquadria, podendo ser criados arranjos que conferem à abertura possibilidades eficazes de controle de uma ou mais variáveis climáticas. As figuras 7, 8 e 9 exemplificam a referida situação.

Figura 7 - Dispositivo de sombreamento móvel, com diversas funções.



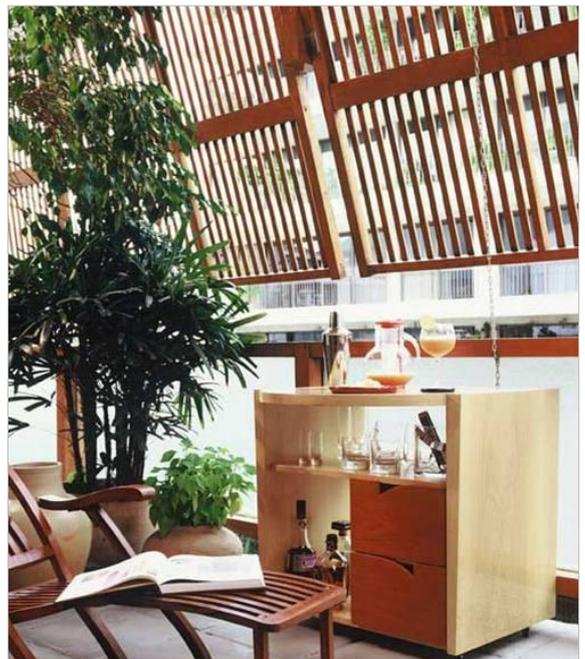
Fonte: Adaptado de GONZALO e HABERMANN, 2006, p. 150 e 151.

Figura 8 - Proteção com *brises* horizontais fixos e elementos verticais móveis.



Fonte: Adap. de GONZALO e HABERMANN, 2006, p. 79

Figura 9 - Proteção com elementos vazados.



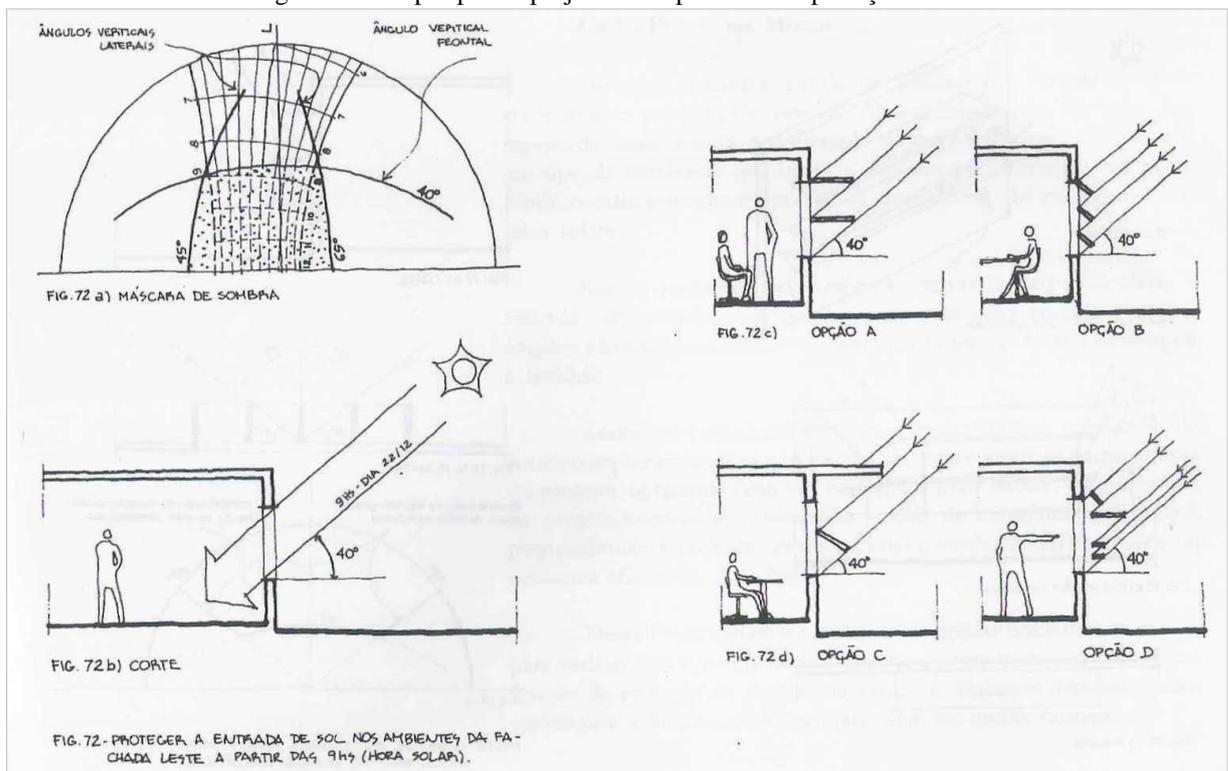
Fonte: FERRAZ, 2011

### 1.1.3.3 Projeto de dispositivos de proteção solar

O projeto de dispositivos de proteção solar envolve três etapas principais. A primeira delas é saber quais os períodos em que a radiação solar incide na janela. O segundo passo é definir quais os períodos em que essa insolação é indesejável. Em seguida, passa-se à definição das formas e tipos de protetores que permitiriam o bloqueio da radiação solar nos períodos desejados.

Bittencourt (2004) e Frota (2004) destacam a construção de máscaras de sombra para auxiliar esse processo. A figura 10 mostra uma sequência de passos que podem fornecer a base para o projeto de dispositivos de proteção solar. No exemplo, definiu-se que a radiação solar deveria ser bloqueada a partir das 9h (a). Construiu-se a máscara solar que corresponderia a esse período e determinou-se graficamente que ângulos corresponderiam ao mascaramento desejado (b). A partir da definição do ângulo de  $40^\circ$ , verificaram-se as diversas possibilidades que proporcionariam tal sombreamento (c e d).

Figura 10 - Etapas para o projeto de dispositivos de proteção solar.



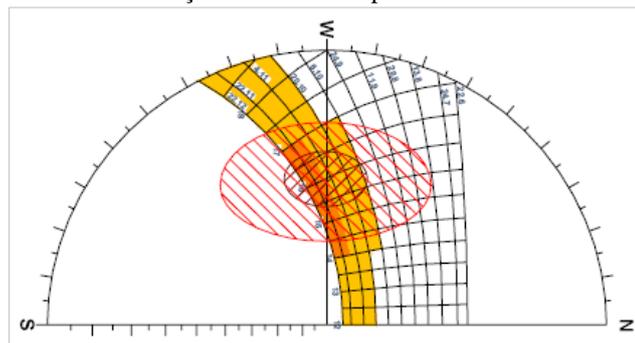
Fonte: BITTENCOURT, 2004, p. 61.

A definição dos horários de sombreamento pode ser determinada pelo projetista de diversas formas. Quanto ao conforto térmico, essa definição torna-se eficiente quando aliada

aos períodos de ocorrência de temperaturas indesejáveis. Olgyay (1957), assim como Brown e Dekay (2004), apresentam possibilidade de se sobrepor graficamente os dados de temperatura sobre as cartas solares. Pereira e Souza (2008) desenvolveram uma metodologia que leva em consideração esse aspecto, adotando uma faixa de conforto que vai de menos  $-4^{\circ}\text{C}$  a  $+2^{\circ}\text{C}$  a partir da temperatura neutra<sup>4</sup> (para edificações comerciais). As autoras sobrepõem a trajetória solar, os dados de incidência de radiação solar e de temperatura do ar.

No exemplo da figura 11, o período quando o sombreamento é necessário corresponde à intersecção das áreas em cor laranja (que representam temperatura do ar acima daquela correspondente à temperatura neutra  $+2^{\circ}\text{C}$ ) com a área hachurada na cor vermelha (que representa incidência de radiação solar na fachada maior que  $500\text{W}/\text{m}^2$ ), para aberturas com área inferior a 25% da área do piso.

Figura 11- Carta solar de Porto Alegre- RS (fachada oeste), com dados de temperatura do ar e incidência de radiação solar sobre o plano vertical.



Fonte: PEREIRA; SOUZA, 2008, p. 8.

O procedimento de projeto de dispositivos de proteção solar pode ser manual ou feito com o auxílio de softwares específicos, tais como *Sol-ar* (MACIEL; LAMBERTS; ONO, 2011), *Brise* (ALUCCI, 2006), *Luz do Sol* (RORIZ, 1995) e *Parasol* (DIVISION OF ENERGY AND BUILDING DESIGN, 2011). Ainda com relação ao projeto de *brises*, é importante lembrar que os procedimentos descritos não são absolutos. Sobre esse aspecto, Capistrano (2008) considera:

É importante que o arquiteto, ao projetar, não se limite a aplicar conceitos, ainda que largamente difundidos, sem um questionamento sobre a adequação destes conceitos para cada projeto a ser realizado. Da mesma forma, é necessário que exista sempre um questionamento a respeito das necessidades de cada edifício e de cada local. (p.131).

<sup>4</sup> Para uma população aclimatada em atividade sedentária, a temperatura neutra pode ser expressa por  $T_n = 0,31T_e + 17,6^{\circ}\text{C}$ , sendo  $T_n$  a temperatura neutra interna e  $T_e$  a temperatura média mensal do ar externo, ambas em  $^{\circ}\text{C}$  (AULICIEMS, 1982 apud BITTENCOURT, 1993, p.75).

Em suma, observa-se que o dispositivo de proteção solar constitui uma forma de controle da exposição da edificação ao sol, que tem por objetivo o bloqueio da radiação solar direta e o controle dos ganhos térmicos. À medida que isso ocorre, pode-se dizer que os dispositivos de proteção solar influenciam a iluminação natural. Caso eles sejam vazados, eles podem ter influência sobre a distribuição da ventilação. Além disso, a solução projetual adotada influencia diretamente a composição plástica do edifício.

Assim sendo, observa-se que os protetores solares, assim como os demais elementos de uma janela, apresentam um desempenho que possui impacto em todas as funções da mesma. O brise extrapola a sua função de sombrear, interferindo de forma mais direta a iluminação natural e os ganhos térmicos solares.

## **1.2 Desempenho de dispositivos de sombreamento de aberturas em relação à iluminação e aos ganhos térmicos solares**

Esta seção aborda as principais implicações do uso de dispositivos de proteção solar quanto às condições de iluminação natural e comportamento térmico da edificação, destacando as pesquisas na área.

### **1.2.1 Controle da radiação solar e iluminação natural**

A iluminação natural é caracterizada pela admissão de luz proveniente da radiação solar. Os fatores que influenciam a iluminação natural em um ambiente interno são:

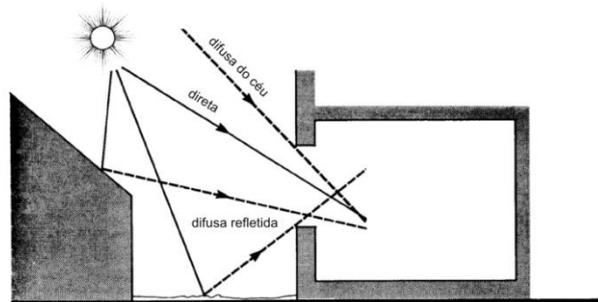
- Forma, localização e dimensão da abertura
- Obstruções por elementos de proteção;
- Geometria do ambiente;
- Luminância do céu (condições de céu);
- Refletância das superfícies (cor);
- Propriedades da superfície transparente/translúcida;
- Características do entorno

Em seguida, trata-se especificamente da contribuição dos dois primeiros pontos, os quais têm relação direta com o projeto de dispositivos de sombreamento.

### 1.2.1.1 Fundamentos e parâmetros técnicos

A iluminação de uma superfície ocorre quando esta é atingida por raios luminosos provenientes de uma fonte de luz. Para medir essa luz, recorre-se às grandezas fotométricas. **Iuminância** é a grandeza fotométrica definida pela densidade de fluxo incidente numa superfície (CORBELLA; YANNAS, 2003; TREGENZA; LOE, 1998; MOORE, 1985). A unidade é o lux, que indica uma quantidade de energia luminosa por unidade de tempo (lúmen), em cada unidade de área ( $m^2$ ). A luz natural que chega a um ambiente pode ser proveniente da radiação solar direta, da abóbada celeste, ou do entorno (solo ou outras edificações, por exemplo), conforme ilustrado na figura a seguir.

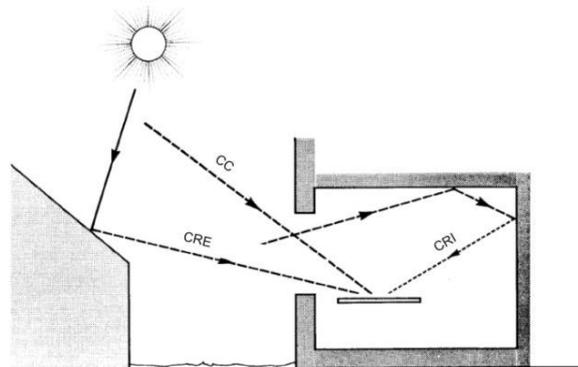
Figura 12 - Luz natural direta e difusa em um ambiente



Fonte: Adaptado de BAKER, 1987, p. 73.

Quando não há Sol visível, também pode ser entendida como produto de três componentes (figura 13). A primeira delas é a componente de céu (CC), representada pela parcela de luz proveniente da parte visível da abóbada celeste. A componente refletida externa (CRE), corresponde à parcela de luz que chega ao ambiente após reflexões nos elementos do entorno da edificação. Já a componente refletida interna (CRI) refere-se à parcela de luz que chega ao plano após a reflexão nas superfícies internas do ambiente. (BAKER, 1987).

Figura 13 – Luz natural direta e difusa em um ambiente (a) e luz natural difusa em um plano de trabalho (b).



Fonte: Adaptado de BAKER, 1987, p. 74.

Em se tratando de arquitetura, as escolhas de projeto, tais como materiais e cores, influenciam diretamente a percepção da luz no ambiente. Promover o conforto, evitando ofuscamento, é fator que condiciona tais escolhas. Dessa forma, a iluminação natural no ambiente construído permitirá a execução de atividades (de forma mais saudável, inclusive, do que a iluminação obtida exclusivamente por lâmpadas). A quantidade de iluminação necessária dependerá do tipo de atividade.

#### 1.2.1.2 Avaliação da luz natural

A avaliação da iluminação natural pode consistir da verificação do comportamento da luz, considerando-se, por exemplo, aspectos quantitativos (tais como intensidade, distribuição, uniformidade) e qualitativos (tais como cênicos ou estéticos). Análises quantitativas podem ser feitas a partir da análise de dados medidos ou simulados. Tais dados podem ser comparados com valores ou intervalos de valores de referência aceitáveis, segundo parâmetros de conforto visual para a atividade realizada.

Nesse sentido, três conceitos para a análise de valores de iluminância são aqui abordados: **fator de luz do dia - FLD** (*Daylight Factor*), **autonomia de luz natural** (*Daylight autonomy*) e **iluminância útil da luz natural - IULN** (*Useful daylight illuminances - UDI*). O conceito de fator de luz do dia, desenvolvido no Reino Unido no início do século XX (NBI, 2011), é a razão entre a quantidade de luz em um determinado ponto e a quantidade de luz medida externamente. É bastante conhecido e utilizado na área, apesar de representar mais apropriadamente apenas condições de céu encoberto.

O conceito de autonomia de luz natural foi originalmente proposto pela *Association Suisse des Electriciens* em 1989, sendo trabalhado e difundido por Christoph Reinhart entre 2001 e 2004 (NBI, 2011). Consiste da definição de valores mínimos de iluminância a serem atingidos, de forma a estabelecer os períodos nos quais não seria necessária a utilização de iluminação elétrica. Considera a análise de dados climáticos (anuais).

Já o conceito de iluminância útil da luz natural – IULN, concebido por Nabil e Mardaljevic (2006), também trabalha com a análise de dados climáticos, mas se baseia na definição de intervalos de valores de iluminância (ao invés de níveis). Os autores partem da classificação de iluminâncias nas situações insuficiente, suficiente (podendo ou não haver complementação de iluminação artificial), desejável (ou, pelo menos, tolerável) e excessiva, conforme o quadro a seguir.

Quadro 2 – Classificação das faixas de iluminância.

Insuficiente	IULN		Excessiva
	Suficiente	Desejável	
< 100lx	Entre 100lx e 500lx	Entre 500lx e 2000lx	>2000lx

Fonte: Adaptado de Nabil e Mardaljevic (2006, p.907).

Dessa forma, os autores consideram que iluminâncias entre 100 e 2000lx oferecem potencial para utilização pelos usuários, de forma que, numa avaliação que represente as variações de iluminância ao longo do tempo num plano de trabalho, os valores nessa faixa são considerados iluminância útil.

Com relação à distribuição da luz, a NBR5413 (ABNT, 1992, p.1) recomenda que “a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a NBR 5382”. Além disso, a “iluminância no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho, mesmo que haja recomendação para valor menor” (ABNT, 1992, p.1). Cabús (1997) utiliza o cálculo do *coeficiente de variação de Pearson* (uma medida de dispersão relativa de dados obtida a partir do quociente do desvio padrão pela média) para avaliar a uniformidade da distribuição de iluminâncias em um ambiente.

A avaliação do desempenho luminoso, enquanto procedimento experimental e predominantemente quantitativo, é feita com o auxílio de ferramentas de medição ou de simulação da luz natural em planos determinados. Para a estimativa de cenários e análises paramétricas, a simulação computacional consiste de uma ferramenta que proporciona desempenho satisfatório, conforme exemplificado por Papst, Pereira e Lamberts (1998).

São exemplos de ferramentas computacionais de suporte à avaliação da luz natural os softwares *Radiance*, *TropLux*, *Daysim/Radiance*, *EnergyPlus*, *Lumen Micro*, *Apolux*, *Lightscape* e *Ecotect*.

Com relação aos parâmetros para avaliação das condições de iluminação natural, eles podem ser encontrados na norma brasileira NBR15215 Parte 4 (ABNT, 2005-a). Já quanto ao projeto de iluminação natural, a NBR 5413 – Iluminância de Interiores (ABNT, 1992) indica a iluminância mínima necessária, por tipo de atividade. Em se tratando de normas de outros países, os órgãos IESNA (*Illuminating Engineering Society of North America*), CIBSE (*Chartered Institution of Building Services Engineers*) e CIE (*Commission Internationale de l’Eclairage*), com sedes nos Estados Unidos, Inglaterra e Áustria, respectivamente, são referência internacional na área.

### 1.2.1.3 Influência dos protetores na iluminação natural

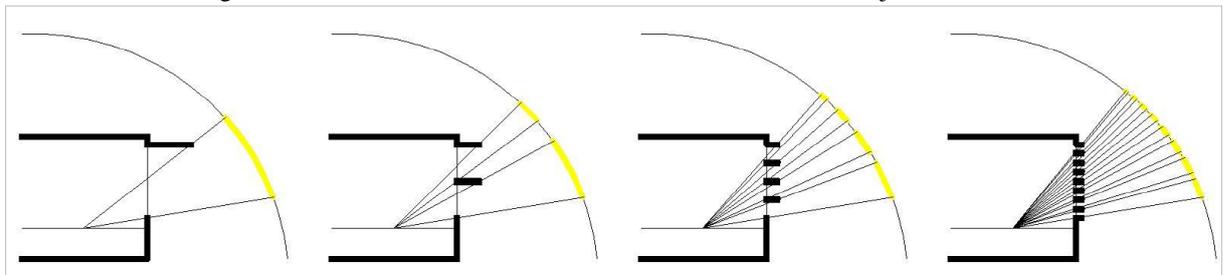
Diversos trabalhos abordam a influência de dispositivos de proteção solar na iluminação natural de ambientes. Grande parte utiliza a simulação computacional como ferramenta e trata do desempenho dos protetores solares com relação à quantidade e distribuição da luz no ambiente.

A utilização dos dispositivos de proteção solar pode contribuir para melhorar a uniformidade da iluminação, reduzindo o contraste entre a luminosidade nas regiões próximas à janela e no fundo da sala. Santos e Bastos (2008), em estudo de caso para o Rio de Janeiro; Araújo, Cavalcante e Cabús (2005), em análise do desempenho da prateleira de luz sob marquise, para Maceió-AL; e Didoné e Bittencourt (2008), em estudo de caso de hotel em Maceió-AL, exemplificam a referida situação.

A dissertação de mestrado de Júlia Fiuza (2008), que avaliou dispositivos de proteção solar horizontais, reforça a noção de que a utilização dos protetores reduz a iluminação disponível, analisando, em contrapartida, a possibilidade de se trabalhar o que a autora chama de “redirecionamento do fluxo luminoso”.

Fiuza (2008) demonstrou que o aumento da área visível do protetor pelo interior (aumento do número de lâminas, e, conseqüentemente, redução do espaçamento entre as aletas e profundidade das mesmas), modifica a localização das porções da abóbada celeste “vistas” do interior do ambiente, permitindo a visibilidade de regiões cada vez mais próximas do zênite (figura 13), o que pode indicar, mesmo para uma máscara de fixa, a participação de diferentes regiões de céu na composição da iluminância, e, portanto, diferentes quantidades de iluminação para a componente refletida da iluminação natural.

Figura 14 - Visão da abóbada celeste através de diferentes arranjos de brises.



Fonte: Fiuza (2008, p. 145).

Dessa forma, a refletância do protetor tem influência significativa na contribuição dessa parcela de luz. Pode ocorrer, inclusive, que as aletas passem a se configurar como fontes de brilho excessivo (FIUZA, 2008, p.146), o que pode ir de encontro à proposta inicial de utilização do *brise*.

Hien e Istiadji (2003, p. 481), ao abordarem a utilização de *brises* para redução do ofuscamento, também ressaltam que isso não ocorre sempre, visto que o ofuscamento é função de diversos fatores, tais como a luminância externa e interna e o ângulo de visão do observador. Ambos os trabalhos (o de Fiuza e o de Hien e Istiadji) tratam de localidades de clima tropical (o primeiro para diferentes latitudes e o segundo para a cidade de Cingapura), o que sinaliza a preocupação com os excessos de luz nessas localidades.

Outros trabalhos analisam tipos diferentes de elementos de proteção, buscando identificar tipologias com melhor ou pior desempenho em determinada localidade, tais como os artigos de Cabús (2004) e Hien e Istiadji (2003).

Há ainda os estudos que analisam a influência de propriedades específicas de dispositivos. Mais comumente, tratam-se os dispositivos compostos por aletas paralelas, os *brises*. Fuller Moore faz considerações acerca das propriedades dos elementos de janela. Ao tratar da fachada sul<sup>5</sup>, o autor elenca alguns parâmetros principais para o projeto de *brises* horizontais, que podem ser, portanto, parâmetros de análise do desempenho do dispositivo: ângulo de sombreamento, inclinação das aletas, refletância, difusividade da superfície (espelhada ou fosca, por exemplo) e forma da aleta.

Além disso, Moore afirma a importância dos dispositivos reguláveis, afirmando que a otimização no ajuste dos dispositivos (especialmente o automatizado) pode elevar a iluminância no plano de trabalho ao dobro, em relação à obtida com dispositivos fixos, dependendo da altitude solar (1985, p. 83).

Didoné e Bittencurt (2006), assim como Bittencourt, Melo e Ferreira (1999), analisando dados de Fator de Luz do Dia em salas de aula de Maceió-AL, evidenciam o uso do *brise* como fonte de luz secundária, verificando como o espaçamento, a profundidade e a refletância dos *brises* alteram os níveis obtidos. Também a respeito das propriedades dos *brises*, mas tendo como objeto escritórios na Índia, Mehrotra (2005) aponta que, para uma mesma máscara de sombreamento, espaçamentos menores proporcionam uma iluminação

---

<sup>5</sup> No hemisfério norte, esta fachada recebe a expressiva maior parte da insolação ao longo do ano.

mais uniforme. Apontam também que não é desejável que haja afastamento entre a fachada e os *brises*, o que poderia causar brilho excessivo nas proximidades da janela.

De forma bastante específica, Tzempelikos (2008), ao tratar do impacto da geometria e inclinação de persianas externas na visão para o exterior, na transmissão de luz direta e na iluminância interior, apresenta uma metodologia analítica, elaborando fórmulas matemáticas baseadas na geometria dos dispositivos.

### 1.2.2 Controle da radiação solar e ganhos térmicos

Os ganhos térmicos na edificação são representados por dois grupos de fatores (BROWN; DEKAY, 2004; FROTA; SHIFFER, 2003; VOSS et al, 2007):

a) **ganhos internos**: a parcela de ganhos devido aos equipamentos e pessoas (presença humana, sistema de iluminação artificial, motores e equipamentos, processos industriais);

b) **ganhos externos**: parcela de ganho de calor solar através da envoltória (superfícies opacas e superfícies transparentes/translúcidas) e por infiltração ou ventilação.

Em seguida, trata-se especificamente da contribuição dos ganhos solares através de superfícies transparentes e/ou translúcidas com a inserção de dispositivos de sombreamento.

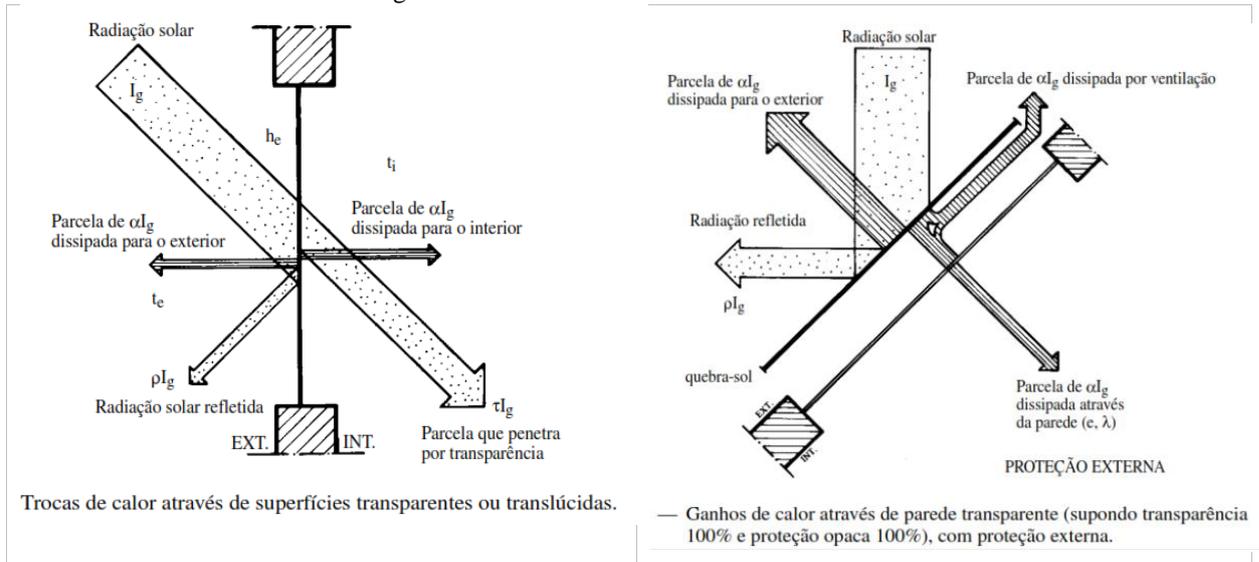
#### 1.2.2.1 Fundamentos e parâmetros técnicos

As **trocas térmicas**<sup>6</sup> através das superfícies transparentes ou translúcidas definem os ganhos térmicos provenientes da radiação solar através das janelas. A figura 15 ilustra o esquema de um corte de um vidro, mostrando as parcelas de radiação solar absorvida, transmitida e refletida. Observa-se que a proteção solar pode reduzir muito a parcela de radiação que atinge o interior, especialmente se ela for externa.

---

<sup>6</sup>As trocas térmicas ocorrem entre corpos com temperaturas diferentes ou quando há mudança no estado de agregação dos mesmos. A primeira situação caracteriza as trocas térmicas secas: convecção (entre um sólido e um fluido, pela movimentação do ar), radiação (entre dois corpos com qualquer distância entre si, por emissão e absorção de energia térmica) e condução (entre dois corpos que se tocam ou partes do mesmo corpo com temperaturas diferentes). A segunda situação caracteriza as trocas térmicas úmidas: evaporação (água no estado líquido para vapor) e condensação (vapor d'água para estado líquido). (FROTA; SHIFFER, 2003)

Figura 15 - Trocas térmicas através de aberturas



Fonte: Frota e Shiffer (2003, pp. 43 e 45).

As trocas térmicas através das aberturas são obtidas pelos coeficientes apresentados a seguir. O primeiro deles é o **fator solar** (FS), também conhecido como Fator de Ganho de Calor Solar (*Solar Heat gain coefficient – SHGC*) ou *G-value*. Representa a fração da energia solar incidente que é transmitida através de um componente da construção (KUHNS; BÜHLER; PLATZER, 2001). No caso dos elementos transparentes, ele é obtido a partir da soma da fração de energia solar que é diretamente transmitida e a fração que é absorvida e depois retransmitida para o interior (ABNT, 2005-b).

O **coeficiente de sombreamento** (CS) é o “quociente entre o fator solar do componente transparente ou translúcido estudado e o fator solar de um vidro plano incolor de 3 mm de espessura (ABNT, 2005-b)”.

$$FS = CS \times 0,87 \quad (1)$$

Onde:

FS = fator solar

CS = coeficiente de sombreamento

Os coeficientes acima indicam valores percentuais. Quanto aos valores absolutos de energia térmica que atravessa as janelas, é possível se obter **intensidade de fluxo térmico** ( $q$ ), que soma o ganho solar e a troca térmica por diferença de temperatura e pode ser expresso pela equação 2 (FROTA; SHIFFER, 2003):

$$q = FS \times I_g + K (\Delta t) \quad (2)$$

onde:

$q$  = intensidade do fluxo térmico ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

FS = fator solar

$I_g$  = a intensidade de radiação solar incidente global ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$K$  = coeficiente global de transmissão térmica ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ )

$\Delta t$  = diferença entre temperatura do ar externo e interno ( $\text{°C}$ )

Desta forma, para se obter as trocas de calor resultantes, calcula-se o fator solar, a partir do qual se obtém o coeficiente de sombreamento (lembrando-se de multiplicar o coeficiente de sombreamento do vidro pelo coeficiente de sombreamento do dispositivo de proteção solar, quando presente). Em seguida, calcula-se a intensidade de fluxo térmico que atravessa a janela (equação 2).

KUHN (2006) desenvolveu um método de avaliação do desempenho de fachadas com elementos de controle solar, relacionado especialmente ao desempenho de persianas (*venetian blinds*). O procedimento pode ser utilizado para comparar o desempenho do dispositivo em relação a outro dispositivo ou pode ser inserido em uma simulação computacional. É composto por dois grandes passos:

- cálculo do total de energia solar transmitida (*g-value*) em função da altura solar, do azimute solar e do ângulo de inclinação dos dispositivos de proteção solar;
- cálculo dos valores médios de energia solar transmitidas, mensais e horários, considerando as formas de controle (modos de operação) dos dispositivos de sombreamento ( $g_{\text{eff-h}}$  ou  $g_{\text{eff-h}}$ ).

Os procedimentos propostos são o desenvolvimento de um trabalho anterior (KUHN, BÜHLER, PLATZER, 2001), que validou o procedimento de determinação dessa variável  $g$ , cuja definição corresponde à de fator solar que encontramos na bibliografia e normalização nacional.

### 1.2.2.2 Avaliação dos ganhos térmicos solares

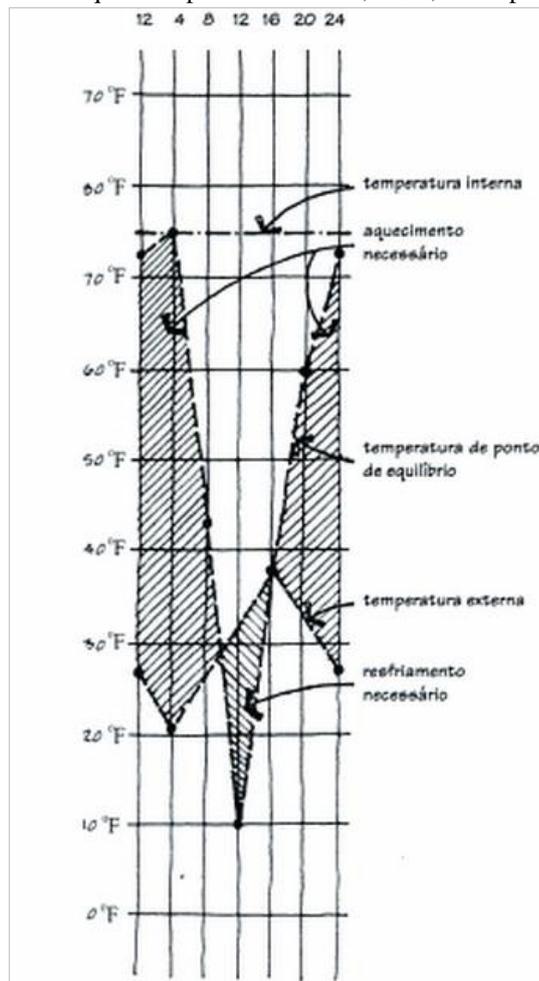
Os ganhos térmicos solares fazem parte dos fatores que determinam o desempenho térmico da edificação. Esse comportamento é avaliado a partir do levantamento das **perdas e ganhos térmicos totais**, que consiste da soma de todos os ganhos e perdas de calor pelas fontes anteriormente citadas (fatores internos e externos). Segundo Brown e Dekay (2004), esse procedimento consiste de 5 etapas:

Para determinar a taxa total de ganho térmico de uma edificação, use um método estimativo prático de quatro passos

- 1) Identifique as fontes de ganho térmico na sua edificação. [...]
- 2) Encontre a taxa de ganhos térmicos produzidos pelas pessoas e equipamentos [...]
- 3) Encontre a taxa de ganhos térmicos produzidos pela Iluminação Elétrica [...]
- 4) Encontre a taxa de ganhos térmicos produzidos pelo fechamento [...]
- 5) Encontre a taxa de ganhos térmicos produzidos pelas infiltrações OU pela ventilação [...]
- 6) Acrescente a taxa de ganhos térmicos produzidos pelos elementos que contribuem de forma relevante ao seu sistema passivo de resfriamento, [...] (p.85)

Esse balanço permite determinar a temperatura de **ponto de equilíbrio** de uma edificação, que é definido como a temperatura externa na qual o calor gerado dentro do prédio equivale à perda térmica deste para que se mantenha uma temperatura interna adequada (BROWN; DEKAY, 2004, p.90). É possível ainda utilizar um método gráfico para estimar quando será necessário aquecer e quando será necessário resfriar (exemplo na figura 15).

Figura 16 - Perfil de ponto de equilíbrio para Saint Louis, EUA, correspondente ao mês de janeiro.



Fonte: Brown e Dekay (2004, p.93).

A avaliação do desempenho térmico da edificação, assim como a avaliação da iluminação natural pode ser realizada por meio de ferramentas computacionais. Os softwares *EnergyPlus* e *DesignBuilder* são exemplos de ferramentas que simulam o desempenho termoenergético. Eles são alimentados com arquivos climáticos<sup>7</sup> da localidade específica. O software *Parasol* trabalha especificamente com dispositivos de proteção solar, sendo mais simplificado que os dois anteriores, porém os arquivos climáticos disponibilizados não contemplam os países da América Latina (exceto pela cidade de Rio de Janeiro-RJ).

Com relação à normalização que trata do desempenho térmico de edificações, a NBR15220 Parte 1 (ABNT, 2005-b) e NBR15220 Parte 2 (ABNT, 2005-c) contêm definições e métodos de cálculo dos parâmetros de desempenho térmico de componentes construtivos. Com relação ao projeto, a NBR15220 Parte 3 (ABNT, 2005-d) define um zoneamento bioclimático brasileiro. Como referência internacional na área, destaca-se a ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), que possui diversas publicações em caráter de recomendações e de normalização dos aspectos relacionados ao desempenho termo-energético de edificações.

### 1.2.2.3 Influência dos protetores (tipo brises com aletas) nos ganhos térmicos

A influência dos *brises* nos ganhos térmicos pode ser avaliada a partir de **pesquisas experimentais**, que consideram a temperatura do ar como parâmetro de análise.

Gutierrez e Labaki (2005) realizaram um estudo que comparou o desempenho térmico de três tipologias de *brise* fixo (horizontal, vertical e misto), em protótipos na cidade de Campinas-SP. As autoras identificaram uma “redução pontual de até 4,14°C na temperatura interna, sendo o melhor desempenho térmico o da tipologia combinada (p. 1)”. Observou-se que, quanto à temperatura interna, a orientação da fachada é mais significativa para os resultados que a tipologia do *brise*. Quando se analisou a temperatura superficial, a tipologia passou a ser significativa também.

Miana (2005), que também realizou ensaios em células-teste na cidade de Campinas – SP, analisou o desempenho térmico de *brises* transparentes. Os melhores resultados ocorreram com a utilização do *brise* de vidro *float* azul, *brise* metálico e *brise* refletivo metalizado a vácuo, na cor prata, com a ressalva de que este último reduziu muito a

---

<sup>7</sup> Em geral, arquivos TRY (Test Year Reference), que possuem dados horários de um Ano Climático de Referência, cuja forma de obtenção é conforme a descrita por Pereira et al (2005).

iluminação natural. A autora destacou a importância da manutenção dos *brises* para garantir tal desempenho.

Há os trabalhos que avaliam a influência de *brises* na temperatura interna por meio de **simulação computacional**, tais como o de Mehrotra (2005), segundo o qual a eficiência do protetor solar para reduzir a temperatura depende da máscara de sombra.

Há ainda os trabalhos que tratam diretamente de eficiência energética, considerando o **consumo energético** do ar-condicionado. Nestes, os resultados podem variar bastante em função dos demais aspectos envolvidos no desempenho térmico da edificação. Didoné e Bittencourt (2008), em estudo de caso de hotel em Maceió-AL, identificaram baixa redução provocada pelos *brises* no consumo do ar-condicionado (2 a 6%).

Já em todos os casos analisados por Martins (2007), para escritórios de Maceió-AL, “houve redução nos índices de consumo energético com os sistemas de ar condicionado” (p.139). Obteve-se, em alguns casos, “economia energética anual de 18,7% no comparativo com as edificações com fachada em alvenaria e janela exposta e, 39,2% no comparativo com edificação com fechamento de fachada em pele de vidro” (p. VIII). Os resultados mais significativos foram obtidos para as fachadas orientadas a oeste, noroeste e sudoeste (p.129).

### 1.2.3 Desempenho integrado de dispositivos de proteção solar

Com relação à análise do desempenho integrado de dispositivos de proteção solar, observa-se que ainda não existem muitos trabalhos que de fato façam análise integrada, porém já se observam diversos avanços no sentido de avaliar a influência do dispositivo de proteção solar no desempenho global da edificação.

Alguns trabalhos analisam o desempenho quanto a variáveis diversas, mas considerando cada uma delas isoladamente. São exemplos disso os artigos de Alzoubi e Al-Zoubi (2010) e de Mehrotra (2005), ambos tratando de escritórios. Os primeiros avaliaram o desempenho da fachada com relação à iluminação e o consumo energético associado, considerando a utilização de *brises* horizontais. Já o segundo avaliou a influência de *brises* na iluminância e temperatura do ar interno.

### 1.2.3.1 Análise do desempenho simultâneo da iluminação e ganhos térmicos: otimização

Os dois trabalhos a seguir buscam situações de equilíbrio entre o desempenho luminoso e o desempenho térmico. Os autores demonstram que o controle de dispositivos de proteção solar e sistemas de iluminação artificial, de forma integrada, podem diminuir significativamente a demanda por energia elétrica para condicionamento térmico e iluminação artificial. Ambos avaliaram o consumo energético total de ambientes de escritório. Para determinação das situações ótimas, o primeiro fixou a possibilidade ou não de controle automático. Já o segundo fixou os diferentes percentuais de sombreamento da abertura (*shading transmittance*).

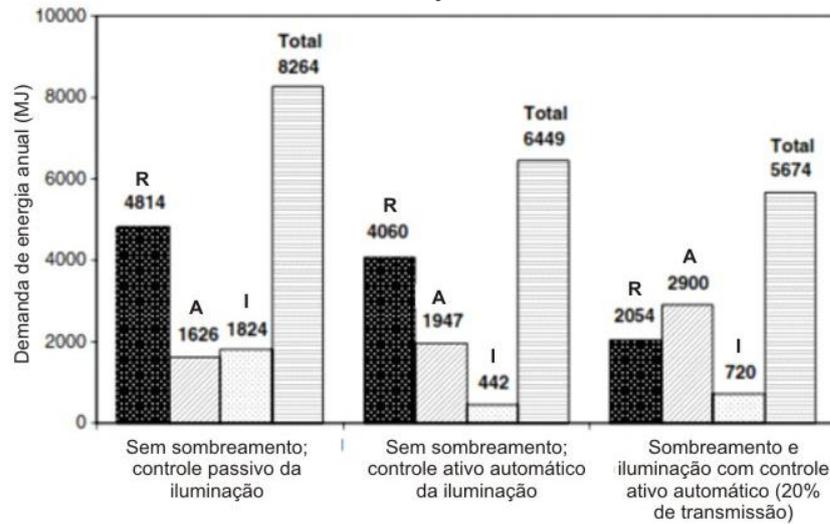
Lee, Dibartolomeo e Selkowitz (1998), analisando protótipos na cidade de Oakland, nos Estados Unidos, compararam os resultados obtidos pelos dispositivos de sombreamento fixos e os dispositivos com controle automatizado. Os autores afirmam que o balanço ótimo entre o controle da carga térmica a ser removida e a admissão de luz natural foi alcançado de forma consistente através do sistema dinâmico, considerando-se diversas condições de insolação ao longo do ano. Os sistemas estáticos não alcançaram esse balanço.

Tzempelikos e Athienis (2007) realizaram um estudo para ambientes de escritório no Canadá, por meio de simulação computacional de forma integrada (desempenho térmico e luminoso). A partir da análise da iluminação natural, estabeleceu-se um percentual de janela na fachada igual a 30%, que foi considerado nas demais análises. Foram obtidas configurações que resultariam em maiores percentuais de redução da demanda total de energia, considerando a utilização da luz natural e redução do consumo dos sistemas de resfriamento e iluminação na fachada sul:

Comparado ao caso base sem sombreamento, o controle do sombreamento (correspondendo à transmissão de 20% através da fachada) ocasiona uma redução de 50% na demanda anual de consumo de energia para resfriamento. Embora a demanda por iluminação artificial também aumente, em função do sombreamento, um balanço ótimo entre ganhos solares e ganhos internos é alcançado e a demanda anual total de consumo de energia também é reduzida em 12% (p.381).

O gráfico 1, extraído do artigo em questão, sintetiza as conclusões tratadas. Os autores ressaltam que os indicadores de desempenho são bastante sensíveis à orientação e tipo de clima.

Gráfico 1 - Demanda de energia necessária para aquecimento (A), resfriamento (R), iluminação (I) e consumo total em três situações de análise.



Fonte: Adaptado de Tzempelikos e Athienis (2007, p. 12).

No Brasil, diversos trabalhos envolvem comparações entre diferentes aspectos do desempenho de sistemas de abertura. A dissertação de Macêdo (2002) demonstra que o adequado dimensionamento de sistemas de iluminação que utilizam a luz direta do Sol pode permitir o atendimento a requisitos de desempenho térmico e luminoso, simultaneamente. Além disso, vem sendo realizados trabalhos com ênfase na análise do consumo energético total, com base em simulações integradas da iluminação natural e do desempenho térmico. São exemplos os trabalhos de Albuquerque (2010) e Didoné e Pereira (2010), que identificaram o potencial de aproveitamento da iluminação natural para a redução no consumo de energia elétrica em escritórios.

### 1.2.3.2 Sobre o desempenho global de protetores solares

Voss et al (2007, p.134) e Bittencourt (1993, p.258) analisam o desempenho de protetores solares considerando fatores de naturezas distintas. O primeiro propõe critérios de seleção de um dispositivo de controle solar, avaliando qualidades de tecnologias no envidraçamento, dispositivos fixos e dispositivos automatizados, com relação a controle solar, iluminação, economia e posição em relação à janela.

O segundo destaca o uso de elementos vazados como forma de combinar ventilação e sombreamento em localidades do Nordeste brasileiro, atribuindo uma classificação de desempenho (de 1 a 4) a um grupo de elementos vazados, com relação à ventilação, sombreamento, iluminação, proteção contra chuva, vista do exterior, ruídos, privacidade e

segurança. As sínteses realizadas por esses autores, em forma de tabela, encontram-se nos anexos A e B.

Os protetores solares podem ainda ser avaliados enquanto elementos de expressão arquitetônica. Olgyay & Olgyay (1957) destacam que o *brise* pode expressar um forte caráter espacial e caracterizar uma consciência regional. Maragno (2001), ao tratar da eficiência de *brises* na arquitetura de Campo Grande – MS, afirma:

O estudo permite apontar o *brise-soleil* como um dispositivo de alta performance para oferecer conforto térmico e luminoso ao mesmo tempo racionalizando o consumo de energia. Por outro lado, os *brises* ao se constituírem em um elemento dos envoltórios assumem papel significativo na determinação da forma final das edificações, o que não tem sido ainda suficientemente estudado (p.8).

Grala da Cunha (2011), falando da eficiência do *brise* do ponto de vista estético, afirma: “Verificou-se que o sistema de proteção solar, entre outros elementos de arquitetura, assume um destaque na composição da edificação quando da valorização da técnica, seja em decorrência da relação entre o programa e/ou lugar e a tecnologia”.

Tais observações evidenciam as diversas possibilidades de direcionamento da estratégia de sombreamento das aberturas.

### 1.3 Síntese da seção

A partir da bibliografia apresentada, observou-se que o sombreamento das aberturas é uma ação que decorre da necessidade de controle dos ganhos térmicos solares e proteção contra a radiação solar direta. A definição dos períodos em que há necessidade desse sombreamento pode surgir da utilização de métodos gráficos para visualização da trajetória aparente do Sol e sobreposição com outros dados tais como os de temperatura do ar e de intensidade de radiação solar. Essa definição direcionará o dimensionamento e a escolha do tipo de protetor solar a ser utilizado.

Com relação à iluminação natural, tem-se que os protetores solares, à medida que obstruem parcial ou completamente a visão da abóbada celeste, diminuem a iluminância no interior dos ambientes. No caso das aberturas laterais, a utilização de *brises* pode aumentar a uniformidade da distribuição longitudinal da luz, o que favorece a diminuição da ocorrência de ofuscamento, especialmente em localidades com grande disponibilidade de luz natural.

Com relação ao desempenho térmico, o *brise* contribui para redução na temperatura interna do ar, e, portanto, da carga térmica a ser removida pelos sistemas artificiais de condicionamento.

Por fim, foram apresentadas algumas abordagens de análise de desempenho que consideram mais de uma variável, a partir das quais é possível identificar situações com desempenho otimizado. Observou-se que o uso integrado de dispositivos de proteção solar e controle do sistema de iluminação artificial reduz a demanda por resfriamento e iluminação artificial.

As constatações apresentadas permitiram ainda identificar parâmetros de análise dos dispositivos de proteção solar, tais como: propriedades do material constituinte (refletância, transmitância), geometria (forma, inclinação, espaçamento), localização (interno, externo ou entre vidros), mecanismo de acionamento (nenhum, manual, automático) e orientação da abertura.

Observou-se que há uma tendência atual de serem realizados trabalhos que se remetam a avaliações integradas, que considerem condições diversas de conforto ambiental e projeto arquitetônico. Nesse sentido, são pertinentes as abordagens feitas no sentido de relacionar desempenho térmico e luminoso do dispositivo de proteção solar, especialmente em se tratando da possível identificação de situações de equilíbrio. A avaliação de desempenho com relação a fatores ambientais distintos é o objeto dessa dissertação, cuja metodologia será descrita na seção seguinte.

## **2 METODOLOGIA**

A metodologia adotada nesta dissertação consiste de uma **análise comparativa** de diferentes configurações de proteção solar, por meio de **simulação computacional**. O recorte de análise consiste de **brises horizontais externos em aberturas de edificações de escritório**, os quais serão contemplados em modelos com dimensões características das tipologias existentes em **Maceió-AL**.

## 2.1 Etapas

As etapas metodológicas desta dissertação são:

- Formação do referencial teórico (apresentada na seção 1);
- Caracterização do objeto de estudo;
- Definição dos parâmetros de análise e dos modelos;
- Simulações computacionais da iluminação natural;
  - Obtenção dos dados de iluminância média anual no plano de trabalho, Iluminância Útil e Coeficiente de Variação das iluminâncias;
- Análise do desempenho luminoso;
- Simulações computacionais do desempenho termoenergético;
  - Obtenção dos dados de ganhos térmicos solares mensais e anuais, cálculo do Fator Solar das aberturas e cálculo do percentual de redução da carga térmica para resfriamento;
- Análise do desempenho térmico;
- Tratamento dos dados;
- Comparação e identificação de situações de equilíbrio;
- Discussão e síntese dos resultados.

## 2.2 Objeto de estudo

### 2.2.1 Maceió: caracterização climática

Maceió está localizada no estado de Alagoas, na latitude oficial  $9.66^\circ$  sul e longitude  $35.73^\circ$  oeste (figura 17). Segundo dados de 2010, possui uma área de  $503\text{km}^2$ , população de 932.748 habitantes e está inserida no bioma Mata Atlântica. (IBGE, 2012).

Figura 17 - Localização de Maceió-AL.

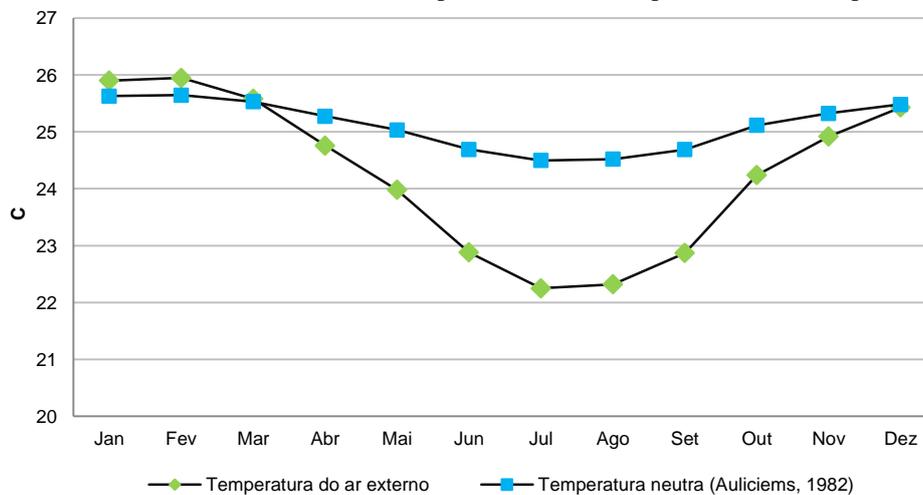


Fonte: IBGE, 2012.

Segundo dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), sistematizados por Passos (2009), Maceió possui clima quente e úmido, caracterizando-se por pequenas variações de temperatura (diárias, sazonais e anuais), radiação solar intensa e alta umidade.

A média mensal de umidade relativa está entre 73% e 83%, e, quanto ao movimento do ar, a média mensal da velocidade do vento está sempre acima dos 2m/s, chegando a 4m/s, com direção sudeste predominante (PASSOS, 2009, p.116). O gráfico 2 ilustra as médias mensais de temperatura do ar externo, que variam de 22° a 26°, e a curva das temperaturas neutras correspondentes.

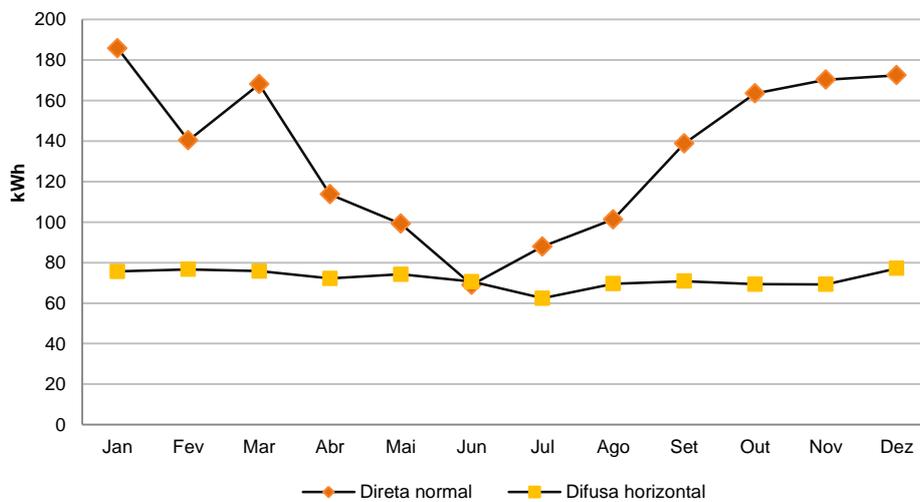
Gráfico 2 – Médias mensais da temperatura do ar e temperatura neutra respectiva.



Fonte: Adaptado do arquivo TRY de Maceió a partir do software *DesignBuilder* 3.00.064.

Em ambientes internos, esses valores de temperatura do ar são mais altos, devido aos ganhos térmicos relativos à envoltória da edificação, às pessoas e atividades realizadas e à presença de fontes de calor tais como equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos. Desta forma, especialmente nos meses de verão, a necessidade de resfriamento para garantir condições de conforto é predominante. Com relação à radiação solar, o gráfico a seguir contém o registro da intensidade da radiação solar direta e difusa.

Gráfico 3 - Radiação solar direta e difusa.



Fonte: Arquivo TRY de Maceió a partir do software *DesignBuilder*. 3.00.064.

Observa-se que, especialmente nos meses de verão, a radiação solar direta se destaca pelos altos índices. Segundo Cabús (2002, p.3-4), a probabilidade mensal de haver insolação em Maceió varia entre 49,9% (em julho) e 73,7% (em novembro). Quanto às condições de céu, segundo o autor as condições mais comuns são céu parcialmente nublado, céu nublado e céu claro, sendo que o primeiro tem maior probabilidade de ocorrência (61,8%), enquanto os outros possuem 25,8% e 12,4% de probabilidade de ocorrência, respectivamente (CABÚS, 2002, p. 3-10).

### 2.2.2 Edifícios de escritório

O presente trabalho aborda o contexto das edificações de escritório com mais de 5 pavimentos na cidade de Maceió-AL. Para a definição da geometria do modelo, foi consultado um **levantamento dos edifícios existentes**.

Esse levantamento se constitui dos dados apresentados em pesquisas relacionadas à eficiência energética e conforto em escritórios, considerando o relatório nacional (LAMBERTS; GHISI; RAMOS, 2006) e o relatório da zona bioclimática 8 (CABÚS; ARAÚJO; MONTENEGRO, 2006) e os dados presentes em dissertações com objeto de estudo similar (CANDIDO, 2006; MARTINS, 2007; ALBUQUERQUE, 2010).

Como complemento a esse levantamento, foi realizada uma consulta ao arquivo da Superintendência Municipal de Controle do Convívio Urbano (SMCCU) da cidade de Maceió-AL, órgão responsável pela concessão de alvarás para construção de edificações com projeto arquitetônico registrado, para identificar os edifícios com essa tipologia, que foram ou estão sendo construídos desde o levantamento. Foram identificadas mais 6 edificações, o que auxiliou a compreensão do cenário analisado.

O apêndice A contém a descrição dessas edificações. A partir dos dados reunidos, observaram-se modificações no padrão das aberturas ao longo dos anos. Os edifícios construídos na última década (como o exemplar da figura 18b) apresentam maiores percentuais de superfícies envidraçadas e desprotegidas da radiação solar em relação aos edifícios construídos em períodos anteriores (exemplar da figura 18a).

Figura 18 - Edifício Barão de Penedo, de 1987 (a); e Perspectiva digital do Edifício *The Square Park Office*, de 201- (b).



Fonte: Relatórios CT-Energ (LAMBERTS; GHISI; RAMOS, 2006; CABÚS; ARAÚJO; MONTENEGRO, 2006) e V2 Construções (2011).

O quadro 3 apresenta as características construtivas dos edifícios em questão, as quais foram parcialmente utilizadas nas simulações. Observa-se uma uniformidade nos tipos de componentes construtivos.

Quadro 3 - Características construtivas dos edifícios de escritório de Maceió-AL.

<b>Paredes</b>
100% parede de bloco cerâmico de seis furos, com 15cm de espessura
<b>Cobertura</b>
91% laje impermeabilizada; 9% laje protegida por telhado
<b>Sistemas de abertura</b>
64% maxim-ar; 36% corredeira
<b>Vidros</b>
82% comum transparente; 18% reflexivo
<b>Percentual de área de janela na fachada</b>
Maior parte dos edifícios (70%) possuem PJF superior a 10%

Fonte: Relatórios CT-Energ (LAMBERTS; GHISI; RAMOS, 2006; CABÚS; ARAÚJO; MONTENEGRO, 2006).

Quanto ao condicionamento artificial, os relatórios apresentam dados de 6 dos 11 edifícios contemplados no levantamento. Nestes, é utilizado sistema de ar condicionado em, pelo menos, 80% das salas. Quanto aos padrões de uso e ocupação, o relatório não apresenta dados para a cidade de Maceió.

### 2.2.3 Os brises

O dimensionamento dos *brises* foi feito a partir da construção de máscaras de sombra, bloqueando-se a radiação solar nos períodos nos quais ela deve ser evitada segundo a metodologia descrita por Pereira e Souza (2008). A figura 19 mostra a carta solar da cidade de Maceió tratada, com dados de temperatura do ar registrados sobre a mesma. Os períodos de sombreamento corresponderão aos indicados para edificações comerciais com área de abertura superior a 25% da área de piso, segundo a referida metodologia. Assim sendo, deverá haver sombreamento quando:

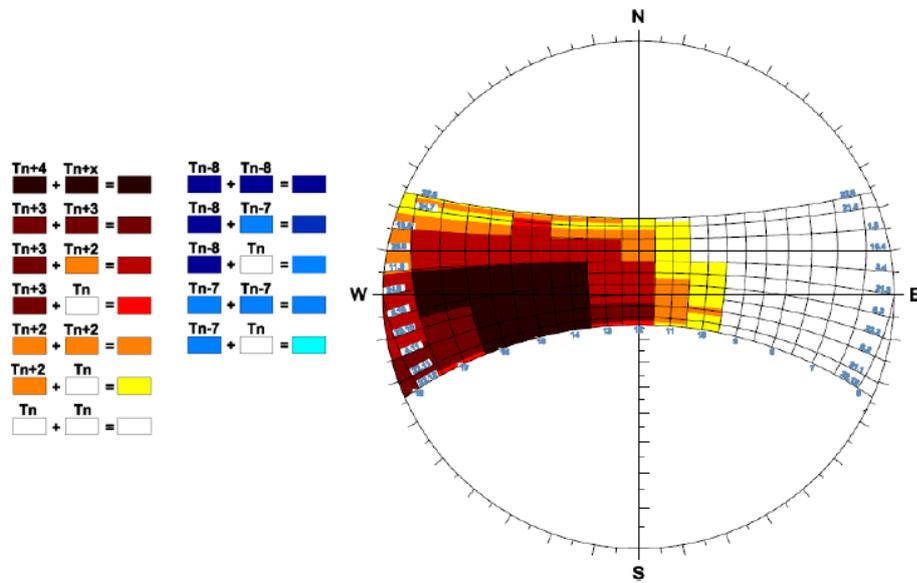
$$T_{ar} > T_n + 2^{\circ}\text{C} \text{ ou } I_g > 600\text{W}/\text{m}^2 \quad [\text{Eq.3}]$$

Onde:  $T_{ar}$  = Temperatura do ar média mensal horária ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_n$  = Temperatura neutra ( $^{\circ}\text{C}$ )

$I_g$  = Radiação solar global incidente sobre a fachada ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

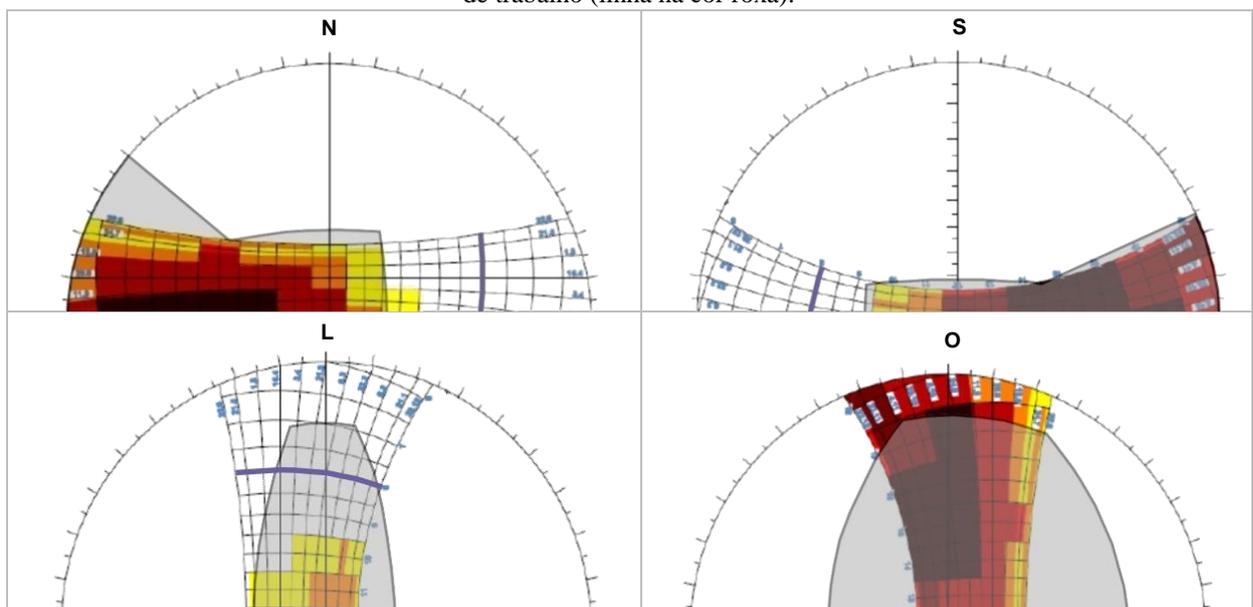
Figura 19 - Carta solar tratada.



Fonte: LABCON (2011).

A figura 20 e a tabela 1 contem o registro das máscaras de sombra e os respectivos ângulos de sombreamento da abertura para as orientações analisadas (Norte, Sul, Leste e Oeste). Na fachada Oeste, foi feito um ajuste do período de sombreamento, a qual, segundo a metodologia descrita, consistiria de um mascaramento que recobriria aproximadamente toda a fachada. Para evitar essa condição, foi definido o sombreamento até às 17h.

Figura 20 - Máscara de sombra dos protetores solares modelados, com indicação do horário de início da jornada de trabalho (linha na cor roxa).



Fonte: Adaptado de LABCON, 2011.

Tabela 1 - Ângulos de sombreamento correspondentes às máscaras de sombra

Fachada	Ângulos de sombreamento (medida interna)				
	$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$
N*	40°	-	40°	25°	-
S	20°	25°	-	-	40°
L	75°	-	-	30°	30°
O	80°	-	-	70°	50°

\*Outra opção seria  $\alpha=50^\circ$ ,  $\beta_e=30^\circ$  e  $\gamma_d=25^\circ$ . Contudo, esta opção bloquearia mais a visão de céu sem sol do que a opção utilizada (aprox. 13% a mais).

O sombreamento foi representado por **dispositivos de proteção horizontais externos compostos por aletas paralelas**. Nos casos em que há a necessidade de proteção vertical, esta foi mantida unitária e com características fixas para todas as simulações. Da mesma forma, o prolongamento representativo do ângulo lateral de sombreamento foi mantido fixo (apêndice B), e a espessura das aletas foi desprezada (cada aleta se constitui de um plano único), ações realizadas para viabilizar as simulações<sup>8</sup> e permitir a visualização do efeito isolado das propriedades que foram determinadas para os *brises* horizontais.

### 2.3 Análise paramétrica

De acordo com os objetivos estabelecidos, foram realizadas análises paramétricas, considerando o efeito de três diferentes propriedades dos *brises* (o espaçamento entre as aletas, a inclinação das aletas em relação à horizontal e a refletância das mesmas), para quatro orientações de abertura (Norte, Sul, Leste e Oeste).

A tabela 2 apresenta as variações de parâmetros realizadas, o que resultou num total de 100 simulações para cada avaliação (luminosa e térmica). O código das diferentes configurações é formado pela primeira letra de cada parâmetro seguida do algarismo correspondente à medida na grandeza correspondente (para o espaçamento, medida em metros, para a inclinação medida em graus; a refletância é adimensional).

As tendências nas modificações foram registradas por fachada, conforme será apresentado na seção 3.

<sup>8</sup> No software *DesignBuilder*, a modificação da refletância das aletas é possível apenas para os elementos inseridos pela opção *window shading*, referente a dispositivos de proteção solar na região que corresponde à projeção vertical da janela.

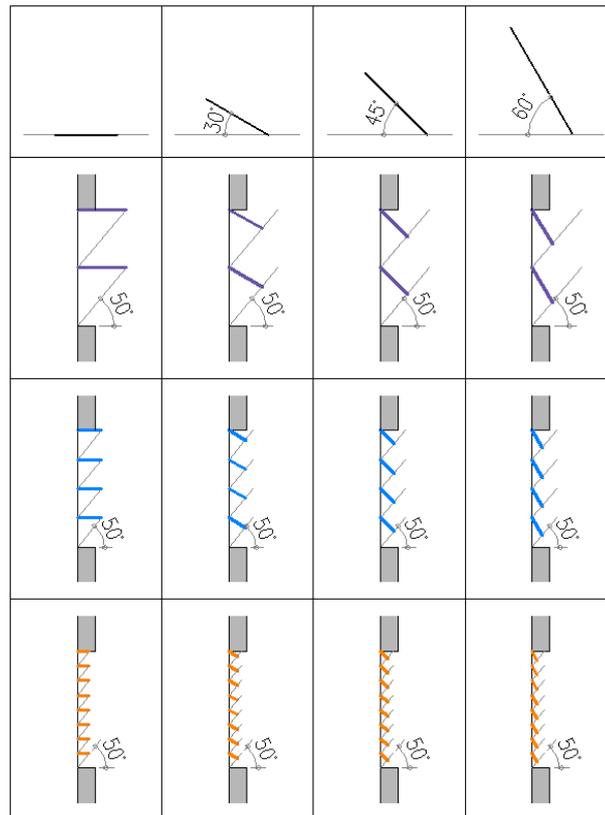
Tabela 2 - Combinações de parâmetros analisadas

Fachada	Espaçamento (m)	Inclinação (°)	Refl.	Sequência	Código	
NORTE, SUL, LESTE e OESTE <sup>9</sup>	Sem brises			1	-	
	0,5	0	0.5	2	E0,5I0R0,5	
			0.8	3	E0,5I0R0,8	
		30	0.5	4	E0,5I30R0,5	
			0.8	5	E0,5I30R0,8	
		45	0.5	6	E0,5I45R0,5	
			0.8	7	E0,5I45R0,8	
		60	0.5	8	E0,5I60R0,5	
			0.8	9	E0,5I60R0,8	
		0,25	0	0.5	10	E0,25I0R0,5
				0.8	11	E0,25I0R0,8
			30	0.5	12	E0,25I30R0,5
				0.8	13	E0,25I30R0,8
	45		0.5	14	E0,25I45R0,5	
			0.8	15	E0,25I45R0,8	
	60		0.5	16	E0,25I60R0,5	
			0.8	17	E0,25I60R0,8	
	0,125		0	0.5	18	E0,125I0R0,5
				0.8	19	E0,125I0R0,8
			30	0.5	20	E0,125I30R0,5
				0.8	21	E0,125I30R0,8
		45	0.5	22	E0,125I45R0,5	
			0.8	23	E0,125I45R0,8	
		60	0.5	24	E0,125I60R0,5	
			0.8	25	E0,125I60R0,8	

Mantendo-se os ângulos de sombreamento, correspondentes a cada fachada, a variação nesses parâmetros foi feita conforme os desenhos apresentados nas figuras a seguir, que ilustram os *brises* modelados. Note-se que a variação no espaçamento significa a variação na quantidade de aletas e profundidade das mesmas, dado o ângulo de sombreamento fixo.

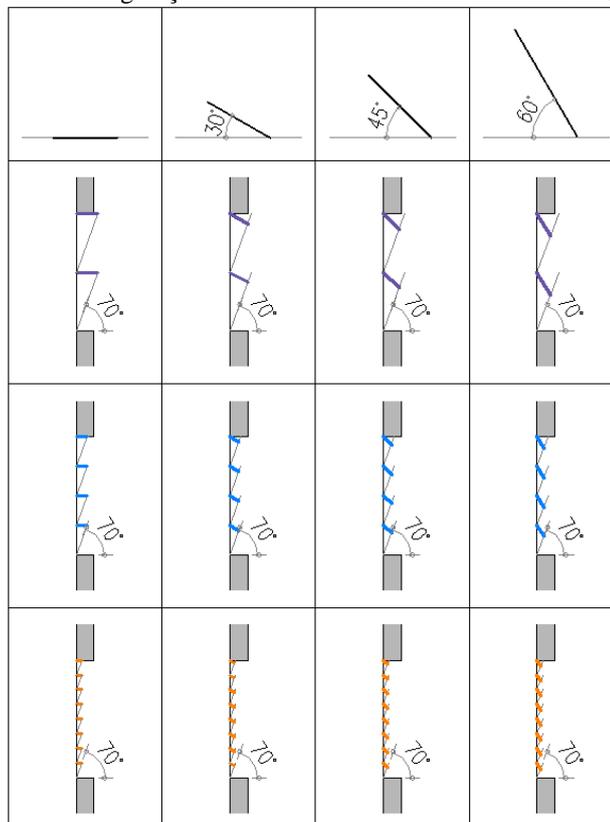
<sup>9</sup> A simulação termoenergética da fachada leste não contemplou as situações 2 e 3, e da fachada oeste não contemplou as situações 2,3,10 e 11, dada a limitação de 1m como tamanho máximo de aleta a ser inserida no modelo do software *DesignBuilder*.

Figura 21 – Configurações de *brises* modeladas – fachada Norte (secção).



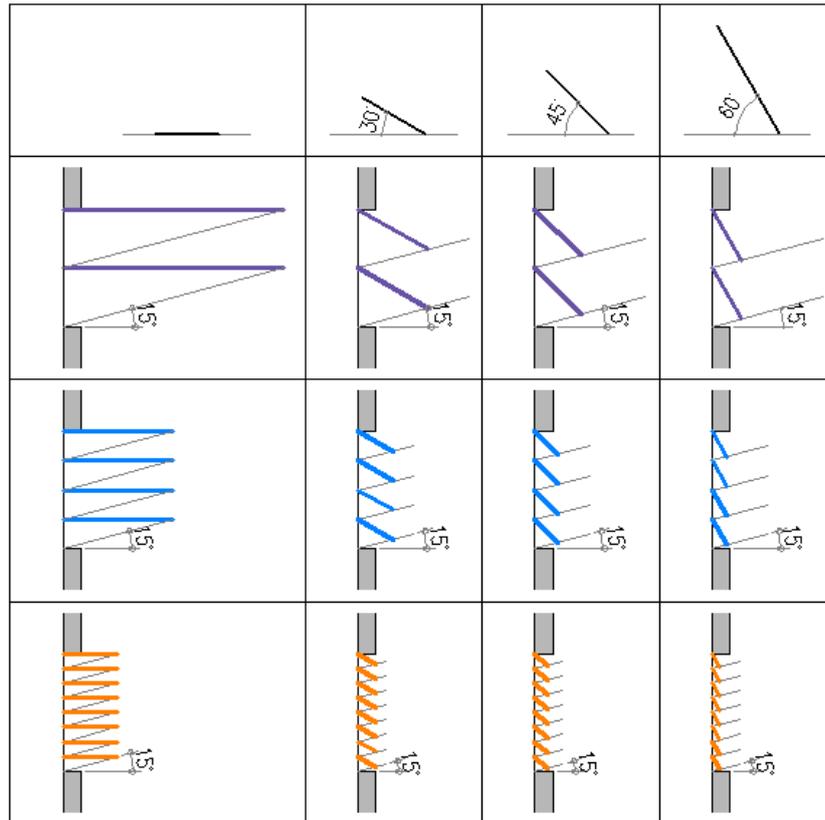
Fonte: A autora.

Figura 22 – Configurações de *brises* modeladas – Fachada Sul (secção).



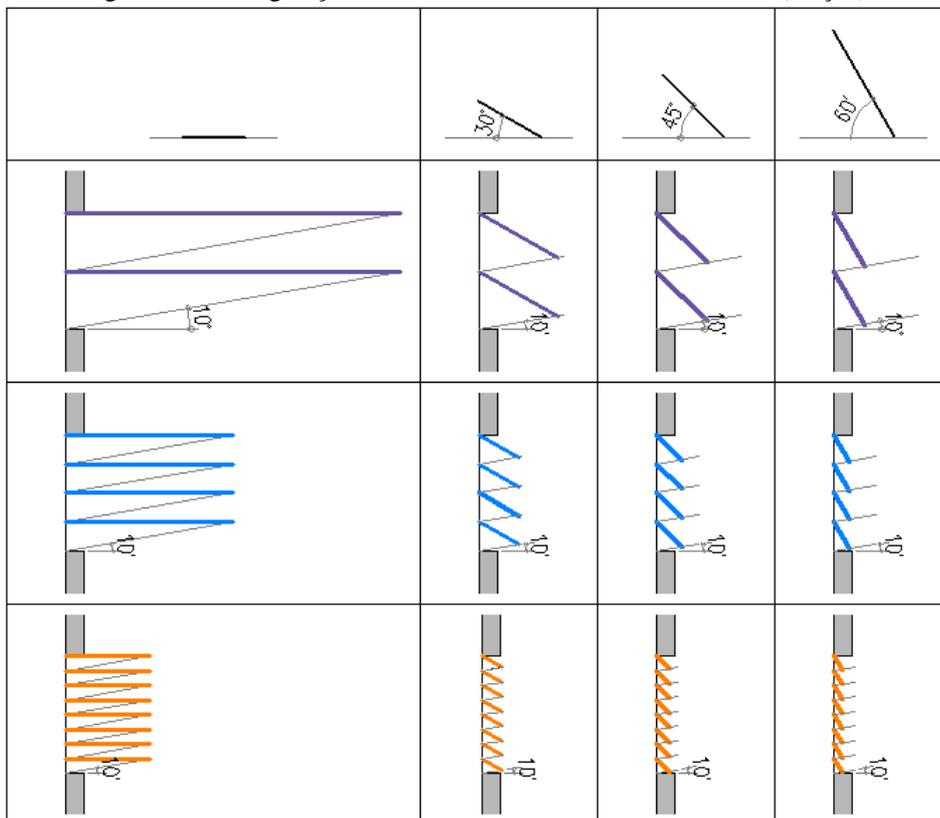
Fonte: A autora.

Figura 23 - Configurações de *brises* modeladas – Fachada Leste (secção).



Fonte: A autora.

Figura 24 - Configurações de *brises* modeladas – Fachada Oeste (secção).



Fonte: A autora.

Observa-se que algumas situações, tais como as correspondentes ao espaçamento entre as aletas igual a 0,5m e inclinação 0°, apresentam, nas fachadas Leste e Oeste, dimensões impraticáveis. Contudo, para efeito da verificação das tendências de influência dos parâmetros estudados, essas situações foram analisadas.

## 2.4 As ferramentas

A obtenção dos dados para a análise proposta foi feita por meio de simulação computacional. A seguir, os softwares e os respectivos dados de saída utilizados são brevemente descritos.

### 2.4.1 TropLux 5

Quanto aos dados referentes às condições de iluminação natural, foi utilizado o software TropLux 5.00.10 (CABÚS, 2011). O TropLux (figura 25) permite avaliar o **desempenho da iluminação natural** em ambientes e trabalha com as seguintes bases: **a abordagem Monte Carlo, o método do raio traçado e o conceito de coeficientes de luz natural** (CABÚS, 2005).

Os dados de saída utilizados foram: valores de iluminância absolutos, valores percentuais de ocorrência de iluminância útil, coeficientes de variação e isocurvas de iluminância.

Figura 25 – Tela do software TropLux (menu dos dados de entrada).



Fonte: TropLux (2011).

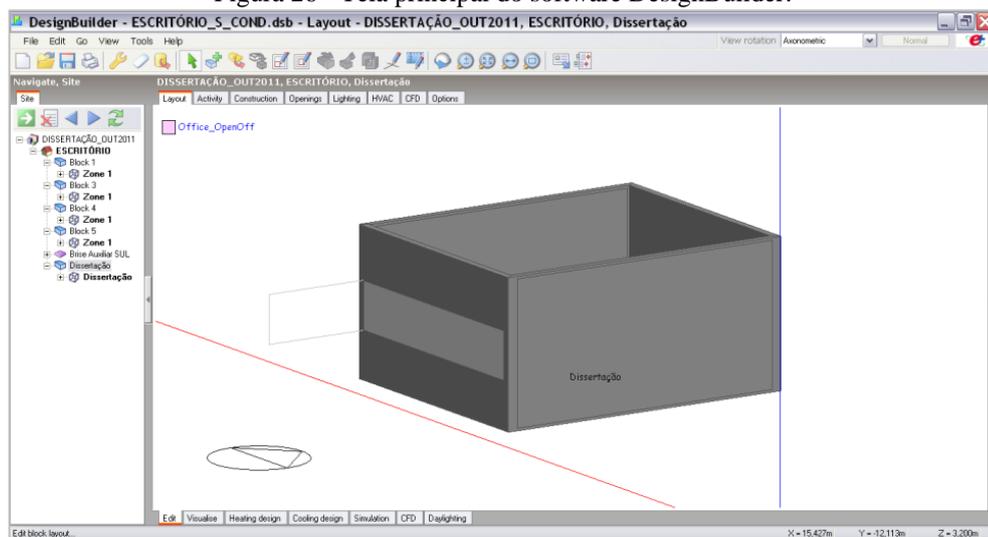
## 2.4.2 DesignBuilder 3

Para a avaliação do desempenho térmico, foi utilizado o software DesignBuilder 3.0.0.064 (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTDA, 2011-a). O software (figura 26) permite simular o **desempenho termoenergético** de edificações.

O DesignBuilder trabalha com a base computacional da ferramenta **EnergyPlus**, que é o programa de simulação energética do Departamento de Energia dos Estados Unidos. O EnergyPlus modela os fluxos energéticos em edificações, tais como aquecimento, resfriamento, iluminação, ventilação e outros. Originou-se de dois programas, o BLAST e o DOE-2 (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTDA, 2011-b).

Conforme os objetivos propostos, os dados de saída utilizados foram os valores absolutos de ganhos solares, de radiação solar incidente e de carga térmica de resfriamento.

Figura 26 - Tela principal do software DesignBuilder.



Fonte: DesignBuilder (2011-a).

## 2.5 O modelo

### 2.5.1 Geometria

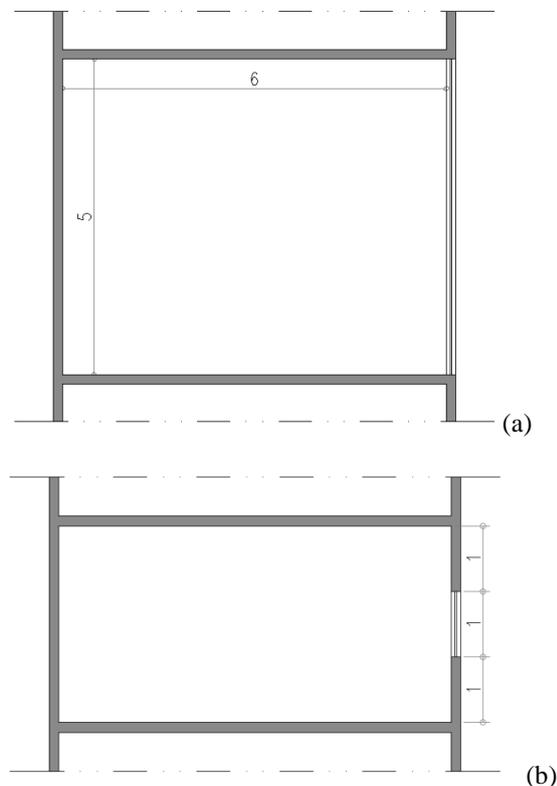
O modelo utilizado nas simulações foi dimensionado considerando-se a área de piso média das salas de edifícios listados no relatório CT-Energ referente à cidade de Maceió (CABÚS; ARAÚJO; MONTENEGRO, 2006), bem como o pé-direito das mesmas, dados apresentados na tabela 3. Resultou-se uma média final de 29,78m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,84m.

Tabela 3 – Área média e pé direito das salas nos edifícios de escritório de Maceió-AL

Nome	Área (m <sup>2</sup> ) das salas	Pé direito (m)
<i>Walmap</i>	22,75	2,6
<i>Delmiro Gouveia</i>	24	3
<i>Emp. Barão de Penedo</i>	21,80	3
<i>Lobão Barreto</i>	23,19	3
<i>Comercial Trade Center</i>	28,08	2,7
<i>Business Tower</i>	35	2,7
<i>Breda Center</i>	-	2,7
<i>Empresarial Ruy Palmeira</i>	38	3
<i>Work Center</i>	30	2,8
<i>Avenue Center</i>	30	2,7
<i>Ocean Tower</i>	45	3

Assim, o ambiente modelado (figura 27) possui 6m de comprimento, 5m de largura, 3m de altura (valores arredondados para permitir uma modulação do ambiente em relação aos pontos simulados e aos *brises*). Possui uma janela lateral, com área correspondente a um percentual de janela na fachada igual a 33%, referente a uma altura de janela recorrente na construção civil (1m), na cidade analisada.

Figura 27 – Planta baixa (a) e corte (b) esquemáticos do ambiente analisado (medidas em metros).



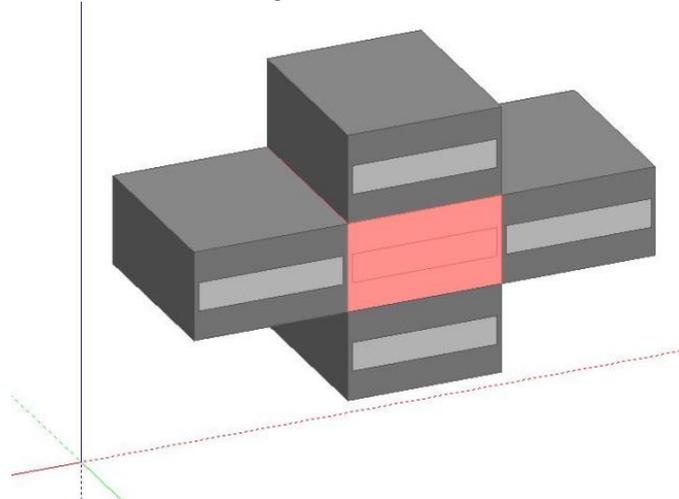
Fonte: A autora.

O detalhamento das características do modelo foi diferenciado de acordo com o programa de simulação. As características dos dois modelos utilizados neste trabalho são apresentadas a seguir.

### 2.5.2 Configurações do modelo de referência das simulações

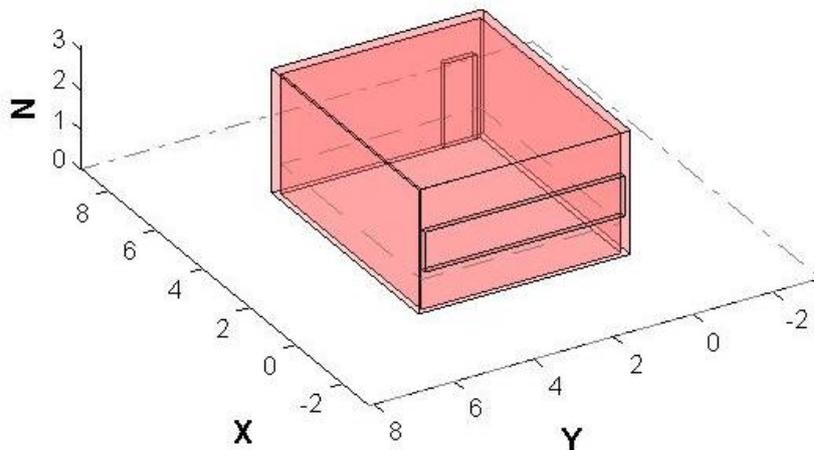
Para o software TropLux, foi modelada uma sala com as dimensões anteriormente estabelecidas. Para o software DesignBuilder, foi inserida uma sala acima, abaixo e mais duas adjacentes às paredes perpendiculares à abertura, com as mesmas dimensões do ambiente inicial. Dessa forma, a simulação refere-se a um ambiente entre andares que constitui a zona térmica de onde foram extraídos os dados. As figuras 28 e 29 ilustram os modelos resultantes.

Figura 28 - Modelo sem *brises*, no DesignBuilder (ambiente analisado destacado na cor rosa).



Fonte: DesignBuilder (2011-a).

Figura 29 - Modelo sem *brises*, no TropLux (b).



Fonte: TropLux (2011).

Essa diferenciação foi feita devido ao fato de que as trocas térmicas com outros ambientes ou com o ar externo podem alterar de forma razoavelmente expressiva o desempenho térmico no ambiente analisado, o que não ocorre com o desempenho luminoso.

### 2.5.2.1 Modelo no TropLux

O quadro 4 contém os dados inseridos para configuração do modelo simulado no TropLux. Quanto aos locais de medição, foi definido um plano de trabalho à altura de 0,75m. Essa medida corresponde à altura usual de mesas, local onde são executadas a maior parte das atividades de um escritório.

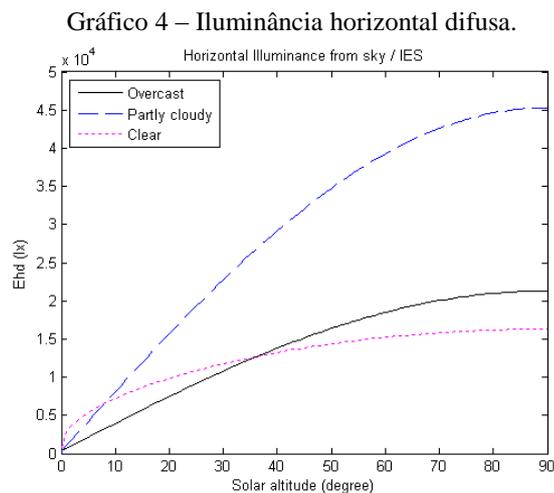
Nesse plano, foi estabelecida uma malha ortogonal de 30 pontos (cada ponto no centro de um quadrado de 1mx1m), a partir da opção *plane average* do software, para obtenção da iluminância média e da iluminância útil. O ambiente foi simulado com a abertura nas orientações Norte, Sul, Leste e Oeste, com uma jornada de trabalho de 8 às 18h (considerando a hora legal), em todos os dias do ano. A margem de erro adotada foi 5%.

Quadro 4 - Configurações do modelo no TropLux.

<b>Localização</b>	Maceió-AL
<b>Plano de trabalho</b>	0,75m do piso
<b>Pontos</b>	Malha de 30 pontos; malha de 20 pontos (isocurvas)
<b>Margem de erro</b>	5%
<b>Orientação</b>	N, S, L e O
<b>Período</b>	Ano todo; dias 22 de cada mês (isocurvas)
<b>Horários</b>	8h às 18h
<b>Condições de céu</b>	1 e 10 da CIE (2003)
<b>Iluminância horizontal difusa</b>	Figura 30
<b>Propriedades do vidro</b>	Figura 31
<b>Refletância das superfícies internas</b>	piso=0.4, teto=0.7, paredes=0.6

Para a simulação que resultaria na construção das isocurvas, a malha de pontos e os horários simulados foram modificados, com o intuito de viabilizar o tempo de obtenção dos resultados. Foi simulado um dia de cada mês e estabelecida uma malha ortogonal de 20 pontos, na opção *grid*, do software. Esse valor, apesar de menor que o anterior, está próximo da quantidade recomendada pelo cálculo da NBR 15215-4 (ABNT, 2005-a), para medição experimental da luz natural, que é igual a 25 para um ambiente com as dimensões deste modelo.

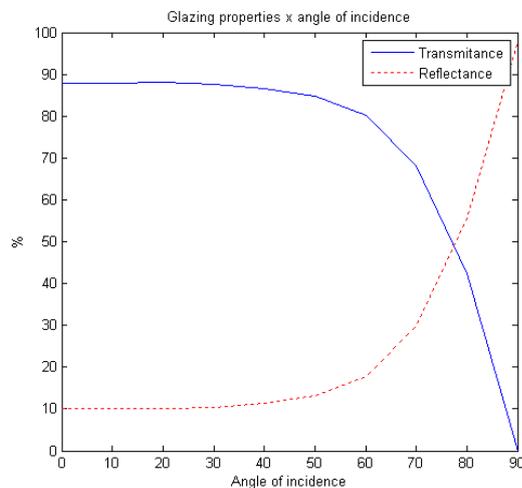
Com relação às condições de céu, foram simulados os padrões 1 e 10 da CIE (2003), correspondentes a céus encoberto e parcialmente encoberto, respectivamente. Foi considerado, assim, um ano hipotético em que todos os dias são de céu 1 e outro em que todos os dias são de céu 10, procedimento que permitiu a visualização dos resultados considerando condições de céu com grande disponibilidade de luz (parcialmente encoberto) e pouca disponibilidade de luz (encoberto). Utilizou-se a iluminância horizontal difusa da IES (*Illuminating Engineering Society of North America*), de intensidade conforme o gráfico 4.



Fonte: TropLux (2011).

As refletâncias definidas para as superfícies internas correspondem a piso de cor média e paredes e teto em cor clara (sendo o teto relativamente mais claro), características que se configuram como recorrentes na tipologia de ambiente analisada. As propriedades do vidro são conforme o gráfico a seguir.

Gráfico 5 - Propriedades (transmitância e refletância) do vidro consideradas nas simulações.



Fonte: TropLux (2011).

### 2.5.2.2 Modelo no DesignBuilder

A configuração das diversas características do modelo, tais como as construtivas ou de uso e ocupação, pode ser feita a partir dos *templates* disponibilizados ou pode ser completamente determinada pelo usuário. Neste trabalho, a maior parte das configurações foi realizada manualmente, porém também foram utilizadas algumas das configurações padronizadas, conforme exposto a seguir.

O quadro 5 contém os principais dados inseridos para configuração do modelo simulado no DesignBuilder. Dados das propriedades térmicas dos componentes construtivos podem ser encontrados no apêndice C.

Quadro 5 - Configurações do modelo do DesignBuilder.

<b>Arquivo climático</b>	Correspondente à cidade de Maceió-AL, de 1962 a 2005. Fonte: LABEEE, 2011
<b>Padrões Construtivos</b>	
<b>Paredes</b>	Bloco cerâmico com seis furos de seção quadrada + argamassa branca
<b>Cobertura</b>	Entre andares – laje de concreto e forro de gesso; Exposta - Telha cerâmica sobre laje
<b>Vidros</b>	Comum transparente (3mm)
<b>Material dos brises</b>	<i>Aluzinc</i>
<b>Padrões de uso e ocupação</b>	
<b>Horários ocupados</b>	8h às 18h, de segunda à sexta; 8h às 12h, aos sábados.
<b>Ocupantes</b>	4 pessoas (13/100m <sup>2</sup> ); vestimenta de 0,8clo no inverno e 0,5clo no verão
<b>Atividade</b>	Atividade de escritório (leve) - 120W/pessoa
<b>Equipamentos</b>	4 computadores com impressora – 22W/m <sup>2</sup>
<b>Iluminação artificial</b>	11W/m <sup>2</sup>
<b>Condicionador de ar</b>	Split, - COP 3,54 – controle da temperatura operativa a 24,5°
<b>Controle</b>	Lâmpadas e protetores solares fixos; Condicionador de ar com termostato

A definição das paredes segue a caracterização do levantamento realizado, assim como o tipo de vidro. Já a cobertura das salas acima e do lado do ambiente analisado foi caracterizada como telha cerâmica sobre laje, por se considerar essa opção mais adequada para a localidade analisada do que a opção da laje impermeabilizada que é recorrente. Foram considerados dispositivos de proteção solar feitos de *aluzinc*, um material composto de alumínio (55%), zinco (43,4%) e silicone (1,6%), utilizado por uma empresa reconhecida no setor de fabricação de *brises* (mais detalhes no anexo C).

Quanto às configurações de uso e ocupação, foi definido o horário de funcionamento correspondente a uma jornada de trabalho de 8h às 18h, de segunda a sexta-feira, e de 8h às

12h, aos sábados. Foi considerada uma densidade de ocupação média. Por média entende-se uma ocupação equivalente a 14 pessoas por 100m<sup>2</sup>, conforme a classificação da norma NBR6401 – Parte 3 (ABNT, 2008-b), disponível no anexo D. A vestimenta foi diferenciada para inverno e verão (0,8clo e 0,5clo, respectivamente).

Com relação à atividade realizada pelos ocupantes, foi considerada a opção de trabalho leve de escritório, disponibilizada no software como sendo equivalente a uma taxa metabólica de 120W/m<sup>2</sup>. Quanto aos equipamentos, a densidade de carga foi definida de acordo com a quantidade de postos de trabalho (quatro), que, segundo a NBR6401 – Parte 1(2008-a) equivale a uma alta densidade de carga de equipamentos, igual a 21,5W/m<sup>2</sup> (figura 32), somando-se computadores e demais equipamentos. Como o software reconhece apenas valores inteiros, foi utilizado 22W/m<sup>2</sup>.

Figura 30: Densidade de carga de equipamentos segundo a NBR 6401.

Densidade de carga de equipamentos recomendada para diversos tipos de escritórios		
Tipo de carga	Densidade W/m <sup>2</sup>	Descrição do escritório Assumindo:
Leve	5,4	15,5m <sup>2</sup> por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,67, exceto 0,33 para impressoras.
Média	10,7	11,6m <sup>2</sup> por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,75, exceto 0,50 para impressoras.
Média / alta	16,2	9,3m <sup>2</sup> por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,75, exceto 0,50 para impressoras.
Alta	21,5	7,7m <sup>2</sup> por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 1,0, exceto 0,50 para impressoras.

Fonte:

2005 ASHRAE Fundamentals Handbook, Capítulo 30, "Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations",

Fonte: ASHRAE apud ABNT (2008-a, p. 43).

Considerou-se um sistema de lâmpadas para atender à iluminância mínima de 500lx, com densidade de potência instalada suficiente para se obter um nível de eficiência igual a B segundo a classificação do RTQ-C (BRASIL, 2010), que é 11,2 W/m<sup>2</sup> (tabela no anexo E).

Já o sistema de ar condicionado foi dimensionado de acordo com o método de cálculo simplificado descrito na norma NBR 5858 (1983). Foi configurado um ar condicionado do tipo *Split*. Com a janela orientada a Norte ou Leste, o aparelho teria uma capacidade de refrigeração de 3,6kW (12.304 BTU/h). Para a orientação Sul, o aparelho teria a capacidade igual a 3,1kW (10.604 BTU/h) e para a orientação Oeste, a capacidade seria 4,5kW (15.354 BTU/H). De forma semelhante ao feito com o sistema de iluminação, foi identificado o valor

do Coeficiente de Performance<sup>10</sup> (COP) mínimo do sistema para se obter classificação A ou B. Em todas as fachadas, o valor em kW seria inferior a 19kW, de forma que o COP seria igual a 3,54 (tabela no anexo F).

Por fim, o controle de temperatura foi feito considerando-se a temperatura operativa, estabelecendo-se 24,5° como fixa. Esta é a temperatura neutra mínima para Maceió, correspondente ao mês de julho, conforme apresentado anteriormente, no gráfico 2 (p.34).

## 2.6 Tratamento dos dados

Os dados obtidos a partir das simulações foram reunidos em gráficos e tabelas e analisados conforme as etapas a seguir.

### 2.6.1 Efeito das propriedades dos brises

Foi identificado o efeito das propriedades dos brises na quantidade de iluminação e de ganho de calor solar, em quantidades absolutas. Para a iluminação, foi utilizada a **iluminância média anual no plano de trabalho**. Visto que as curvas obtidas apresentaram as mesmas tendências (diferença de intensidade, mas perfis bastante semelhantes), para os céus encoberto (céu 1 da CIE, 2003) e parcialmente encoberto (céu 10 da CIE, 2003), foram apresentados os resultados do segundo, que possui maior frequência de ocorrência em Maceió.

Para a análise da uniformidade da iluminação, foram utilizados os coeficientes de variação das iluminâncias entre os diferentes pontos simulados, dado fornecido pelo TropLux quando realizada a simulação da iluminância média anual no plano de trabalho. Conforme descrito por Araújo, Cavalcante e Cabús (2005), “esta uniformidade será tão melhor, quanto menor for o coeficiente de variação”. As alterações na distribuição da luz foram ilustradas com as **isocurvas de iluminância**. Para os valores de ganhos solares, foi considerado o **somatório anual dos ganhos solares** pela janela.

### 2.6.2 Análise da variação mensal com brise x sem brise

Com relação à iluminação natural, foram elaborados gráficos da **iluminância média no plano de trabalho**, correspondentes ao dia 22 de cada mês do ano, às 15h, para as quatro orientações analisadas, e também às 9h, para as orientações Leste e Oeste, considerando os

---

<sup>10</sup> “Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, [COP] é a razão entre o calor removido do ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de refrigeração ou uma porção específica deste sistema sob condições operacionais projetadas.” (BRASIL, 2010, p. 6)

céus encoberto e parcialmente encoberto. Foram agrupadas as situações sem *brise* e situações com *brise* correspondentes ao menor e maior valor obtido dentre as 24 configurações simuladas. A análise da uniformidade nesta etapa foi feita de forma semelhante àquela do efeito das propriedades.

Com relação ao desempenho térmico, os dados abordados nessa análise foram os **valores médios mensais de ganhos solares**. Como, neste caso, as curvas referentes às condições de *brise* apresentaram modificações de tendências entre as mesmas (de forma que a identificação das configurações que resultaram em valores máximos e mínimos depende do mês considerado), foram ilustradas todas as 24 configurações de cada fachada.

Os resultados também foram apresentados em índices relativos. Para a iluminação, foi determinado o **percentual de ocorrência de iluminância útil** da luz natural (IULN), conceito destacado na seção anterior. Foram consideradas as faixas propostas pelo método (entre 100 e 2000lx). A subfaixa considerada desejável (entre 500 e 2000lx) contempla os níveis apresentados para as tarefas visuais de escritório da norma técnica brasileira Iluminância de Interiores, a NBR 5413 (ABNT, 1992), os quais, a depender dos fatores apresentados na mesma, devem possuir iluminância mínima igual a 500, 750 ou 1000lx.

Os valores relativos de análise do desempenho térmico foram o **fator solar** da abertura e o **percentual de redução na demanda por resfriamento** do ambiente. O primeiro foi calculando a partir dos dados de radiação solar incidente e radiação solar transmitida, disponibilizados no software DesignBuilder. O segundo foi calculado em relação à condição sem a presença de *brises*, considerando-se o sistema de condicionamento configurado.

### 2.6.3 Comparando os desempenhos

Foram feitas tabelas correlacionando os resultados correspondentes à iluminância e ao desempenho térmico. Em termos de visualização e noção qualitativa das comparações, nesta etapa os valores absolutos não foram utilizados, e sim os valores relativos (**IULN** e **Fator Solar**), anuais. A análise da uniformidade foi retomada como forma de auxiliar nas possibilidades de escolha dentre os *brises* com resultados mais favoráveis.

Para cada desempenho (luminoso e térmico) foi atribuída uma classificação. Foi feita, em seguida, uma classificação final combinando as duas anteriores, conforme apresentado na seção 3.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da pesquisa realizada, de acordo com os objetivos e metodologia propostos. Os tópicos 3.1 e 3.2 referem-se à comparação entre os parâmetros analisados. O tópico 3.3 refere-se à comparação entre os desempenhos.

### **3.1 Influência das propriedades dos *brises***

Nesta seção, serão analisados o efeito do espaçamento, inclinação e refletância dos *brises* na quantidade de luz natural, na uniformidade da iluminação natural e nos ganhos térmicos solares.

#### **3.1.1 Quantidade de Iluminação natural**

##### **3.1.1.1 Efeito do espaçamento entre as aletas**

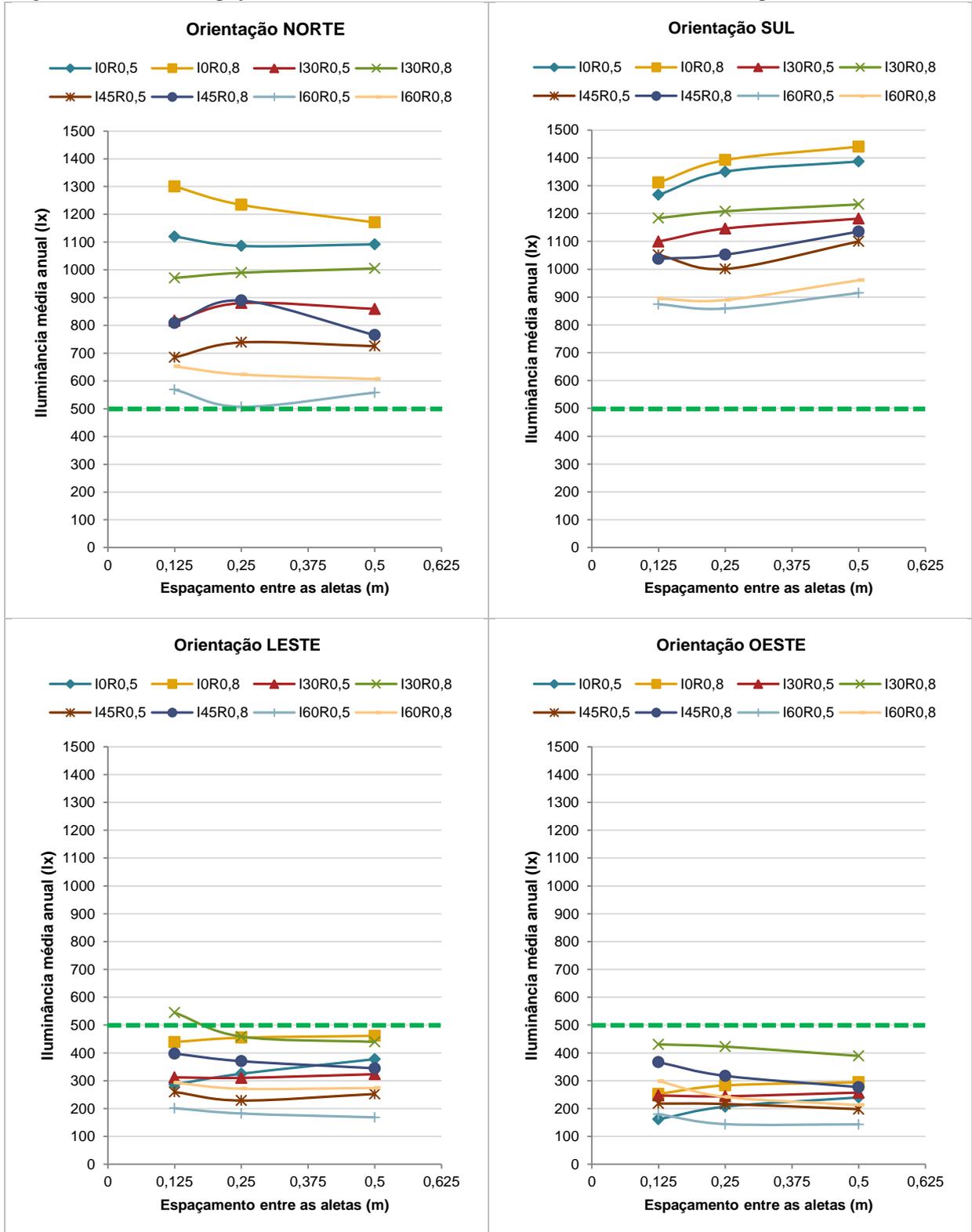
A figura 31 ilustra o efeito do espaçamento sobre a iluminância média anual no plano de trabalho do modelo de escritório analisado. A variação do espaçamento entre as aletas, que coincide com a modificação na quantidade e profundidade das mesmas, altera a área das aletas que fica visível pelo interior do ambiente, com possibilidade de refletir a radiação solar externa para o interior. Assim, em princípio, quanto menor o espaçamento, maior o percentual dessa área visível e maior a possibilidade de haver iluminação pela reflexão nas aletas.

Considerando tal aspecto, o maior espaçamento (0,5m), que indica a presença de duas aletas, e, portanto, 50% de área de *brise* visível pelo interior (a qual funciona como fonte secundária de luz) caracterizaria as situações que possuiriam menor iluminação do que os espaçamentos 0,25m e 0,125m, que correspondem a uma área de *brise* visível igual a 75% e 87,5%, respectivamente. Essa condição se verifica nas fachadas Norte, Leste e Oeste, exceto nas configurações com inclinação 0° das fachadas Leste e Oeste. Nessas fachadas, as aletas com essa configuração são muito maiores que as aletas com as demais inclinações. Tal fato pode causara chegada de menos luz ao interior da sala devido às sucessivas reflexões da luz entre as aletas, mesmo considerando-se a máscara de sombra fixa.

Na fachada Sul, essa tendência não se verifica, de forma que maior quantidade de aletas (menor espaçamento) não se traduz em maior quantidade de luz. Os resultados sugerem que, nessa fachada, as configurações com menos aletas proporcionariam exposição a porções do céu mais iluminadas do que as porções às quais foram expostas as configurações com quatro ou oito aletas, de forma a haver mais luz refletida com espaçamento 0,5m. Além disso, com o espaçamento 0,125m, a espessura da parede passa a também bloquear a luz, de forma

que o sombreamento das regiões superiores da janela seria maior do que aquele proporcionado apenas pelos *brises*.

Figura 31 – Efeito do espaçamento entre as aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto.



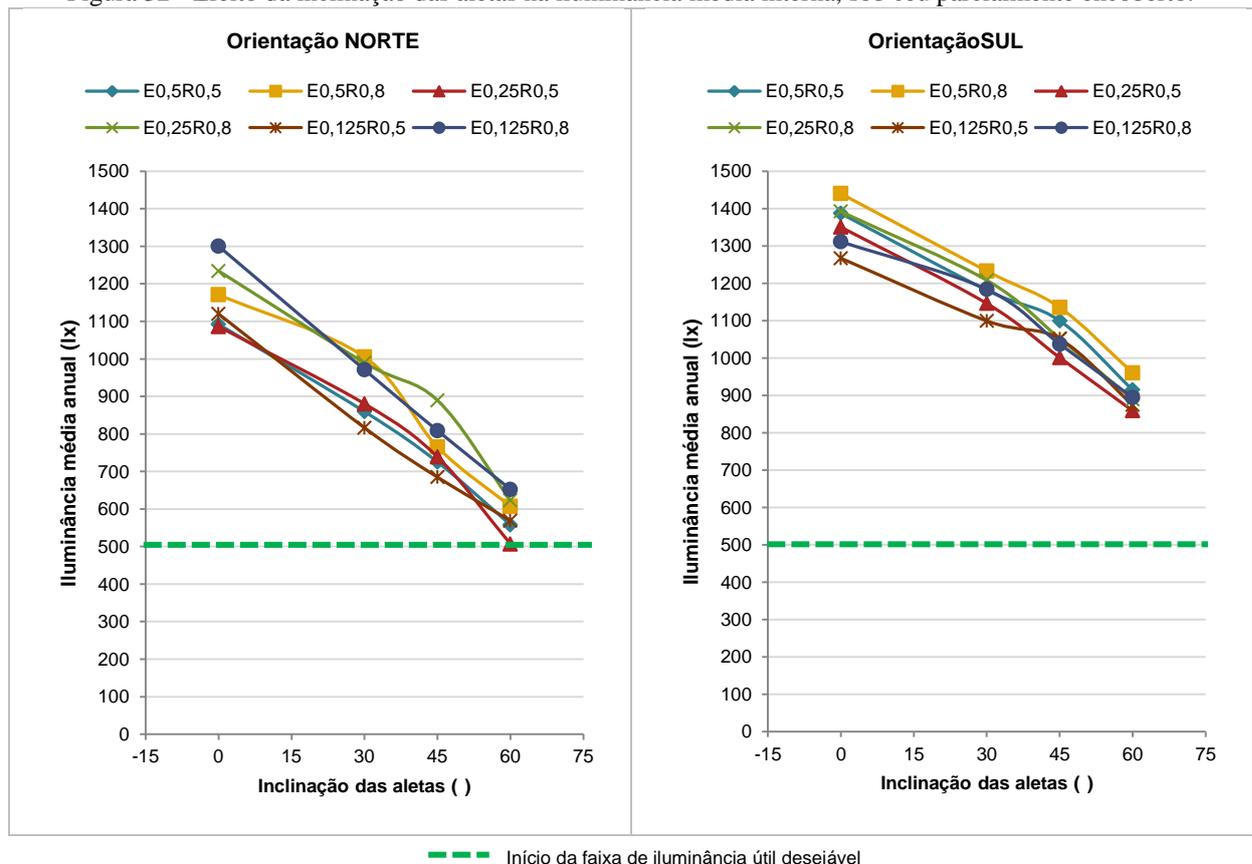
----- Início da faixa de iluminância útil desejável

Quanto à curva da influência do espaçamento, observa-se que ela é pouco acentuada, e diferente a depender da fachada e da inclinação das aletas considerada. Dessa forma, não se verifica, com a sistematização de dados realizada, uma tendência geral evidente e/ou constante de influência dessa variável na iluminância média do plano de trabalho analisado, embora se observe que essa influência exista. Uma das causas possíveis para esse resultado pode ser, de fato, uma relação com a inclinação das aletas, de forma que o espaçamento tem menos influência no resultado do que esta segunda variável.

### 3.1.1.2 Efeito da inclinação das aletas

As figuras 32 e 33 apresentam os resultados obtidos com realção ao efeito da inclinação das aletas na iluminância média anual no plano de trabalho.

Figura 32 - Efeito da inclinação das aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto.

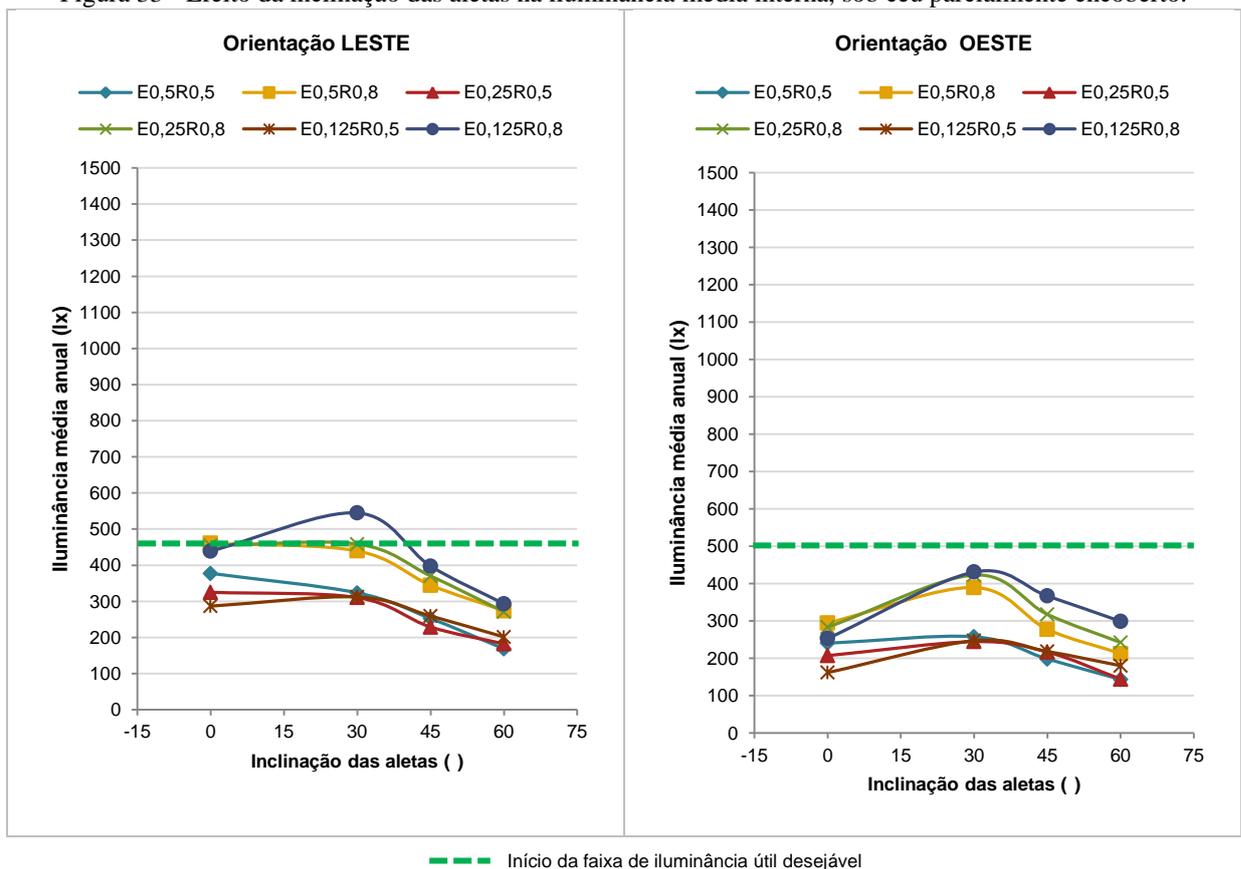


De forma diferente do que ocorreu com o espaçamento, observa-se que há uma tendência aproximadamente linear de influência desse parâmetro nos resultados, de forma que, quanto maior for a inclinação da aleta em relação à horizontal, menor será a iluminância

média obtida no plano de trabalho. Atribui-se esse resultado ao fato de que, aumentando-se a inclinação, diminui-se a área de aletas visível pelo interior, de forma a haver, portanto, menos reflexão para o plano de trabalho (interior) e mais reflexão para o exterior.

No entanto, com a janela orientada a Leste e Oeste (figura 33), observa-se que os valores correspondentes à inclinação  $0^\circ$  não são os mais altos. Dessa forma, assim como discutido na análise do efeito do espaçamento, o resultado pode estar mais relacionado ao tamanho da aleta do que à inclinação em si. Para essas fachadas, o comprimento das aletas correspondente às máscaras de sombra definidas seria entre 0,47m e 2,84m (medidas inviáveis, inclusive), de forma que a luz refletida poderia ser direcionada para o exterior ou ser reduzida após as sucessivas reflexões entre as aletas.

Figura 33 - Efeito da inclinação das aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto.



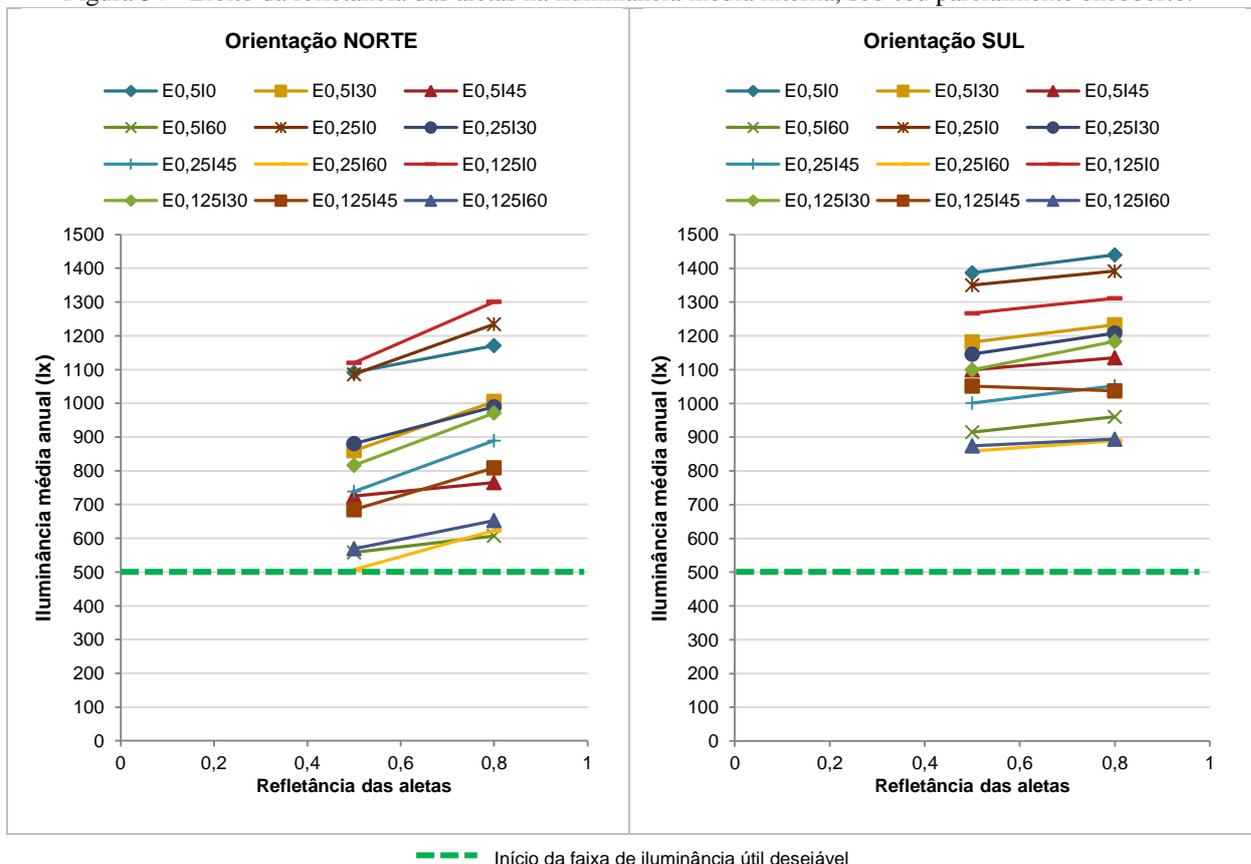
### 3.1.1.3 Efeito da refletância das aletas

As análises anteriores mostram que a possibilidade de as aletas funcionarem como fonte secundária de luz, além de apenas como elementos bloqueadores, é possível devido às taxas de reflexão da luz consideradas neste trabalho, 50% e 80% (média e alta,

respectivamente). A opção por uma ou outra refletância influencia a quantidade total de iluminância no interior. As figuras a seguir apresentam os resultados referentes ao efeito da refletância das aletas sobre a iluminância interna do ambiente analisado.

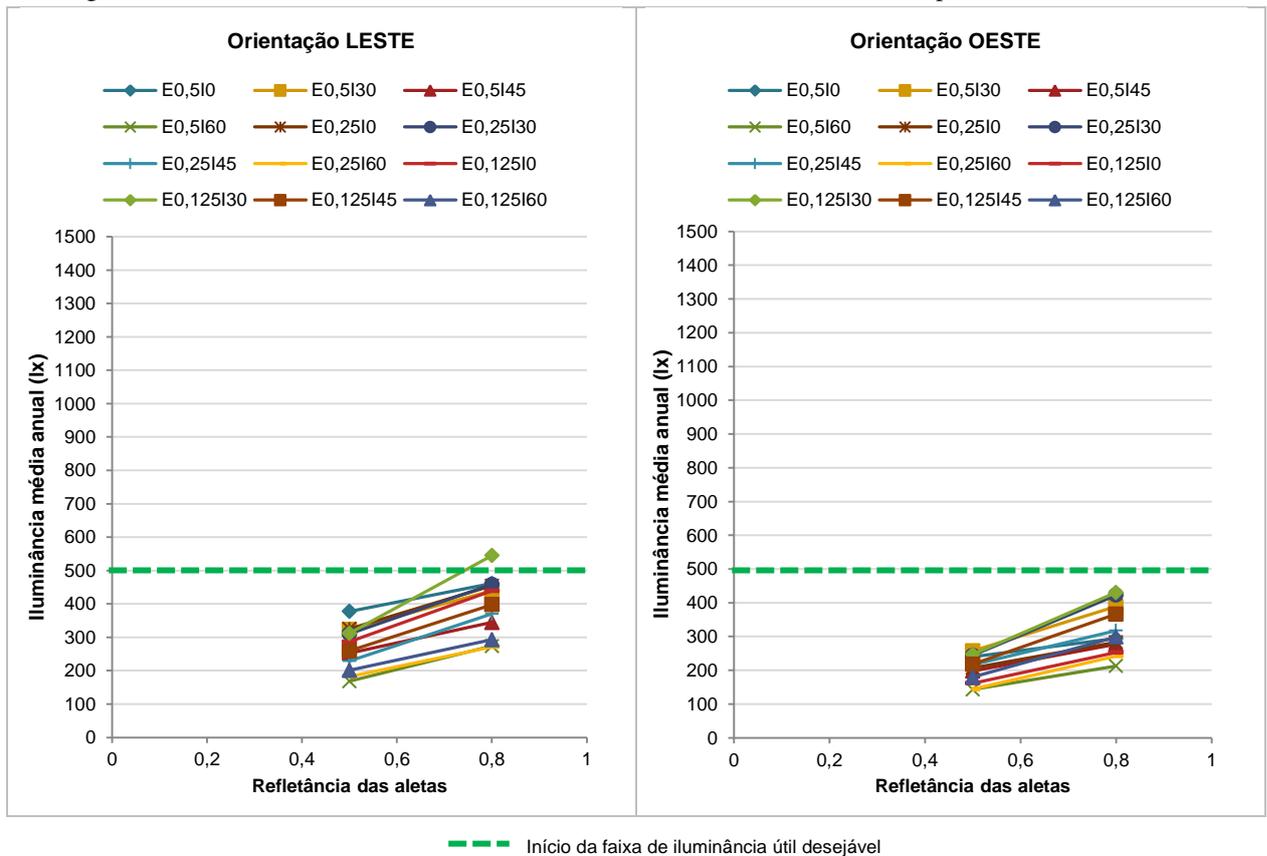
Naturalmente, os valores correspondentes às situações com refletância igual a 0,8 são sempre maiores que os valores com refletância igual a 0,5. Apenas um caso, na fachada Sul (espaçamento 0,125m e inclinação 45°) não apresentou esta tendência.

Figura 34 - Efeito da refletância das aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto.



Nas fachadas Leste e Oeste (figura 35), as diferenças entre os valores correspondentes a refletâncias diferentes são ainda maiores. Nessas fachadas, há uma tendência maior de reflexão da radiação solar para o interior dos ambientes, devido ao posicionamento do Sol em relação à mesma. Tal condição sugere que a componente refletida da iluminação tem maior participação no resultado final do que nas fachadas Norte e Sul.

Figura 35 - Efeito da refletância das aletas na iluminância média interna, sob céu parcialmente encoberto.

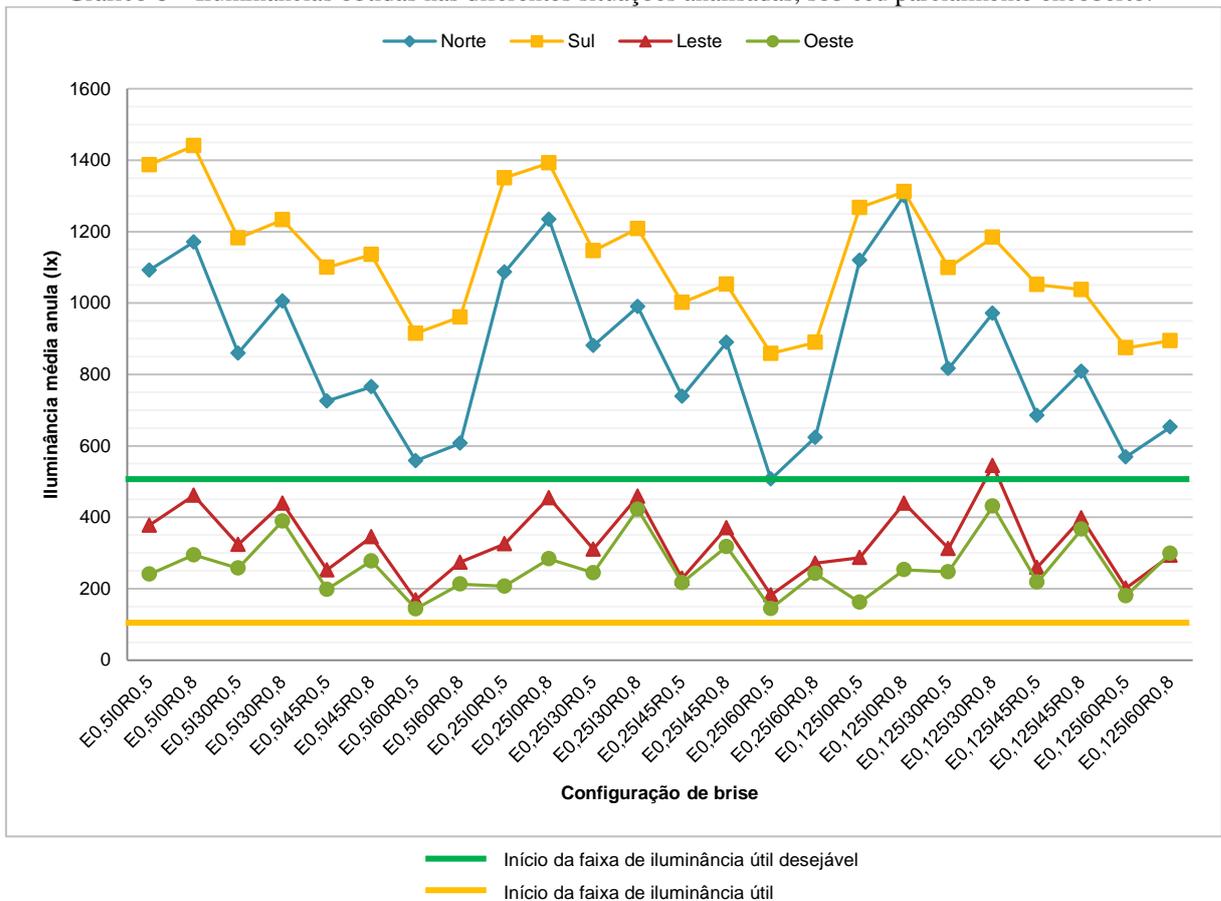


Observou-se que refletâncias médias apresentam resultados razoáveis. Mesmo na fachada Oeste, com proteção bastante restritiva, a iluminância média interna para o tipo de céu analisado é sempre maior que 150lx. Nas fachadas Norte e Sul, os índices estão sempre dentro da faixa de iluminância desejável (entre 500 e 2000lx).

#### *Comparando os resultados por fachada*

O gráfico 6 apresenta os resultados apresentados anteriormente, relativos à iluminância média interna, agrupados por fachada.

Gráfico 6 – Iluminâncias obtidas nas diferentes situações analisadas, sob céu parcialmente encoberto.



Observa-se que as diferenças nos índices registrados nas diferentes configurações de *brise* são mais expressivas, em termos quantitativos, nas fachadas Norte e Sul do que nas fachadas Leste e Oeste. As primeiras apresentam valores de maior ordem de grandeza devido aos menores ângulos de sombreamento. Assim, para os casos analisados, quanto maior a quantidade de luz disponível, mais expressivas seriam as alterações causadas pela modificação nas características do *brise*.

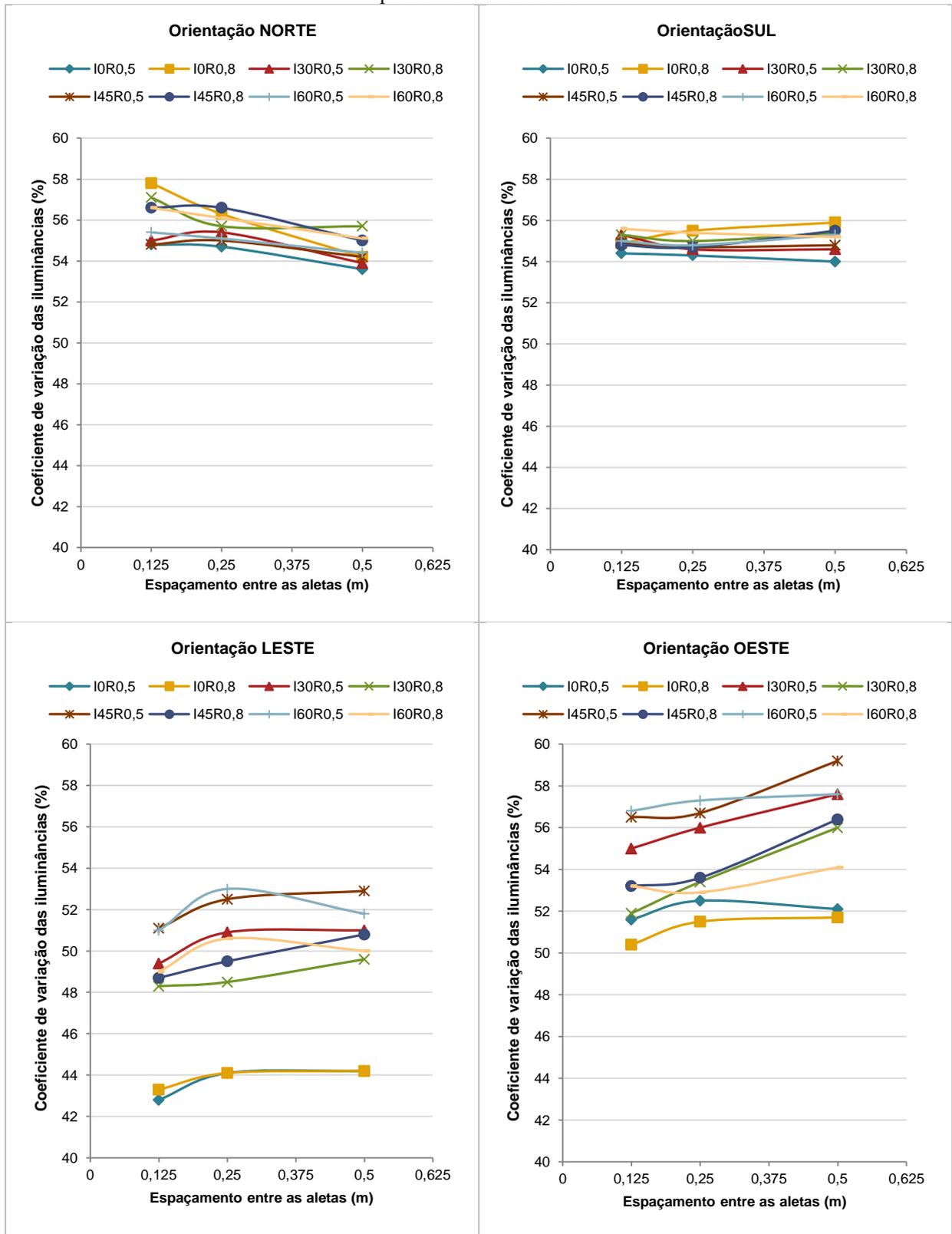
### 3.1.2 Uniformidade da iluminação

As análises a seguir referem-se ao efeito das propriedades que definem as configurações de *brises* analisadas na uniformidade da luz natural.

#### 3.1.2.1 Efeito do espaçamento entre as aletas

A figura 36 contém o registro dos coeficientes de variação das iluminâncias no ambiente analisado.

Figura 36 - Efeito do espaçamento entre as aletas no coeficiente de variação das iluminâncias obtidas, sob céu parcialmente encoberto.



Os resultados obtidos com a janela orientada a Norte e Sul são diferentes entre si. Com a janela orientada a Norte, o aumento do espaçamento entre as aletas reduziu o coeficiente de

variação obtido. Assim, *brises* com menos aletas apresentariam maior uniformidade da iluminação que *brises* com maior quantidade de aletas, nesta fachada. Para a orientação Sul, a tendência depende da refletância considerada.

Nas fachadas Leste e Oeste, o aumento do espaçamento diminui os coeficientes de variação obtidos, de forma que *brises* menores e menos profundos apresentariam maior uniformidade da iluminação nessas fachadas. Além disso, o espaçamento apresenta maior influência nos resultados da fachada oeste.

Observa-se que os efeitos dos parâmetros analisados na uniformidade da iluminação parecem estar inter-relacionados, de forma que o efeito do espaçamento no coeficiente de variação pode ser aumento ou diminuição do mesmo, a depender da inclinação e refletância consideradas.

### 3.1.2.2 Efeito da inclinação das aletas

As figuras 37 e 38 apresentam os resultados obtidos para o efeito da inclinação das aletas na uniformidade da iluminação natural.

Figura 37 - Efeito da inclinação das aletas no coeficiente de variação das iluminâncias obtidas, sob céu parcialmente encoberto.

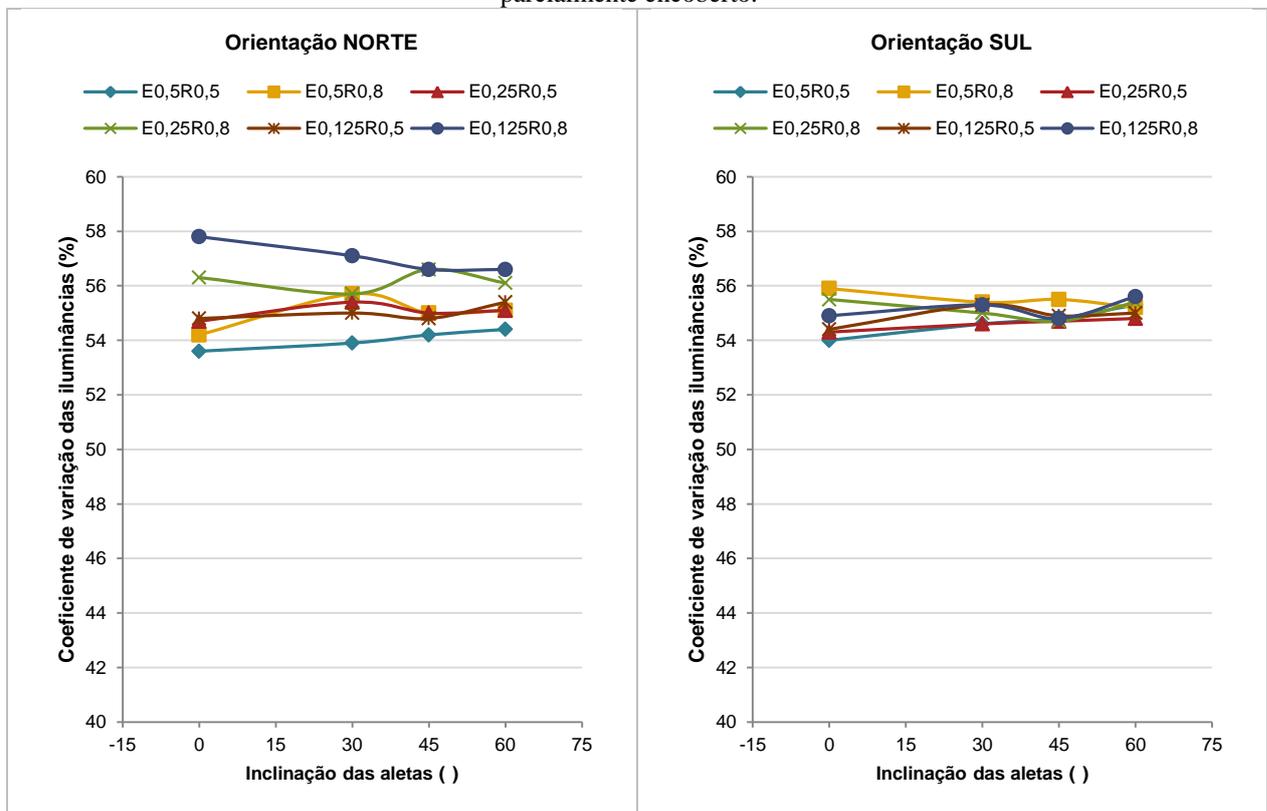
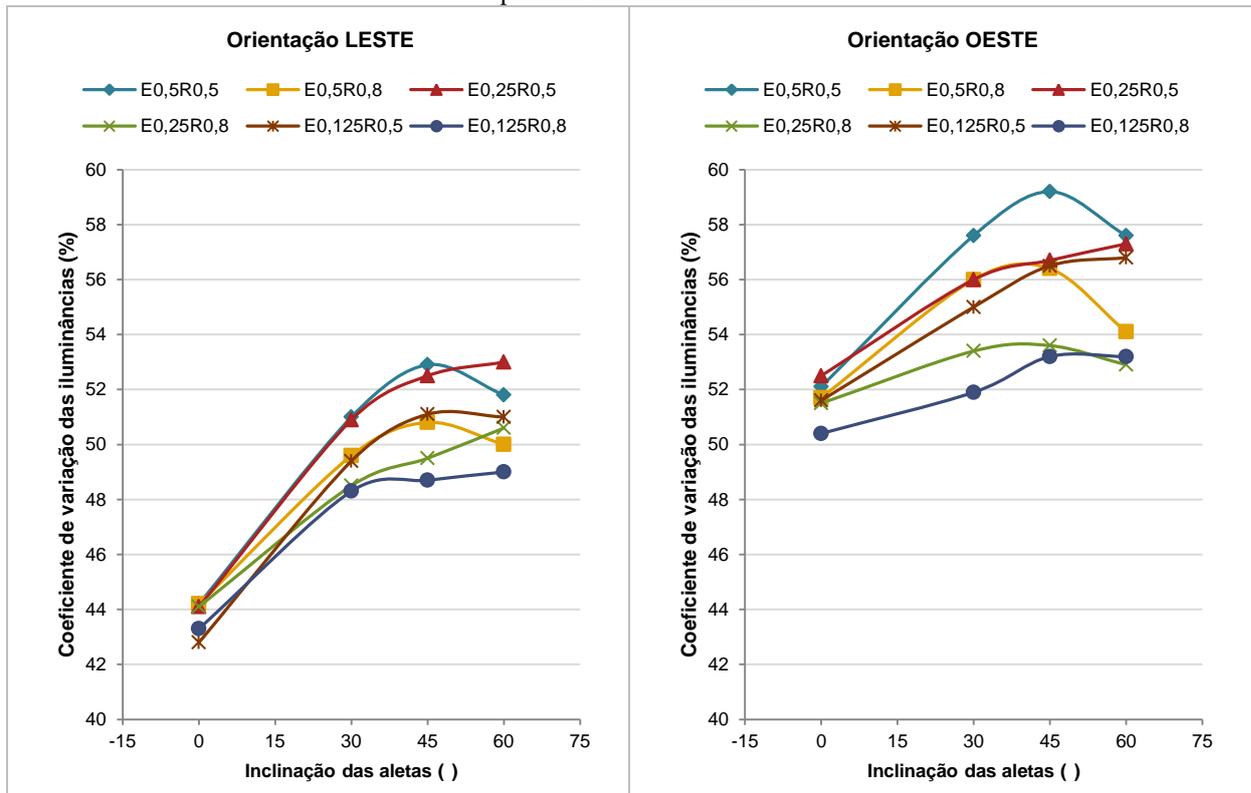


Figura 38 - Efeito da inclinação das aletas no coeficiente de variação das iluminâncias obtidas, sob céu parcialmente encoberto.



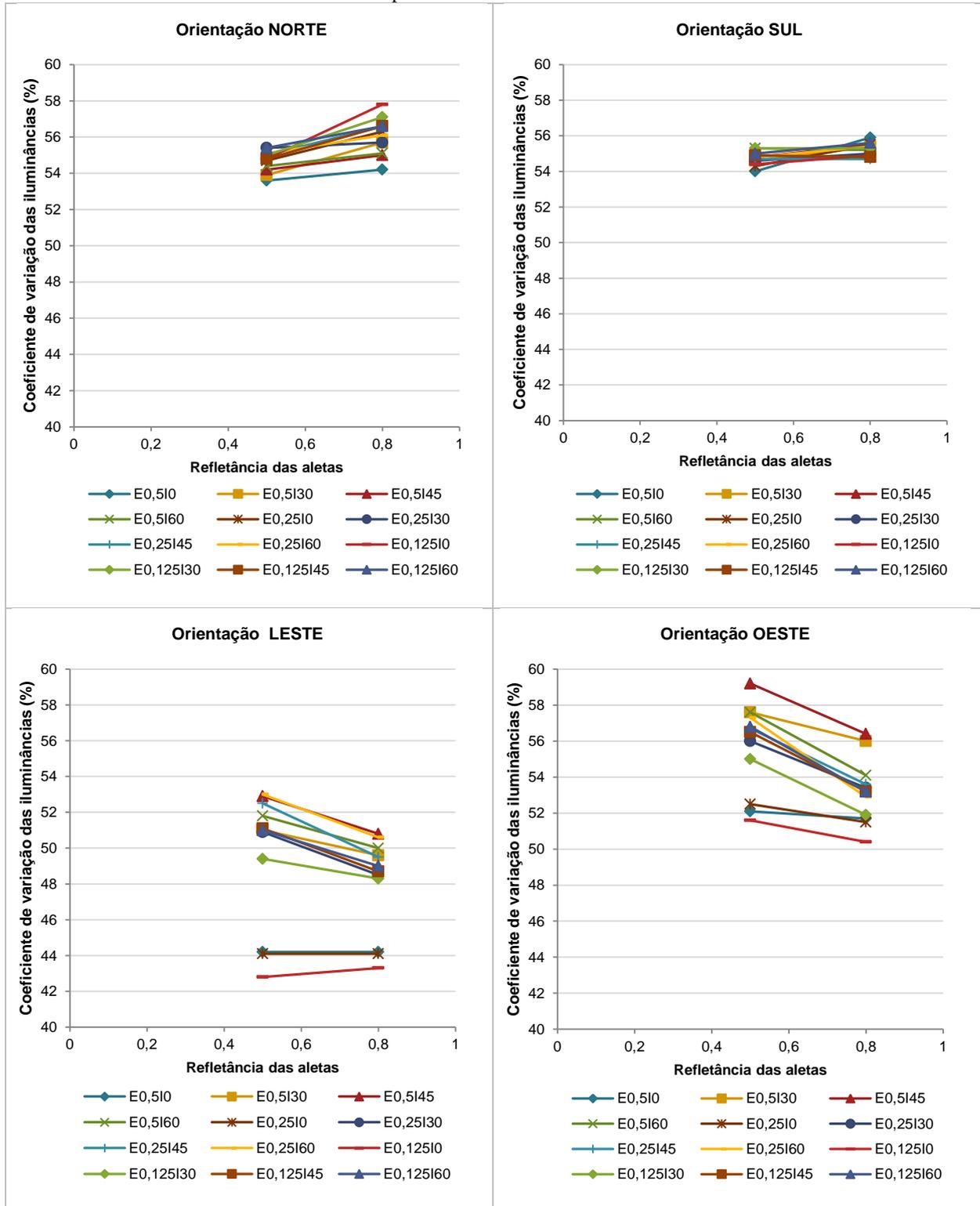
Com a janela orientada a Norte e Sul, o efeito da inclinação das aletas no coeficiente de variação das iluminâncias depende do espaçamento e refletância considerados. Já com relação às fachadas Leste e Oeste observa-se que, em todos os casos analisados, *brises* pouco inclinados ou sem inclinação em relação à horizontal apresentaram iluminação natural mais uniforme.

### 3.1.2.3 Efeito da refletância das aletas

O efeito da refletância das aletas na uniformidade da iluminação será descrito com base nos dados da figura 39.

Os resultados indicam que a iluminação nas fachadas Norte e Sul tende a ser mais uniforme com refletância média (0,5) do que com refletância alta (0,8). Nas fachadas Leste e Oeste, ocorre o contrário, de forma que o aumento da refletância implica no aumento da uniformidade da iluminação, exceto para o caso E0,125I0, da fachada Leste.

Figura 39 – Efeito da refletância das aletas no coeficiente de variação das iluminâncias obtidas, sob céu parcialmente encoberto.

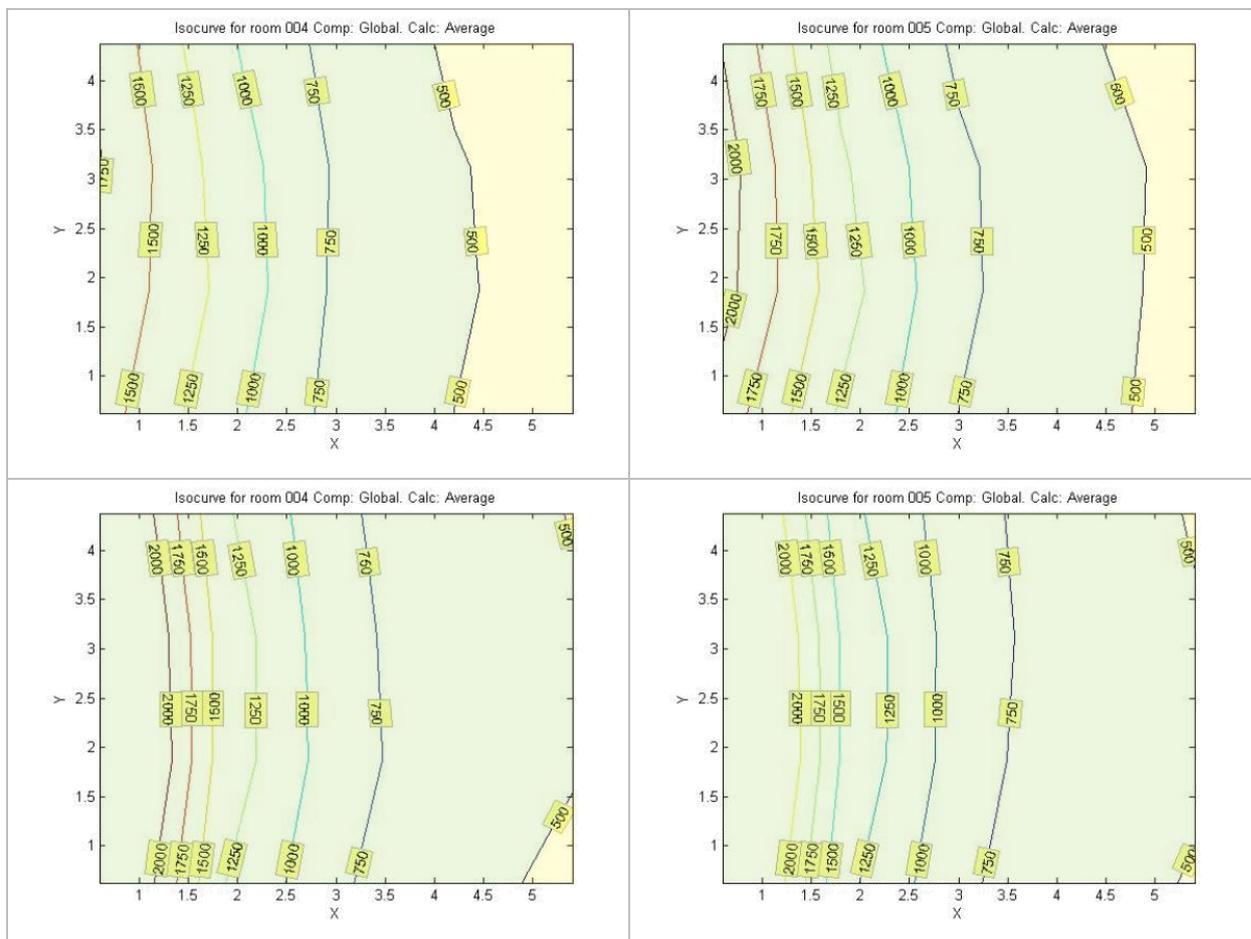


Seria possível atribuir tal condição às diferenças na incidência do Sol: com a janela orientada a Norte ou Sul, a incidência de radiação solar na janela é mais oblíqua, de forma que o aumento de iluminação provocado pelo aumento da refletância tende a se concentrar mais próximo à janela, aumentando a diferença entre as iluminâncias nessa região e nas demais

regiões do ambiente. Já com a janela orientada a Leste ou Oeste, a incidência do Sol, aproximadamente perpendicular em relação à janela, pode resultar em maior reflexão de luz para outras regiões do ambiente, reduzindo o contraste de luminosidade provenientes das diferenças entre iluminâncias. Contudo, a análise a seguir pode oferecer outra forma de interpretação desse resultado.

O coeficiente de variação relaciona afastamentos em torno de um valor médio, de forma que ele não traduz a forma de distribuição física da luz no ambiente. As figuras 41 e 42 ilustram as isocurvas dos valores de iluminância média no plano de trabalho, considerando os dias 22 de cada mês. Elas consistem da visualização gráfica que complementa a análise das variações numéricas registradas anteriormente. Como a refletância é o fator cuja influência na relação entre as iluminâncias registradas pelo coeficiente de variação foi mais significativa, foram ilustrados dois casos para cada fachada, um com refletância 0,5 e o outro com refletância 0,8.

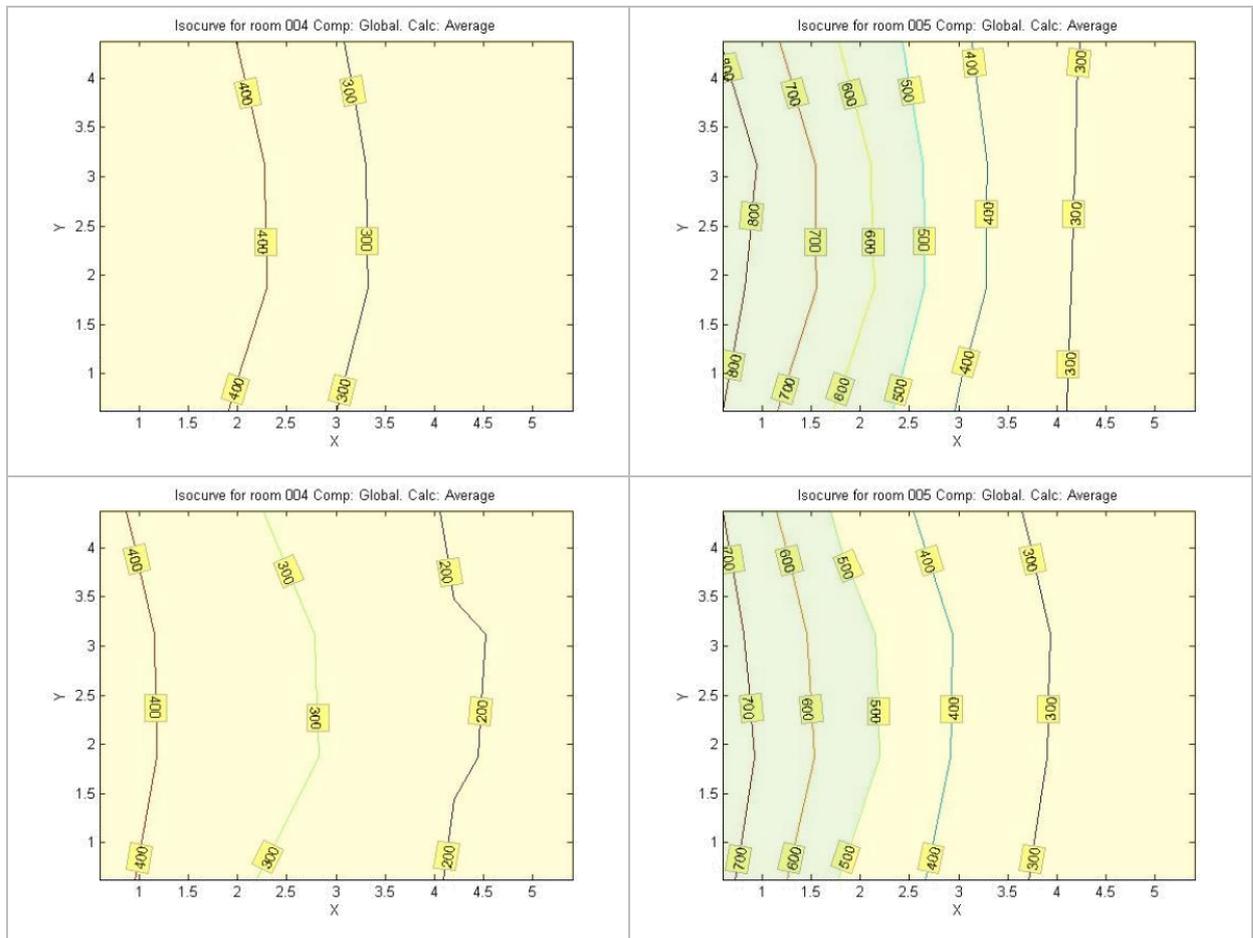
Figura 40 - Isocurvas de iluminância para as situações E0,5I30R0,5 (esquerda) e E0,5I30R0,8 (direita) das fachadas Norte (acima) e Sul (abaixo).



Observa-se que, com a janela localizada lateralmente e tendo dimensão correspondente a toda a largura da sala, a diferença de uniformidade na distribuição se dá principalmente pela diferença entre os valores de iluminância na direção perpendicular a essa abertura.

Nas fachadas Norte e Sul (figura 40), o aumento da refletância das aletas, que, conforme já visto, pode diminuir a uniformidade entre as iluminâncias, não implica em variação significativa da distribuição da luz: o afastamento da janela determina a forma de distribuição seja nas situações com refletância média seja naquelas com refletância alta. Com a janela orientada a Leste e Oeste (figura 41), o aumento da refletância, apesar de reduzir os coeficientes de variação, não se traduz em maior uniformidade na distribuição da luz.

Figura 41 - Isocurvas de iluminância para as situações E0,5I30R0,5 (esquerda) e E0,5I30R0,8 (direita) das fachadas Leste (acima) e Oeste (abaixo).

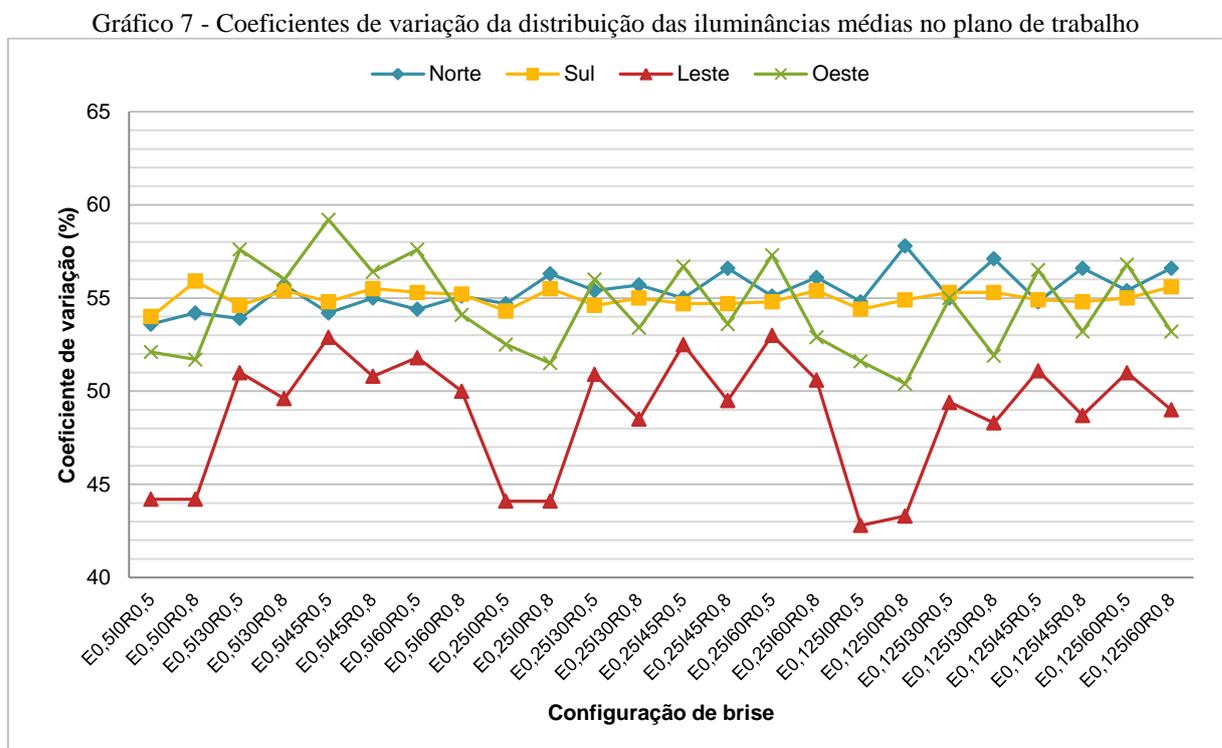


Como o coeficiente de variação foi obtido considerando todas as horas do dia, é possível que a redução do seu valor na situação com refletância 0,8 ocorra em função de maior aproveitamento da iluminação nas horas em que a fachada não recebe Sol, causando

uma diminuição na diferença entre os valores obtidos nas situações com Sol e sem Sol quando a refletância foi considerada 0,5. Já em termos de distribuição, pode haver a tendência de que o aumento de iluminância provocado pelo aumento da refletância se concentre nas regiões próximas à janela. Acredita-se que esse direcionamento seja mais plausível do que o anterior, que considera apenas a análise do coeficiente de variação.

### Comparando os resultados por fachada

O gráfico 7 apresenta os coeficientes de variação da distribuição das iluminâncias entre os pontos no plano de trabalho para todos os casos analisados.



Observa-se maior uniformidade de distribuição das iluminâncias (menores coeficientes de variação) nas situações correspondentes à fachada Oeste. A janela orientada para as demais fachadas apresenta mais visão de céu com Sol, estando portanto mais suscetíveis às variações na iluminância provocadas pelas diferenças entre regiões que recebem radiação solar direta e radiação solar indireta. Também se atribui a esse aspecto o fato de os coeficientes de variação obtidos para os casos de *brises* com aletas sem inclinação em relação à horizontal serem consideravelmente menores que os demais resultados.

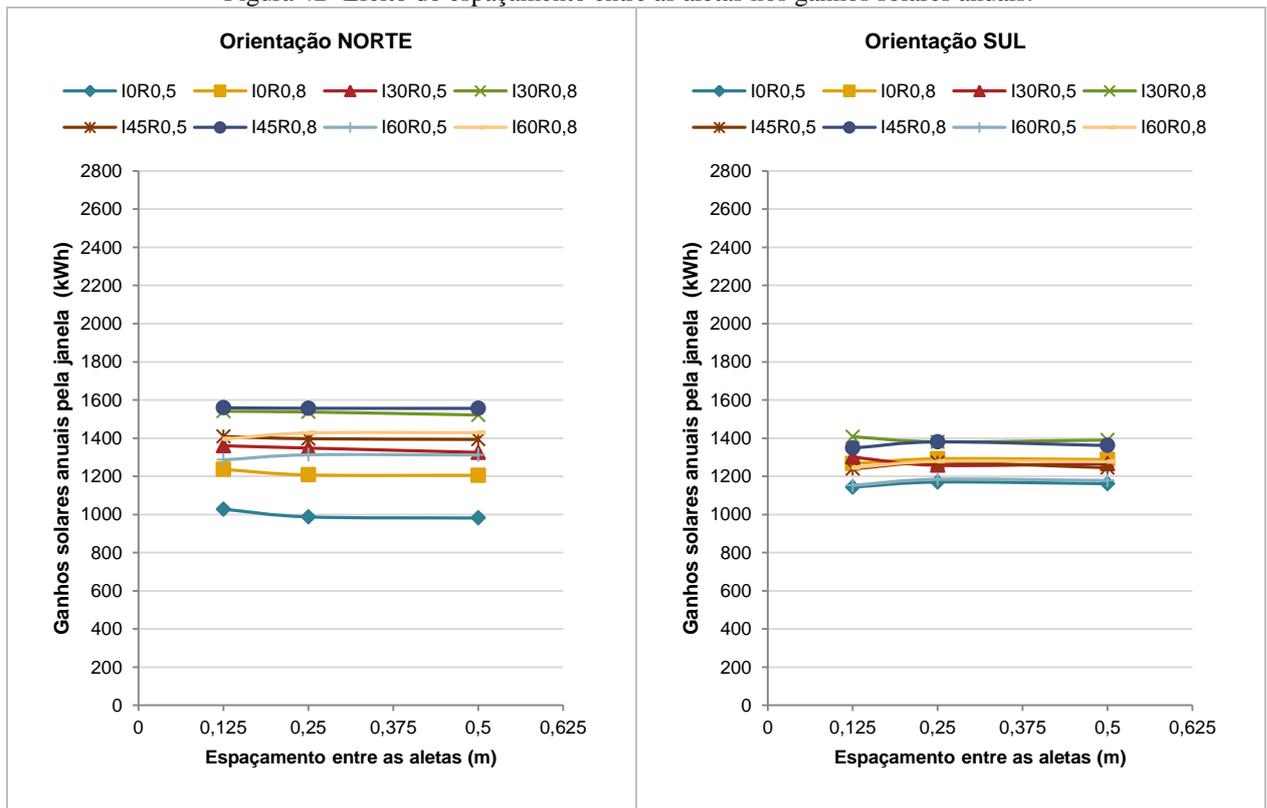
Com a janela orientada a Norte ou Sul, a diferença entre os coeficientes de variação obtidos para as diferentes configurações fica sempre próxima de 2%. Nas fachadas Leste e Oeste, essa diferença é maior, indicando maior influência das propriedades do *brise* quando a abertura está voltada para as duas últimas orientações.

### 3.1.3 Ganhos térmicos solares através das aberturas

#### 3.1.3.1 Efeito do espaçamento entre as aletas

O efeito do espaçamento no desempenho térmico dos *brises*, considerando a ordem de grandeza dos valores analisados, não é significativo, conforme se observa nas figuras 42 e 43. Para uma mesma configuração de *brise*, nenhuma variação no espaçamento provoca uma variação nos ganhos solares totais de mais de 50kWh.

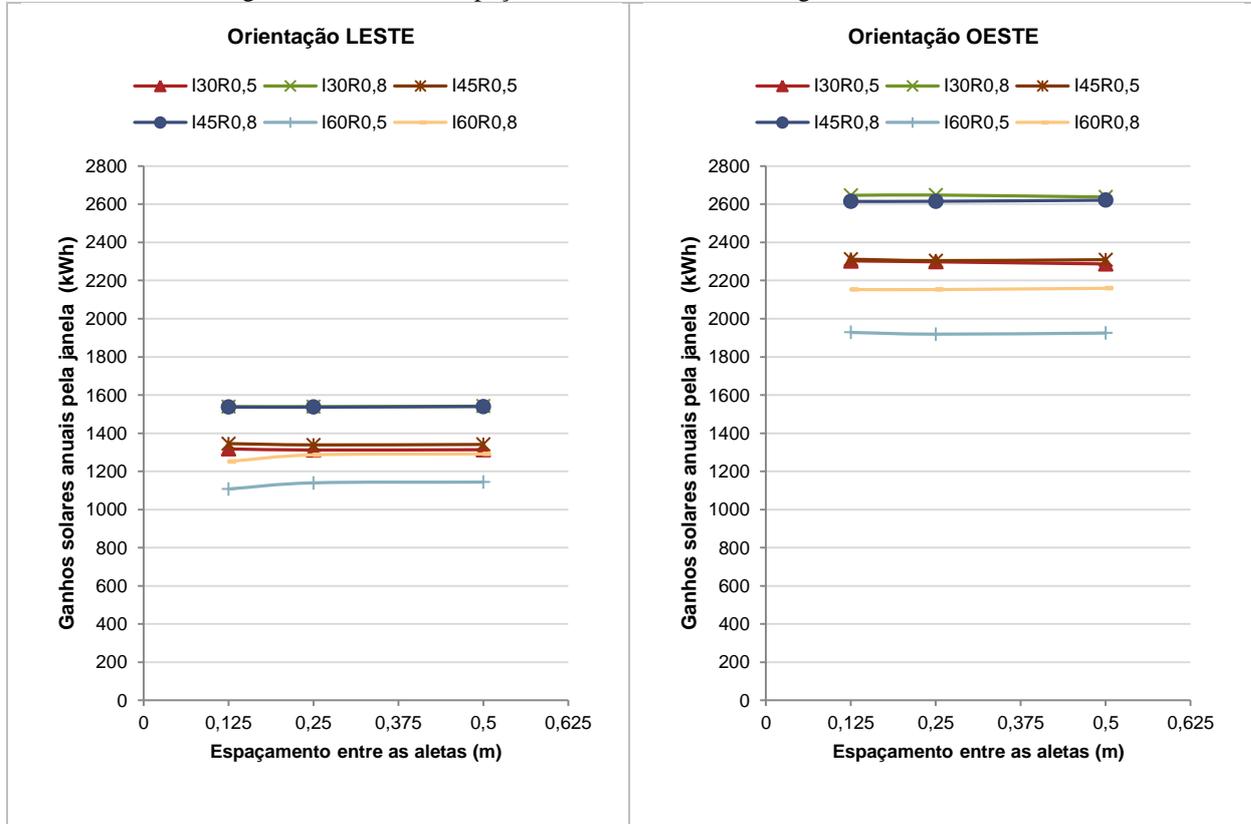
Figura 42- Efeito do espaçamento entre as aletas nos ganhos solares anuais.



De forma semelhante ao que ocorreu com a iluminação, nas fachadas Norte e Sul (figura 42), os resultados demonstram haver inter-relação entre espaçamento e inclinação (a mudança do espaçamento influencia o efeito da inclinação e vice-versa), mas eles são ainda menos expressivos que naquela análise. Com relação às fachadas Leste e Oeste (figura 43), o

efeito do espaçamento se dilui quase completamente, de forma que a inclinação e a refletância definem o resultado obtido.

Figura 43 - Efeito do espaçamento entre as aletas nos ganhos solares anuais.

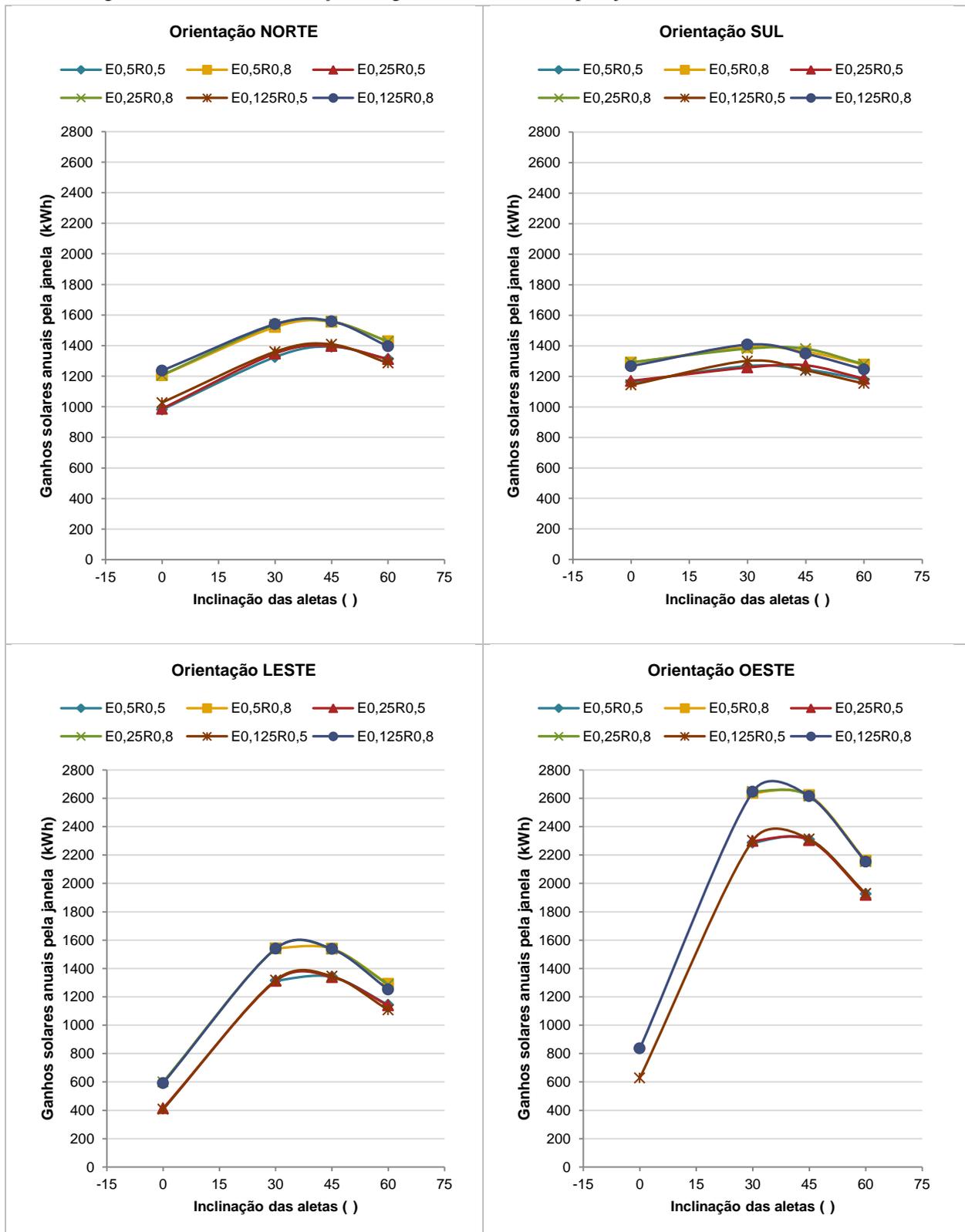


### 3.1.3.2 Efeito da inclinação das aletas

Com base nos resultados apresentados na figura 44, observa-se, que há uma tendência não-linear de variação dos ganhos solares totais em função da inclinação. Os valores mais altos referem-se sempre à inclinação 30° ou 45°, sendo 30° na fachada Norte, 45° na fachada Sul. Nas fachadas Leste e Oeste, os valores obtidos para 30° e 45° são semelhantes.

A análise dos ganhos solares considera o calor proveniente da radiação solar, o qual, de forma diferente do que acontece com a luz visível, sofre influência da emissividade das superfícies opacas do *brise*. Acredita-se que a compensação desse fator com as possibilidades de reflexão da luz pelas superfícies das aletas (as quais podem resultar, dependendo do ângulo de incidência e da inclinação do *brise*, em mais reflexão para o interior ou “retorno” da luz para o exterior) resultou na curva obtida para o efeito da inclinação nos ganhos solares.

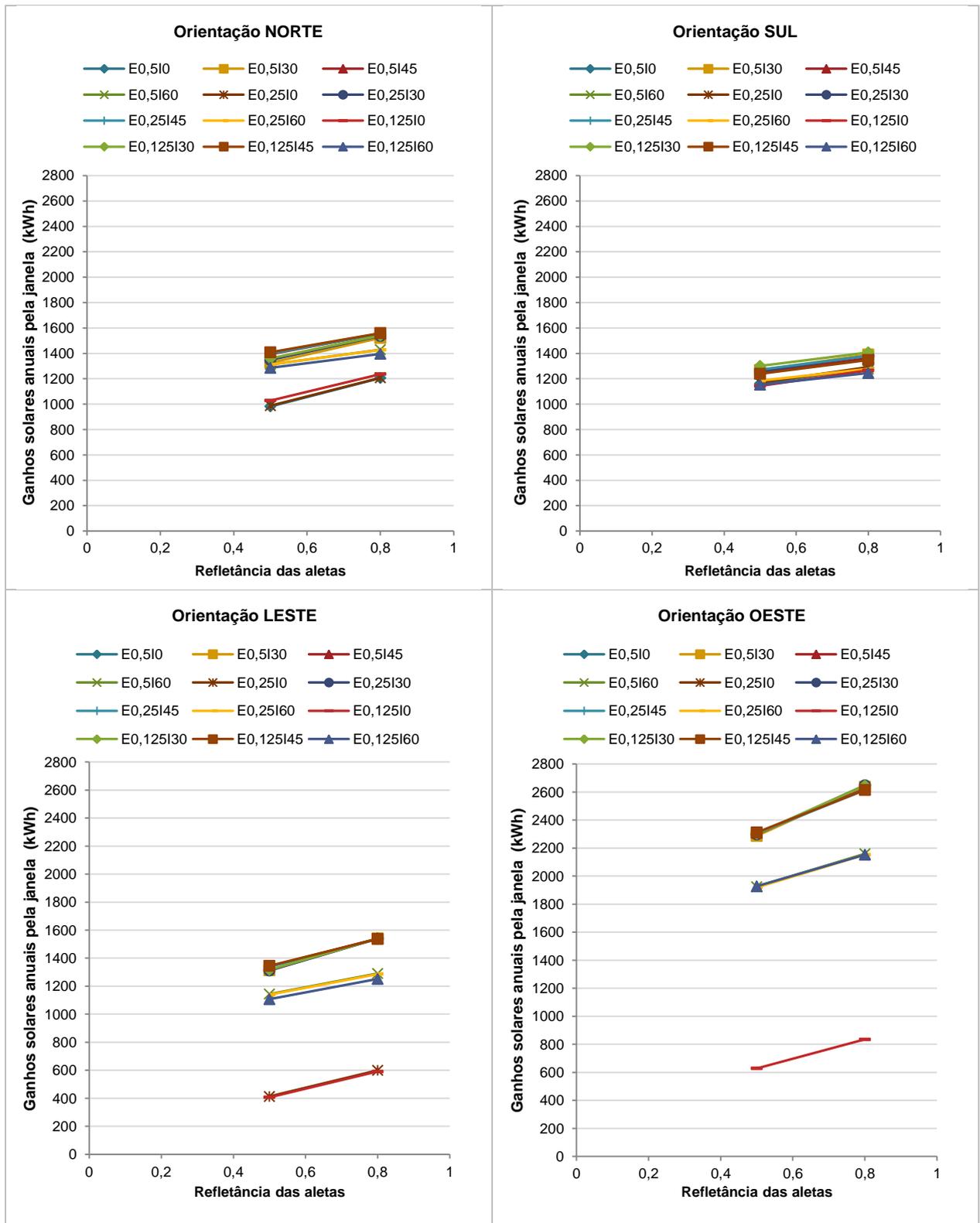
Figura 44 – Efeito da inclinação nos ganhos solares anuais pela janela orientada a Leste e Oeste.



### 3.1.3.3 Efeito da refletância das aletas

A figura 45 destaca o efeito da refletância no desempenho térmico dos *brises*.

Figura 45 - Efeito da refletância nos ganhos solares anuais pela janela orientada a Leste e Oeste.

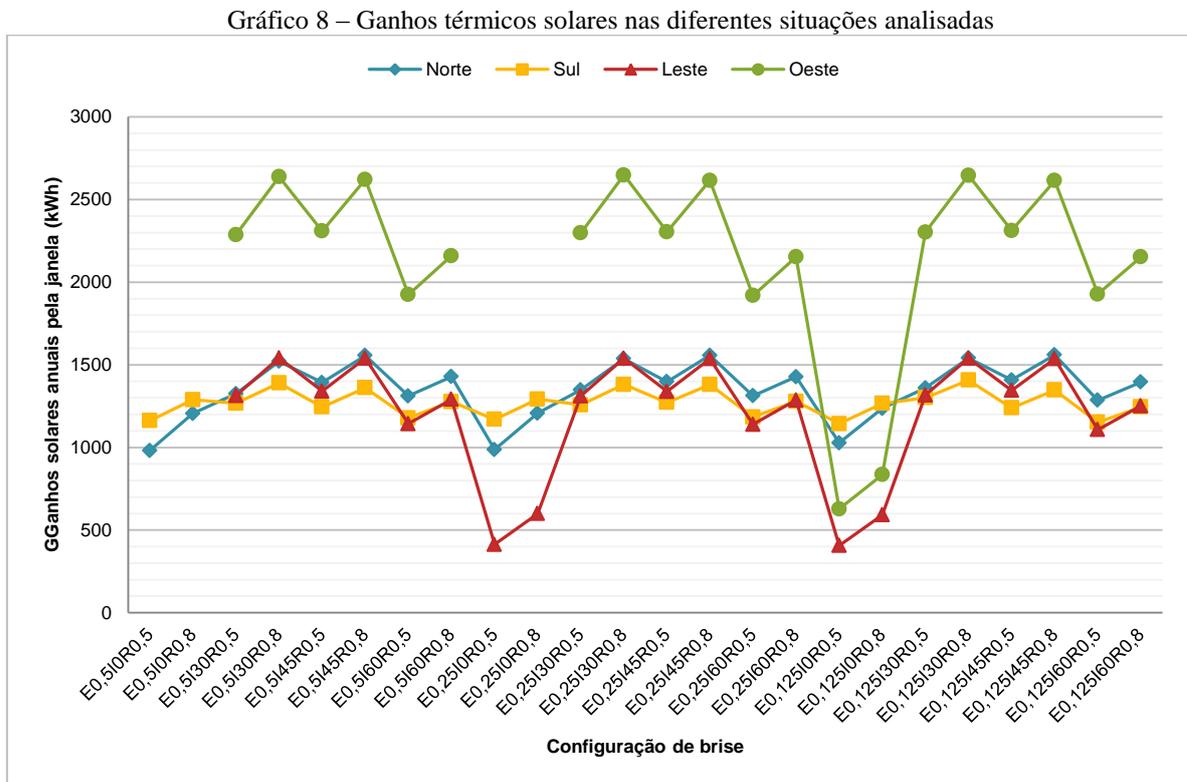


Apresenta-se a mesma característica principal do efeito na iluminação, consequente da própria definição dessa grandeza: o aumento da refletância aumenta os ganhos solares, sendo esse aumento mais representativo na fachada Oeste.

### Comparando os resultados por fachada

Os resultados apresentados foram agrupados no gráfico 8. Observa-se que a fachada Oeste apresenta os maiores índices de ganhos solares. Além disso, junto com a fachada Leste, ela apresenta resultados para a inclinação igual a 0° bastante reduzidos em relação aos demais, sugerindo a influência do tamanho da aleta, mais do que da inclinação em si, para estas fachadas.

Chama atenção o fato de a fachada Sul apresentar pouca variação na intensidade dos ganhos solares, em função das propriedades do brise, comparando-se com as demais fachadas. Este fator pode estar relacionado ao fato de que, para esta fachada, os ângulos de sombreamento são menores, havendo menor variação do tamanho das aletas entre si.



#### 3.1.4 Síntese parcial

Com relação ao efeito das propriedades no desempenho luminoso, foram observadas tendências que evidenciaram haver uma condicionalidade do efeito do espaçamento, o qual depende da inclinação considerada, e vice-versa. O espaçamento 0,5 tende a apresentar menores iluminâncias. Nas fachadas norte e sul todos os valores de iluminância apresentam-se dentro da faixa entre 500 e 2000lx (faixa desejável), o que não ocorre nas demais orientações,

que apresentaram resultados inferiores. A inclinação das aletas apresenta efeito aproximadamente linear sobre as iluminâncias: quanto mais inclinada a aleta for, em relação à horizontal, menor a quantidade de luz (exceto para a inclinação  $0^\circ$  nas fachadas Leste e Oeste). No que se refere à cor das aletas, o aumento da refletância de 0,5 para 0,8 tem maior implicação nos resultados das fachadas Leste e Oeste, pois pode significar a passagem da faixa útil para desejável.

Quanto à uniformidade, quanto mais claro o *brise*, menor o coeficiente de variação nas fachadas leste e oeste e maior nas fachadas norte e sul, sendo as alterações mais significativas nas primeiras. Considerando a distribuição da luz, nos casos analisados o aumento da refletância tende a diminuir a uniformidade na distribuição horizontal da luz.

Na análise do desempenho térmico, o espaçamento não apresenta influência significativa nos resultados. Com relação ao efeito da inclinação, os resultados sugerem uma variação não-linear (sendo os maiores valores obtidos com inclinação  $30^\circ$  ou  $45^\circ$ , seguidos pelos resultados com inclinação  $60^\circ$  e depois inclinação  $0^\circ$ ). O aumento da refletância aumenta os ganhos solares.

No que se refere às diferenças na orientação da abertura, a principal particularidade refere-se às fachadas Leste e Oeste apresentarem os menores resultados para a inclinação  $0^\circ$ , sendo esta uma condição que independe da análise realizada. Atribui-se esse resultado à dimensão da aleta correspondentes a essa inclinação, muito maior do que a das demais, devido aos ângulos de sombreamento definidos.

Observou-se que na análise da iluminação, as maiores diferenças visualizadas em função das propriedades do *brise* ocorreram nas fachadas Norte e Sul. Já com relação ao desempenho térmico, tal condição ocorreu nas fachadas Leste e Oeste. Ambas as situações correspondem aos maiores valores de cada análise. Dessa forma, os resultados sugerem as condições de maior intensidade de iluminação e de ganhos solares são mais influenciados pela modificação nas propriedades do *brise* do que aquelas com menor intensidade.

Por fim, observou-se que as tendências do efeito das propriedades dos *brises* na variação dos resultados são mais nítidas na análise dos ganhos solares.

### **3.2 Desempenho térmico e luminoso**

Nesta seção, são apresentados os resultados referentes ao desempenho térmico e luminoso dos *brises* analisados, considerando-se a comparação com as situações sem *brise*, a

variação dos índices analisados ao longo do ano e as diferentes orientações de abertura trabalhadas.

### 3.2.1 Iluminação Natural

A inserção de *brises* sempre provoca a redução nos níveis de iluminância, na medida em que diminui a quantidade de radiação solar que chega ao interior do ambiente. A forma de variação dessa redução ao longo do ano varia de acordo com a fachada. Os resultados obtidos para as fachadas Norte, Sul Leste e Oeste são apresentados a seguir, considerando-se a abertura exposta e duas configurações de *brise* diferentes: a que corresponde à obtenção de maior iluminância média no plano de trabalho e a que corresponde à menor iluminância, dentre os casos analisados.

#### 3.2.1.1 Quantidade

A tabela 4 apresenta os maiores e menores percentuais de redução da iluminância, em relação às situações sem brise, dados que serão referenciados nas análises a seguir. Os dados primários completos podem ser encontrados no apêndice D. Para as orientações Leste e Oeste, foram apresentados os resultados correspondentes a dois horários de análise (9h e 15h), de forma a abranger situações com e sem Sol.

Tabela 4 – Percentuais de redução da iluminância em relação à situação sem *brises*.

	<b>Horário</b>	<b>Mín.</b>	<b>Méd.</b>	<b>Máx.</b>
<b>Norte</b>	15h	32,36	<b>63,66</b>	82,69
<b>Sul</b>	15h	11,87	<b>33,45</b>	51,74
<b>Leste</b>	9h	80,39	<b>91,02</b>	96,59
	15h	80,39	<b>88,56</b>	95,02
<b>Oeste</b>	9h	82,10	<b>90,16</b>	95,06
	15h	83,10	<b>91,52</b>	97,40

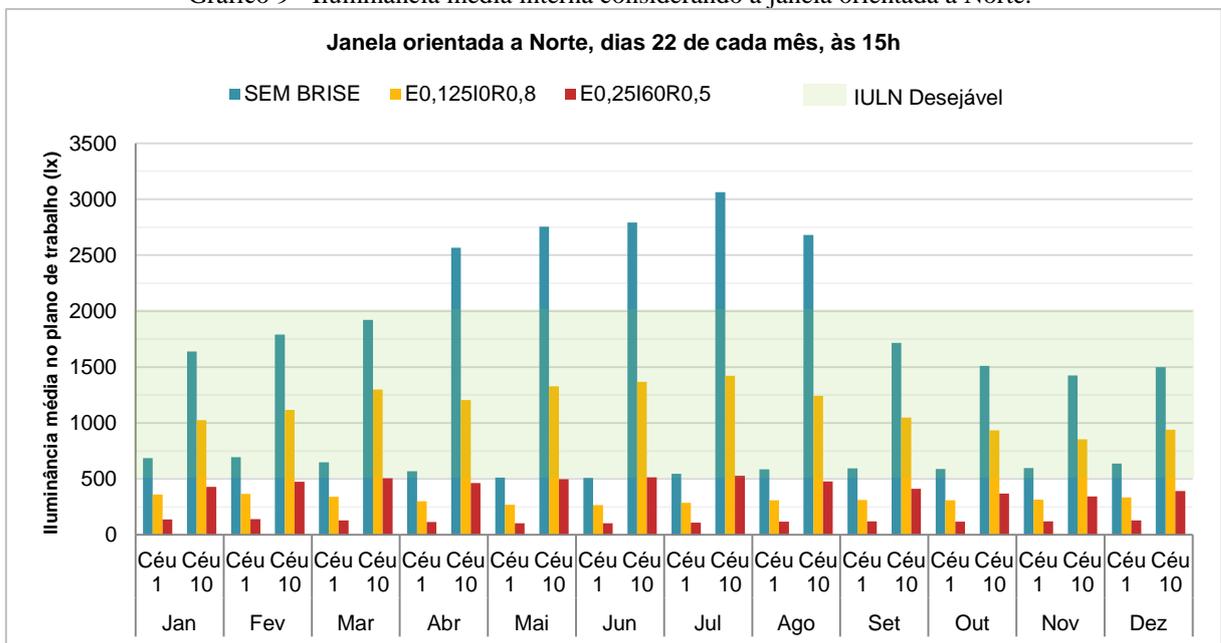
#### *Janela orientada a Norte*

A fachada Norte recebe maior quantidade de radiação solar nos meses de abril a agosto. A partir dos dados apresentados na tabela 4 e no gráfico 9, observa-se que é nesse período que a redução da iluminância causada pela inserção de *brises*, em relação à abertura exposta, é maior, chegando a 82, 69% no mês de julho, sob condições de céu parcialmente encoberto (situação com espaçamento entre as aletas igual a 0,25m, inclinadas 60° em relação

à horizontal e refletância baixa). O menor percentual de redução da iluminância obtido, igual a 32,36%, ocorre no mês de março, também sob condições de céu parcialmente encoberto (situação E0,125I0R0,8).

A redução nos níveis de iluminância coloca os valores, antes excessivos (sem a presença de *brise*), na faixa de iluminância útil desejável. Já sob céu encoberto, o qual já representa índices de iluminância baixos, a inserção de *brises* aproxima mais os resultados da faixa de iluminância insuficiente, ou seja, os valores de iluminância com a presença de *brises* estão próximos à faixa de 100lx.

Gráfico 9 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Norte.

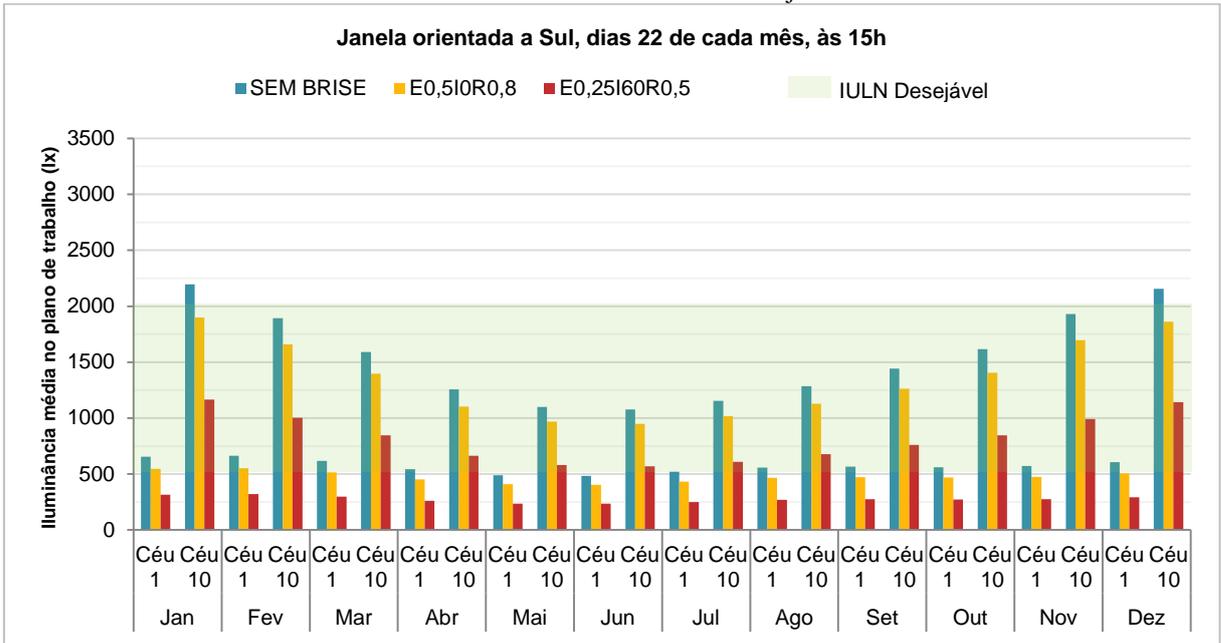


### *Janela orientada a Sul*

O gráfico 10 apresenta os resultados de iluminância média no plano de trabalho obtidos para as situações com a janela na fachada Sul. Assim como no caso anterior, essa fachada recebe radiação solar direta durante uma parte do ano (aqui correspondentes aos meses de verão), tendo como fonte de luz apenas o céu durante o restante do ano.

Nesta fachada, a inserção de *brises* reduz o nível de iluminância à metade (entre 47% e 52%), em todos os casos referentes à configuração E0,25I60R0,5. Ainda assim, todos os valores mensais encontram-se acima de 560lx, sob céu parcialmente encoberto, e acima de 230lx, sob céu encoberto, o que mantém os valores dentro da faixa de iluminância útil (entre 100 e 2000lx).

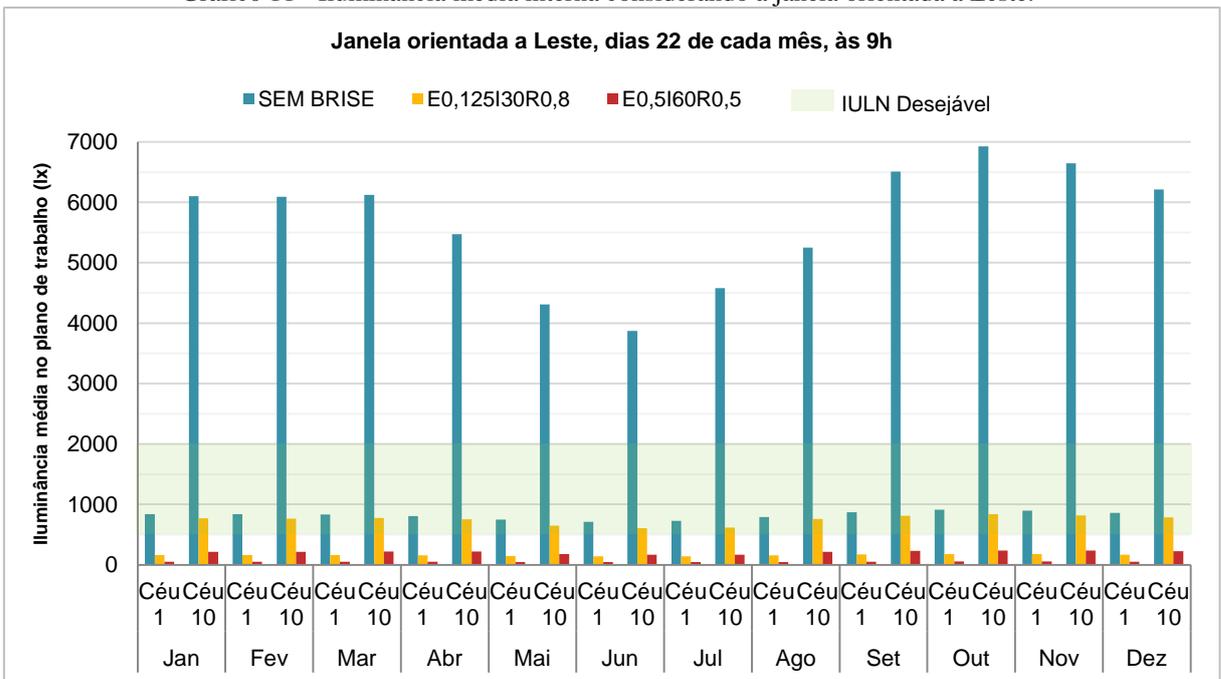
Gráfico 10 – Iluminância média interna considerando a janela orientada a Sul.



*Janela orientada a Leste e a Oeste*

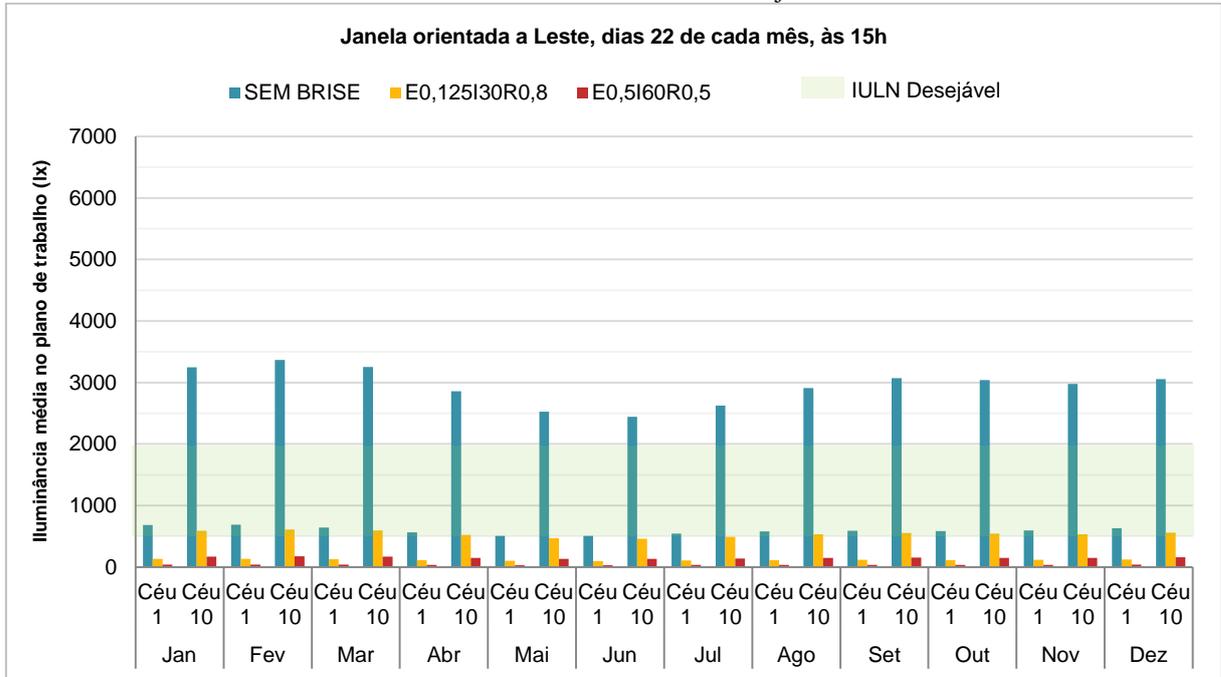
Na fachada Leste, a redução da iluminância provocada pela inserção de brises varia de 80,39% a 96,59%. Em se tratando da iluminância interna obtida, essa é a fachada que atinge os maiores índices médios, que se aproximam de 7000lx no mês de outubro (gráfico 11).

Gráfico 11 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Leste.



Mesmo considerando a ausência de radiação solar direta, aqui representada pelo horário 15h (gráfico 12), todas as iluminâncias obtidas nas situações sem brise e sob condições de céu parcialmente encoberto encontram-se acima dos 2000lx.

Gráfico 12 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Leste.



Com a janela orientada a Oeste (gráficos 13 e 14), a redução da iluminância em função da inserção do *brise* é semelhante à fachada Leste. Aqui a situação de céu com Sol também se destaca pela alta luminosidade nos meses de setembro e outubro (gráfico 14). Os maiores valores mensais sob céu encoberto são da ordem de 110lx. Tal fator pode vir a caracterizar uma dependência do sistema de iluminação artificial durante muito tempo, o que não é desejável considerando-se a qualidade da iluminação e o consumo de energia elétrica.

Assim, com a janela orientada a Leste e Oeste, os valores de iluminância inicial (sem *brises*) são maiores em relação às outras duas fachadas, apresentando valores sempre na faixa de iluminância excessiva (acima de 2000lx). Contudo, o sombreamento definido para as mesmas pode se traduzir em perdas significativas de iluminação natural.

Quanto à curva de variação das iluminâncias ao longo do ano, que era bastante expressiva na situação sem *brises* (especialmente considerando-se o horário analisado em que há incidência de radiação solar direta), ela passa a ser pouco evidente nas situações com *brise*, na escala analisada.

Gráfico 13 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Oeste.

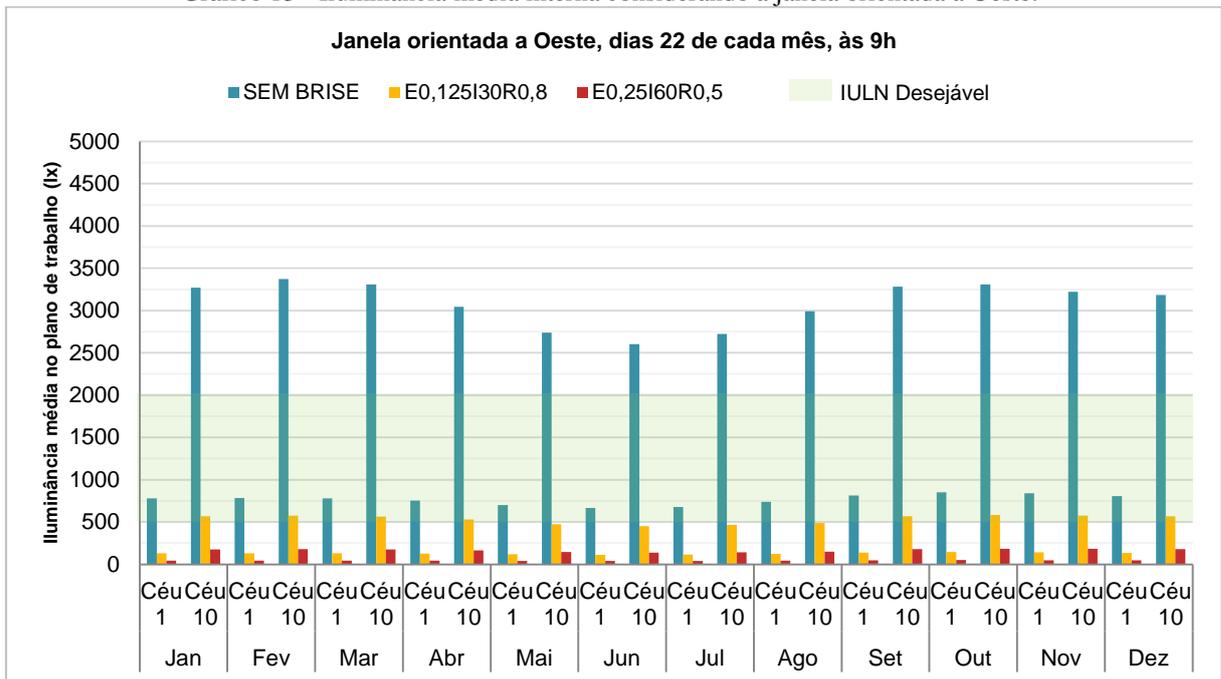
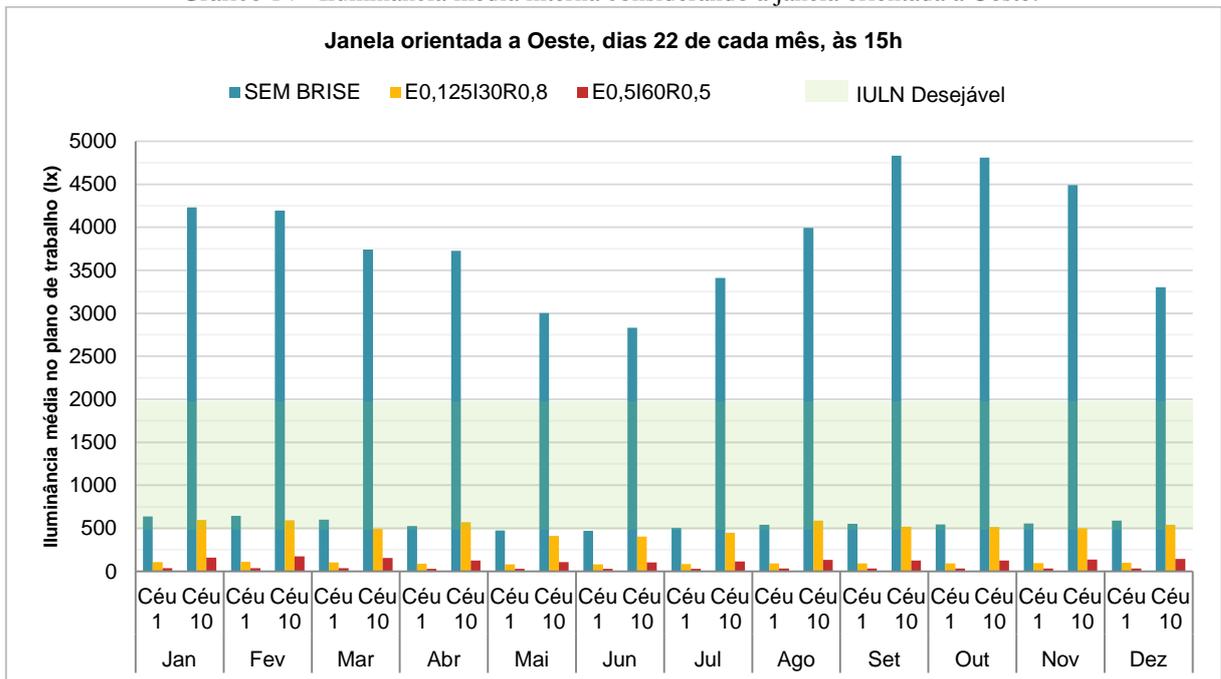


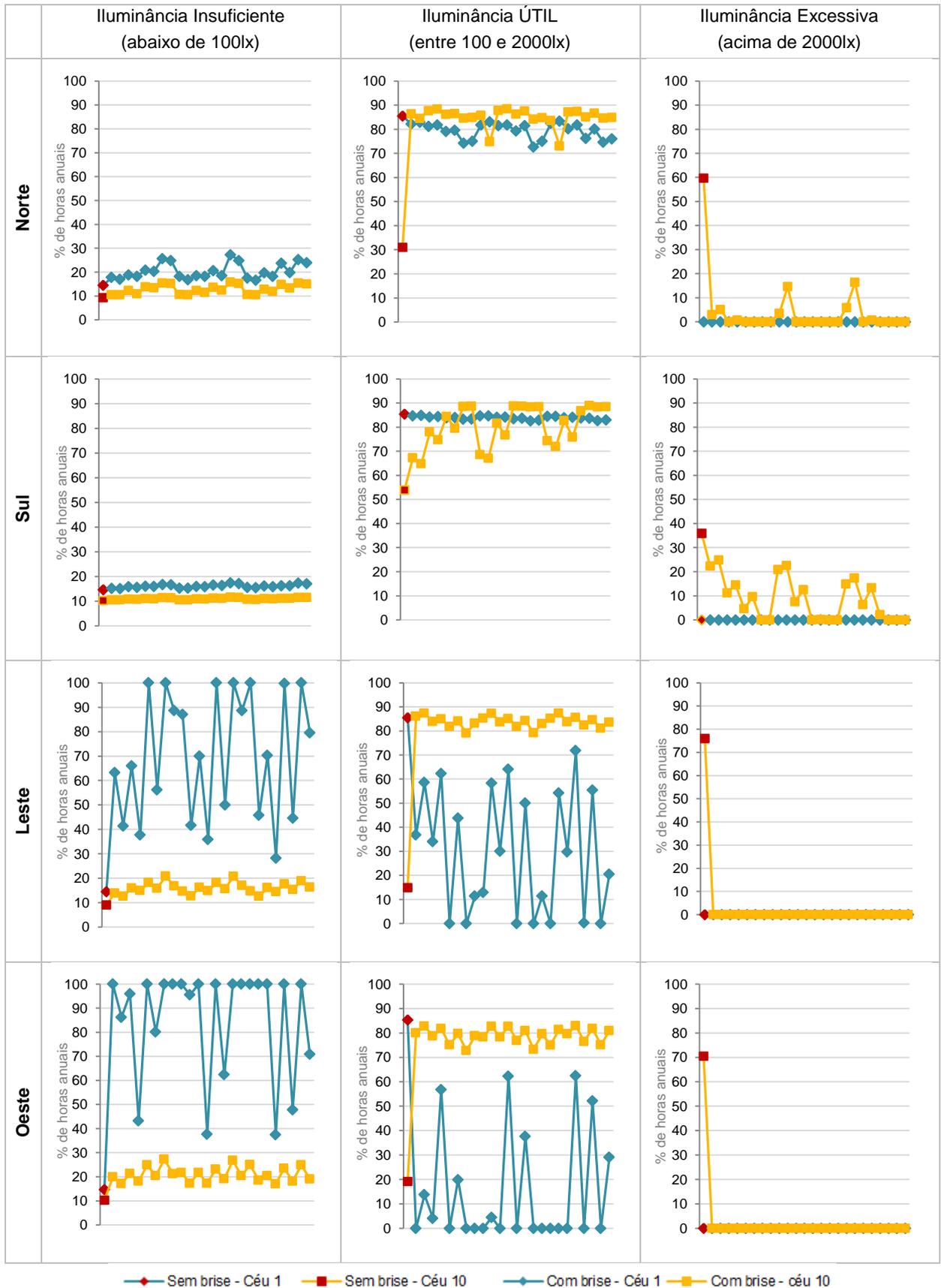
Gráfico 14 - Iluminância média interna considerando a janela orientada a Oeste.



### Resultados expressos em valores relativos

A figura 47 apresenta os percentuais de ocorrência de horas anuais nas quais a iluminância média no plano de trabalho é insuficiente, útil e excessiva, para os dois tipos de céu analisados, 1 e 10 da CIE (2003). O eixo X corresponde às situações analisadas, com ausência de *brise* e sua presença com as diferentes configurações analisadas.

Figura 46 – Percentuais de ocorrência das iluminâncias por faixa, considerando as horas anuais simuladas.



Os resultados obtidos para as faixas insuficiente e útil nas fachadas Norte e Sul indicam que as diferenças entre os índices registrados para as diferentes configurações de *brise*, bem como a diferença ao se considerar o céu parcialmente encoberto ou encoberto, são pouco expressivas se comparadas com os mesmos casos nas fachadas Leste e Oeste. Com relação à ocorrência de iluminância excessiva, essa tendência se inverte, chegando a significar, nas fachadas Leste e Oeste, a ausência de iluminâncias excessivas.

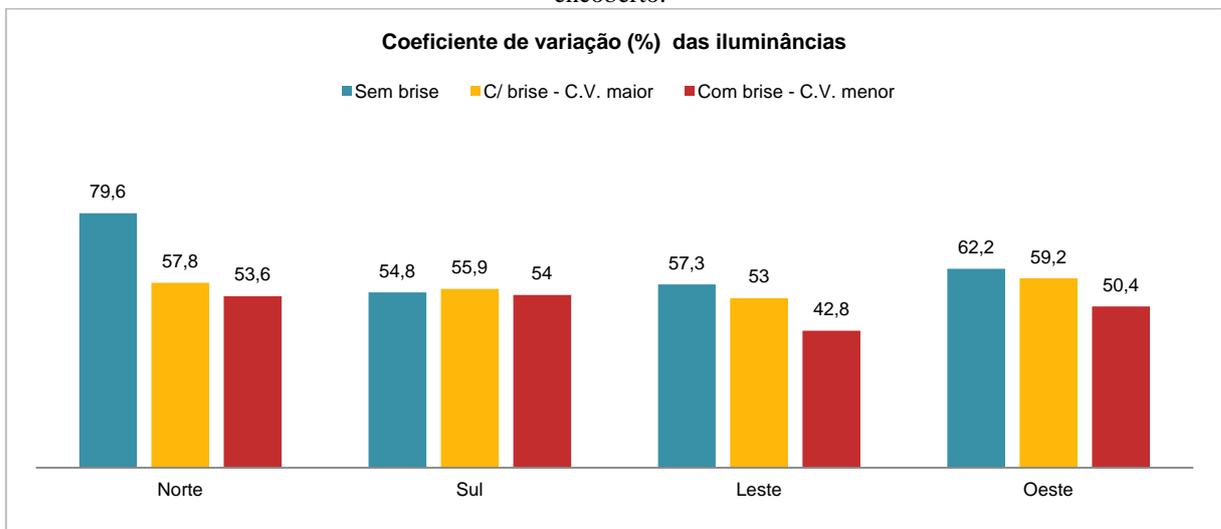
Os gráficos também evidenciam que o céu encoberto (1 da CIE), pode apresentar maior ocorrência de iluminância útil, apesar de proporcionar menos admissão de luz que o céu parcialmente encoberto (10 da CIE). Isso ocorre devido ao fato de este último apresentar maior ocorrência de iluminância acima de 2000lx, aqui considerada excessiva, em relação ao primeiro.

Sobre a presença ou não de *brises*, as maiores variações ocorrem para os índices de iluminância útil, que aumentam significativamente com a inserção desses elementos, considerando-se céu parcialmente encoberto, e diminuem, considerando céu encoberto.

### 3.2.1.2 Uniformidade

O gráfico 15 apresenta os coeficientes de variação das iluminâncias obtidos para as quatro orientações de abertura, considerando-se as situações sem *brise* e as situações com menor e maior coeficiente de variação para cada fachada.

Gráfico 15 – Limites dos coeficientes de variação das iluminâncias no plano de trabalho, sob céu parcialmente encoberto.



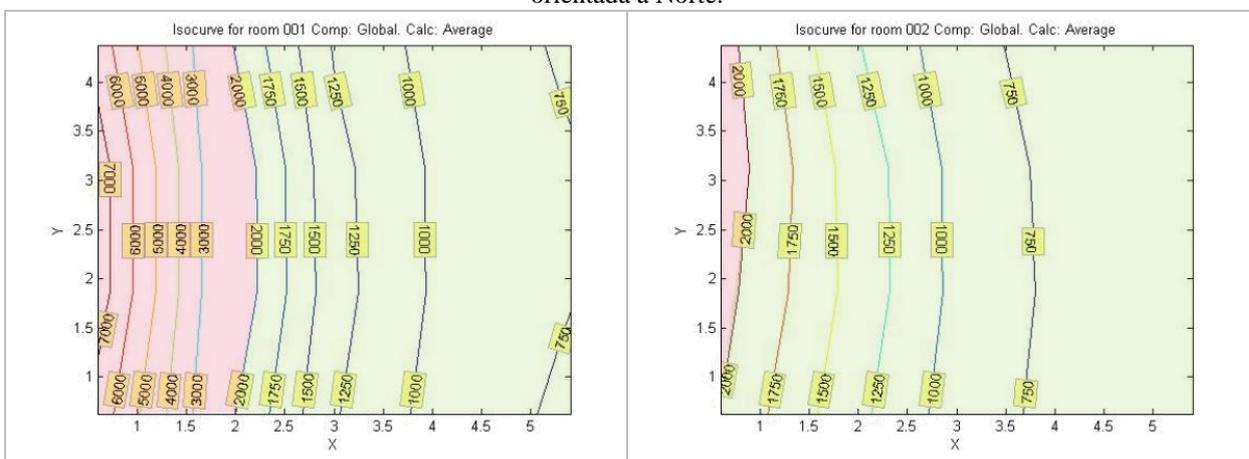
Para céu encoberto, os coeficientes de variação das iluminâncias encontram-se no intervalo entre 52,1 e 52,4% em todos os casos analisados, inclusive sem a presença de *brises*. Não havendo radiação solar direta, as diferenças entre as situações analisadas se diluem, conforme o ocorrido com a análise dos valores absolutos de iluminância. Desta forma, foram destacadas as situações com Sol, que, neste trabalho, correspondem ao céu parcialmente encoberto.

Observa-se que a inserção de *brises*, à medida que diminui os coeficientes de variação das iluminâncias nas fachadas Leste e Oeste, aumenta a uniformidade entre as iluminâncias obtidas ao longo do ano nessas fachadas. Na fachada Sul, a inserção de *brises* pode diminuir ou aumentar pouco significativamente o coeficiente de variação na fachada Sul. A maior diferença entre os resultados obtidos com *brise* e sem *brise* ocorrem na fachada norte.

As figuras a seguir ilustram as isocurvas de iluminância obtidas considerando-se a iluminância média no plano de trabalho obtida para os dias 22 de cada mês do ano (média dos 12 dias), para as quatro orientações consideradas. À esquerda, as isocurvas obtidas para a situação correspondente à abertura sem *brise*. À direita, as situações correspondentes ao menor coeficiente de variação.

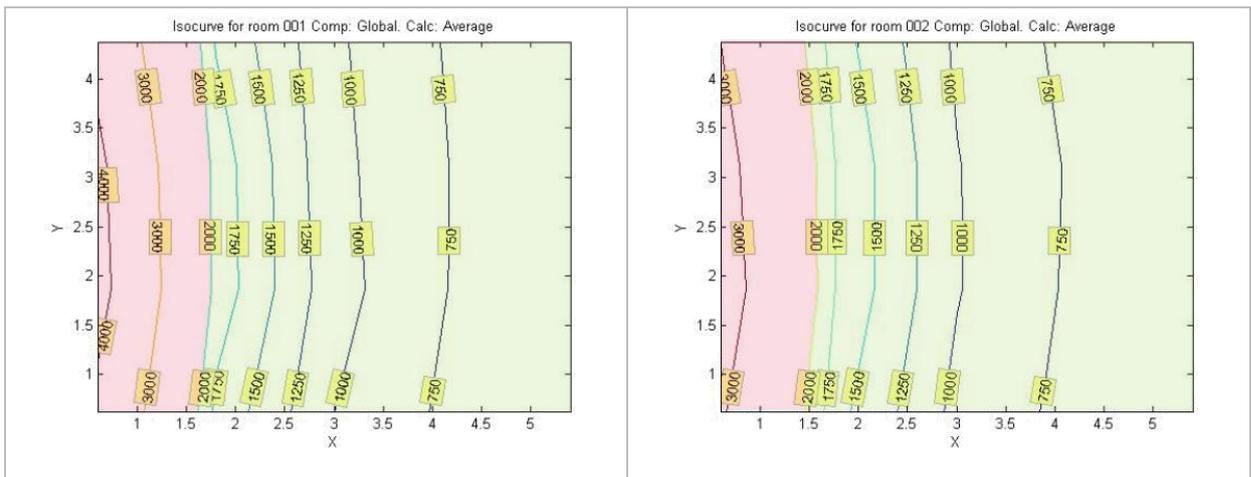
Com base na figura 47, observa-se que a ordem de grandeza dos valores de iluminância máximos registrados na fachada Norte se modifica consideravelmente da situação sem *brise* para a situação com *brise*, sendo, naturalmente, maior na primeira. Observa-se que, para um mesmo intervalo de iluminâncias, a situação correspondente à janela sombreada possui menos curvas e mais espaçadas entre si, o que indica maior uniformidade na distribuição da luz do que a apresentada na situação sem *brise*.

Figura 47 - Isocurvas de iluminância para as situações sem *brise* (esquerda) e E0,5I0R0,5 (direita), com janela orientada a Norte.



Considerando a janela orientada a Sul (figura 48), observa-se que a alteração das iluminâncias se verifica na região próxima à janela, onde, para a situação sem *brise* há um intervalo de curvas entre 2000lx e 4000lx, e para a situação com *brise*, o intervalo se compreende entre 2000 e 3000lx.

Figura 48 – Isocurvas de iluminância para as situações sem *brise* (esquerda) e E0,5I0R0,5 (direita), com janela orientada a Sul.



Os resultados obtidos considerando-se a janela orientada à Leste e Oeste (figuras 49 e 50) ilustram uma modificação expressiva da distribuição das iluminâncias obtidas comparando-se as situações com *brise* e sem *brise*. Nesse sentido, a principal observação para essas fachadas refere-se à mudança na ordem de grandeza dos resultados.

Figura 49 - Isocurvas de iluminância para as situações sem *brise* (esquerda) e E0,125I0R0,5 (direita), com janela orientada a Leste.

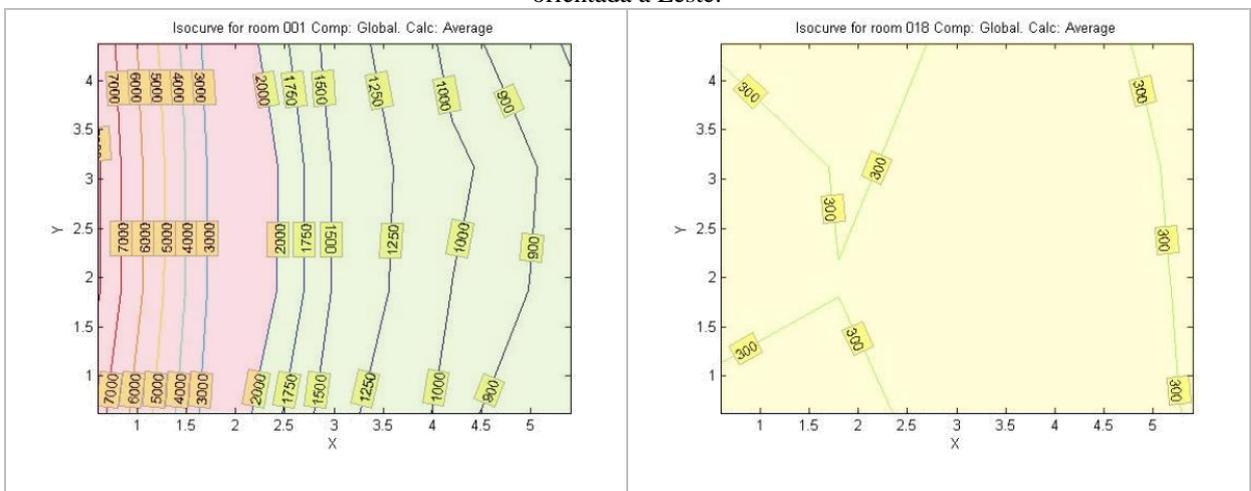
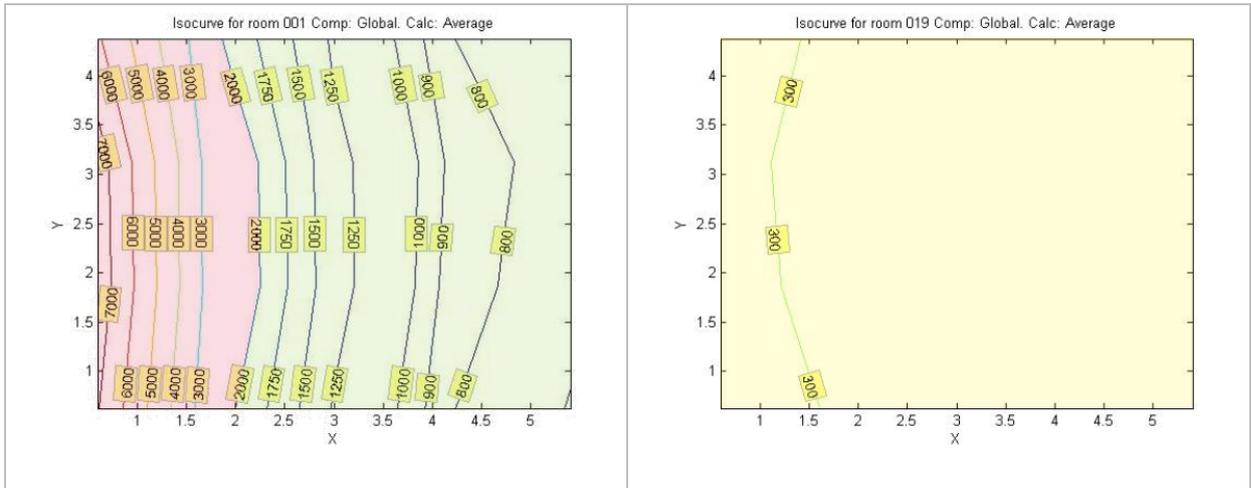


Figura 50 - Isocurvas de iluminância para as situações sem *brise* (esquerda) e E0,125I0R0,8 (direita), com janela orientada a Oeste.



### 3.2.2 Ganhos térmicos solares através das aberturas

Assim como ocorre com a iluminação natural, a inserção dos *brises* tende a reduzir os ganhos solares internos. A variação desses ganhos solares é o objeto desta seção. A tabela a seguir contém o registro dos percentuais de redução dos ganhos solares mensais em relação à situação da janela exposta. Esses valores serão referenciados nas análises por fachada. Os dados primários completos podem ser encontrados no apêndice C.

Tabela 5 – Percentuais de redução dos ganhos solares em relação à situação sem *brises*

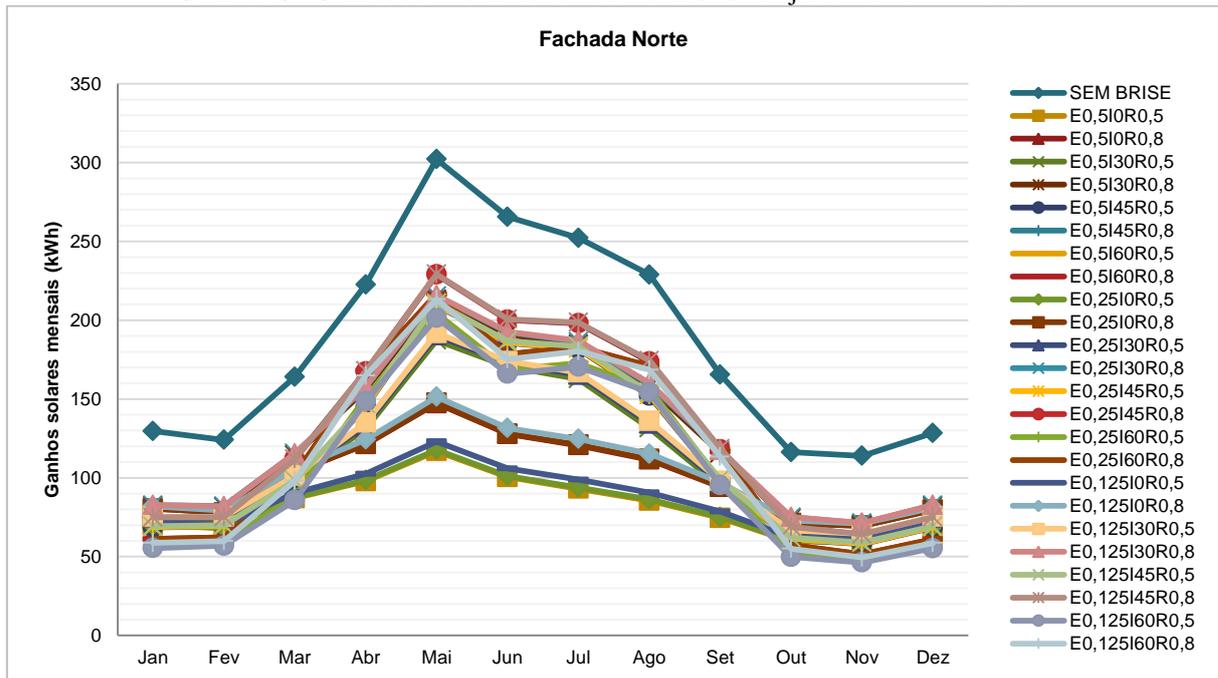
	Mín.	Méd.	Máx.	Desvio Padrão
<b>Norte</b>	21,22	<b>40,37</b>	63,10	10,03
<b>Sul</b>	15,84	<b>28,57</b>	44,08	6,44
<b>Leste</b>	34,75	<b>50,82</b>	89,88	14,98
<b>Oeste</b>	33,63	<b>46,57</b>	88,57	13,41

Nos casos analisados, não há um intervalo claro entre uma possível configuração com maiores valores e outra com menores valores referentes aos ganhos solares resultantes da inserção de *brises*. Essa observação depende do mês a ser considerado, de forma que a variação sazonal dos ganhos solares nas situações analisadas depende mais da configuração de *brise* do que a variação sazonal da iluminância.

### Janela orientada a Norte

O gráfico 16, que representa os ganhos solares mensais totais em função da configuração de *brise*, mostra que as maiores diferenças entre os resultados obtidos nas situações com *brise* e sem *brise*, bem como das configurações entre si, ocorrem nos meses de março a outubro, quando esta fachada recebe Sol.

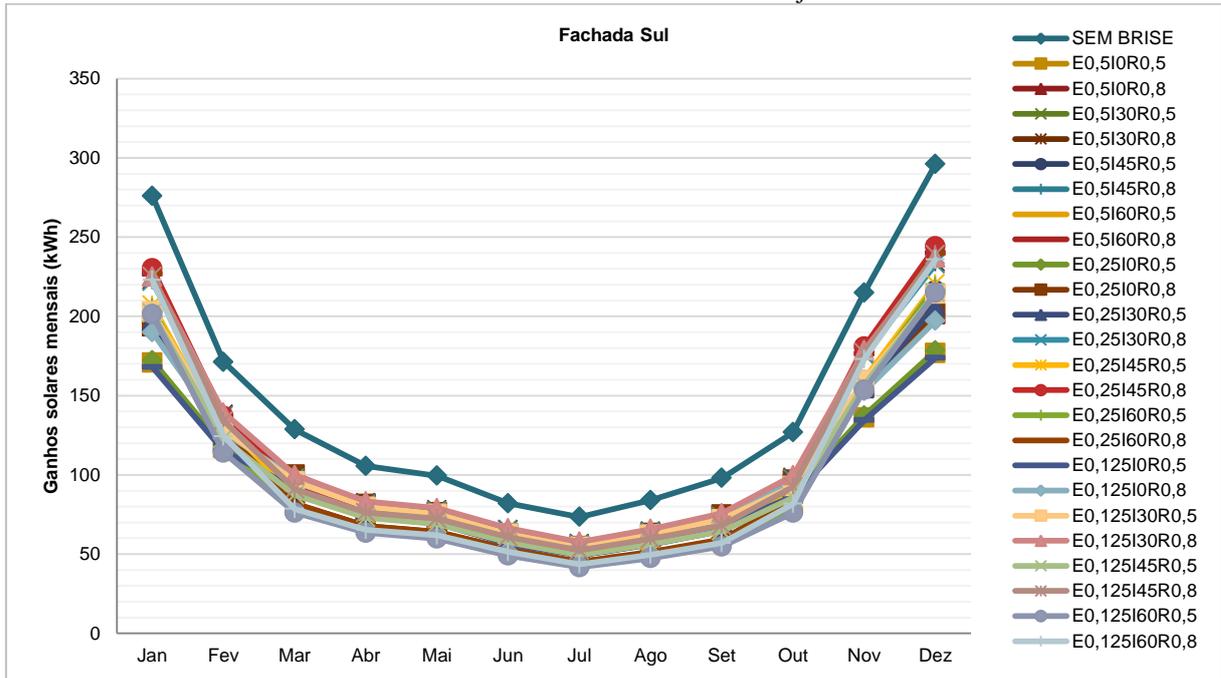
Gráfico 16 - Ganhos solares mensais com e sem *brise* na janela orientada a Norte.



O percentual de redução dos ganhos solares das situações com *brise* em relação à situação sem *brise* é sempre maior que 21%, chegando a 63% no mês de julho, na à configuração E0,5I0R0,5. Novamente, as configurações correspondentes às aletas sem inclinação em relação à horizontal apresentam valores expressivamente menores que os obtidos com as demais configurações.

### Janela orientada a Sul

Com a janela na orientação Sul (gráfico 17), também há maior diferença dos resultados entre as configurações em um período do ano. Neste caso, o período é o verão, onde ocorrem as maiores reduções dos ganhos solares.

Gráfico 17 - Ganhos solares mensais com e sem *brise* na janela orientada a Sul.

A diferença nos ganhos solares considerando-se a situação com *brise* com relação à sem *brise* chega a 44,08% em setembro, com a configuração E0,125I60R0,5. O menor percentual de redução é igual a 15,84%, em novembro, com a configuração E0,25I45R0,8.

#### *Janela orientada à Leste e Oeste*

Os gráficos 18 e 19 apresentam os resultados obtidos referentes aos ganhos solares mensais com a janela orientada a Leste e Oeste. Assim como ocorreu com as iluminâncias, os maiores valores de ganhos solares são registrados nessas fachadas, assim como as maiores reduções percentuais considerando-se a comparação entre as situações com *brise* e sem *brise* e entre as diferentes configurações. O afastamento vertical entre as linhas nos gráficos evidenciam esse resultado.

Observa-se, dessa forma, que a opção por uma ou outra configuração de *brise* tem maior peso sobre o resultado nessa fachada do que nas fachadas Norte e Sul. Já horizontalmente, as curvas são semelhantes, de forma que a diferença mensal e sazonal também é mais uniforme entre as diversas configurações do que nas fachadas Norte e Sul.

Na orientação Leste, os menores totais de ganhos solares ocorrem nas configurações com as aletas sem inclinação em relação à horizontal e com refletância 0,5 (correspondendo a uma redução entre 82% e 90%, em relação à situação sem brises). Já os casos com inclinação

das aletas igual a 30° e refletância igual a 0,8 apresentam a maior quantidade de ganhos solares, que atingem 170 kWh mensais e representam redução de 35% do somatório anual em relação à situação com a janela exposta.

Gráfico 18 – Ganhos solares mensais com e sem *brise* na janela orientada a Leste.

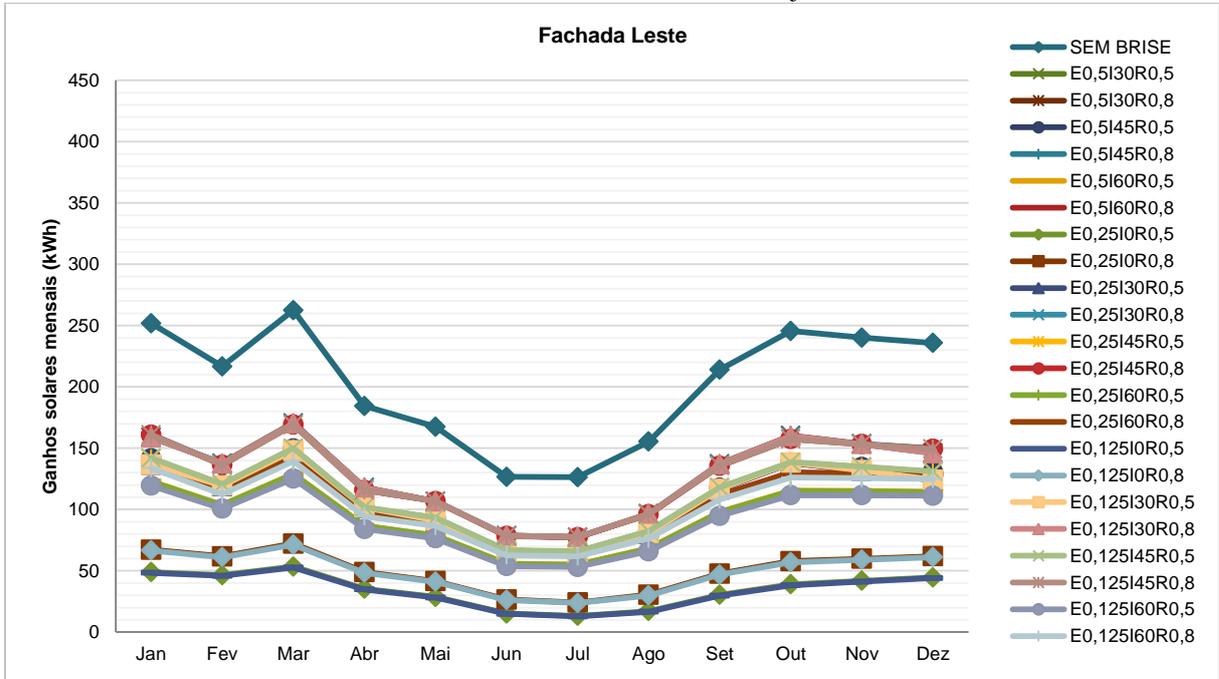
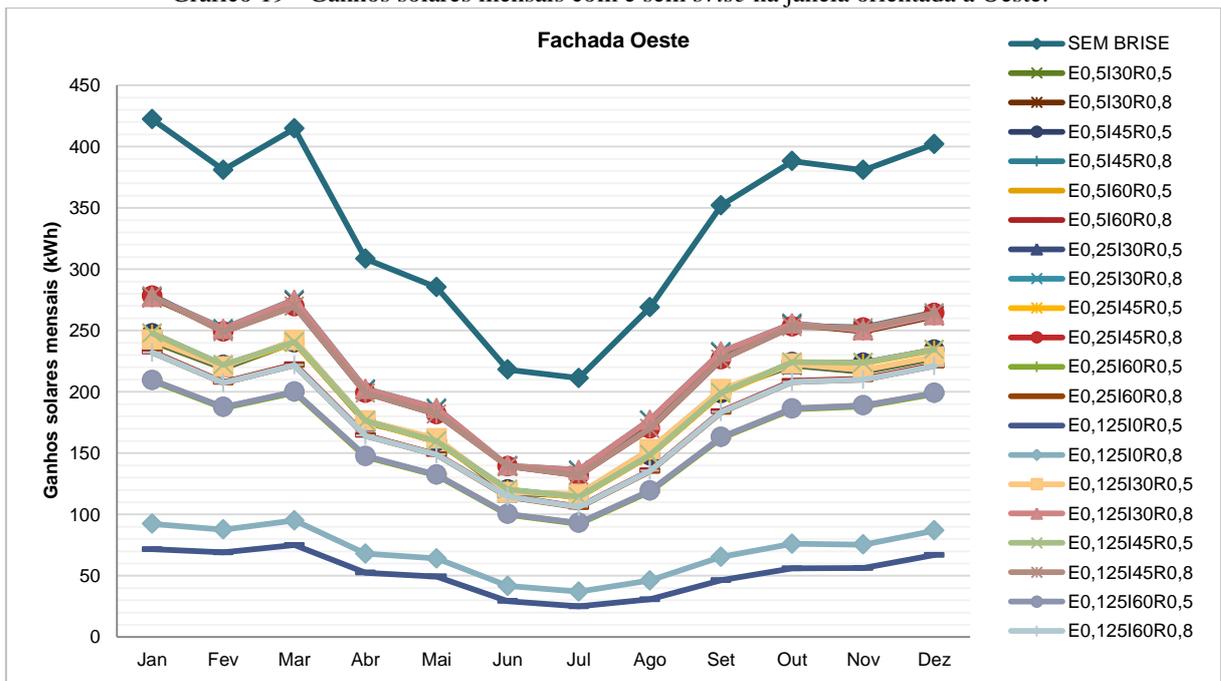


Gráfico 19 - Ganhos solares mensais com e sem *brise* na janela orientada a Oeste.



As tendências referentes à fachada Leste se repetem para a fachada Oeste (gráfico 19). Nesta, as configurações que ocasionam maior quantidade de ganhos solares são aquelas com inclinação igual a 30° ou 45° e refletância 0,8. Atinge-se, como menor índice, o valor próximo a 25kWh mensais, com a configuração E0,125I0R0,5, no mês de agosto.

### *Resultados expressos em valores relativos*

A análise dos ganhos solares também pode ser complementada com a apresentação dos resultados dos ganhos solares em valores relativos, ilustrando o que eles representam em termos comparativos com a radiação solar incidente e com a carga térmica total do ambiente.

Assim, o gráfico 20 apresenta dados de ganhos solares absolutos, conforme as análises anteriores, e os gráficos 21 e 22 apresentam os resultados referentes ao percentual de redução da demanda por resfriamento anual do ambiente e ao fator solar da janela, respectivamente. Como já visto, o espaçamento entre as aletas não influenciou significativamente o desempenho térmico dos *brises*, de forma que os gráficos apresentados a seguir ilustram apenas o espaçamento 0,125m, cujas análises contemplam todas as demais combinações de parâmetros (as quatro inclinações e as duas refletâncias), para melhor visualização dos resultados.

Com relação ao somatório anual dos ganhos solares (gráfico 20), observa-se que as fachadas Norte, Sul e Leste apresentam desempenho semelhante. Já quanto à redução da carga térmica para resfriamento (gráfico 21), observa-se que os resultados variam entre si de forma expressiva, de 3 a 18%, sendo os maiores índices obtidos para a fachada Oeste e os menores para a fachada Sul.

No que se refere ao fator solar, observa-se que a inserção de *brises* proporciona uma transmissão de menos de 50% da radiação solar incidente em todos os casos com *brise* nas orientações Norte, Leste e Oeste.

A principal consequência da diferenciação na forma de interpretação dos dados refere-se à comparação dos índices entre fachadas, que apresentam resultados mais ou menos semelhantes entre si a depender da forma de relativização dos dados. Observa-se, por exemplo, que, mesmo que as janelas orientadas a Norte, Sul e Leste tenham apresentado totais de ganhos solares semelhantes, se for considerado o quanto esses valores representam em termos de redução de consumo de energia para resfriamento, os *brises* da fachada Oeste seriam mais eficazes.

Gráfico 20 – Ganhos solares anuais.

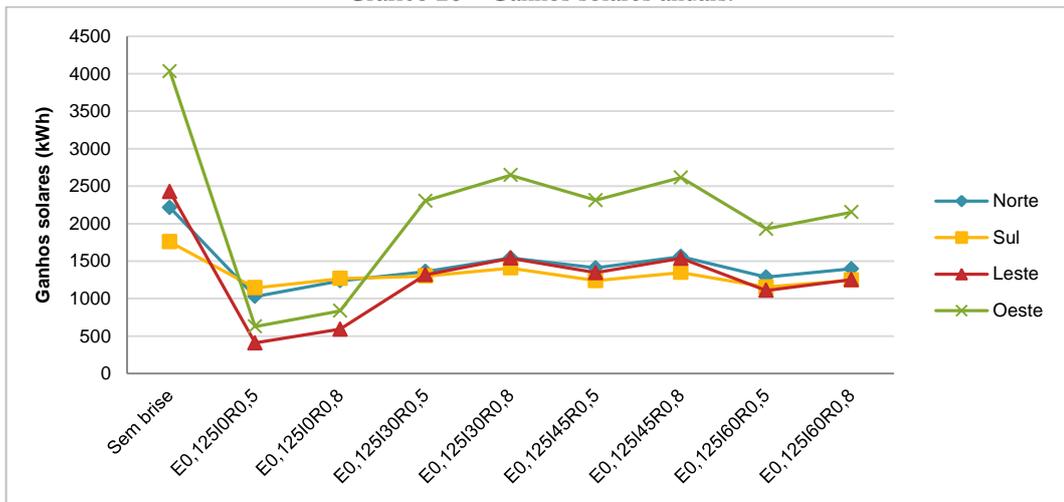


Gráfico 21 – Redução da demanda por resfriamento.

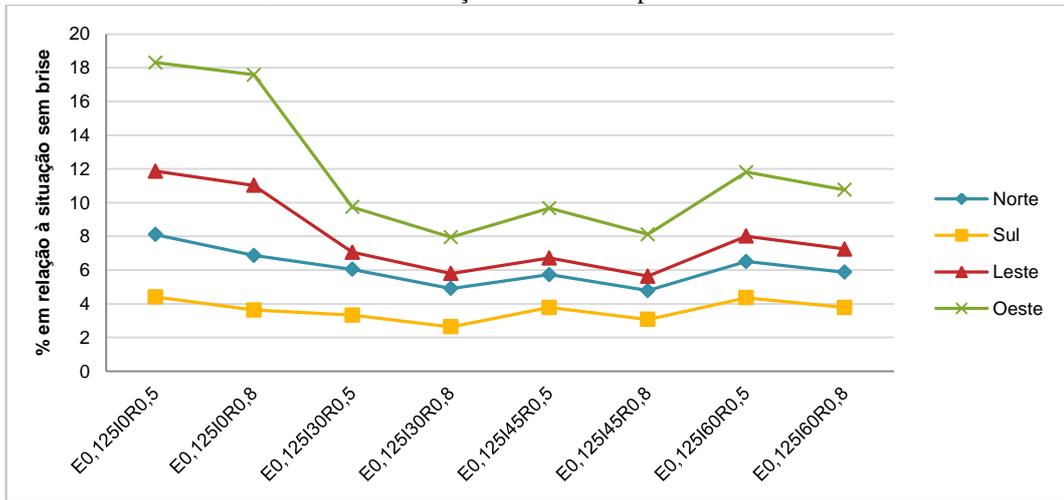
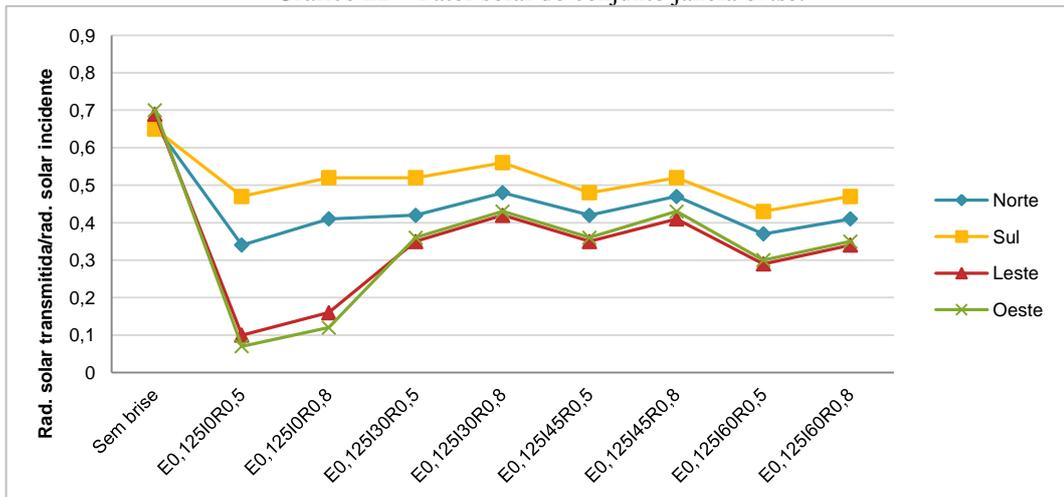


Gráfico 22 – Fator solar do conjunto janela-brise.



### 3.2.3 Síntese parcial

De acordo com os resultados apresentados, a inserção de *brises* pode alterar consideravelmente as condições de iluminação e térmicas do ambiente analisado, reduzindo os ganhos de luz e de calor. Em termos percentuais, eles possuem mais influência na redução da iluminação do que na redução dos ganhos térmicos.

Contudo, a redução de iluminância tem impacto negativo nas fachadas Leste e Oeste, especialmente considerando as baixas iluminâncias nos casos com céu encoberto. Já para os ganhos térmicos, os resultados podem ser tidos como sempre benéficos, pois, em princípio, evitar o ganho térmico é uma ação compatível e desejável para o clima da cidade analisada.

Com relação à uniformidade da iluminação, a inserção de *brises* reduz a variação entre as iluminâncias obtidas e aumenta a uniformidade na distribuição da luz no ambiente. Nas fachadas Norte e Sul, devido à redução dos valores próximo à janela; nas fachadas Leste e Oeste, modificando a ordem de grandeza e a distribuição da luz em todo o ambiente.

No que se refere à orientação, observa-se que os maiores percentuais de redução da iluminância e dos ganhos solares das fachadas Leste e Oeste são semelhantes e sempre maiores que os resultados das fachadas Norte e Sul, com a particularidade de a redução da iluminância ser sempre maior que 80%.

Esse resultado sugere que o aumento do sombreamento nessas fachadas pode estar apenas prejudicando a iluminação, sem compensação compatível do controle dos ganhos térmicos. Assim, essas fachadas merecem mais atenção no que se refere à ponderação entre controle do ganho de calor e da iluminação natural, do que as outras duas fachadas. Essa condição será discutida na análise do desempenho conjunto.

Com relação à variação mensal e sazonal dos resultados, observa-se que a inserção de *brises* reduz as diferenças entre os índices registrados ao longo do ano. Com relação à iluminação natural, essa variação é mais uniforme entre as diferentes configurações. Já com relação aos ganhos solares, ela parece depender mais das propriedades que diferenciam as configurações.

Diante das análises realizadas, reforça-se a influência da utilização de *brises* na qualidade dos desempenhos térmico e luminoso de ambientes com uso de escritório.

### 3.3 Desempenho conjunto

Foi realizada até aqui a avaliação do efeito das diferentes configurações de *brises* analisadas na iluminância média do plano de trabalho e nos ganhos térmicos solares. Nesta seção, será feita análise do desempenho conjunto, considerando-se as combinações de parâmetros que apresentaram os melhores resultados de desempenho térmico e luminoso, ao mesmo tempo.

Para correlacionar os referidos desempenhos, foram utilizados os valores de **iluminância útil** e o **fator solar** da abertura. A princípio, a escolha de configurações dentre os protetores solares analisados é determinada observando-se a situação que proporcionaria maior admissão de luz natural associada a menor admissão de calor.

Serão apresentados os resultados obtidos, por orientação de janela, considerando:

- a) o percentual de horas anuais em que há ocorrência de iluminância útil (IULN), correspondente à faixa entre 100 e 2000lx.
- b) o fator solar da abertura (FS), adimensional.

Em função das condições de céu<sup>11</sup> com maior e menor luminosidade para Maceió-AL, foram ponderados os percentuais de iluminância obtidos (aos resultados referentes ao céu parcialmente nublado foi atribuído peso 2; referentes ao céu nublado, peso 1).

Os dados de IULN e FS correspondentes a cada configuração de *brise* foram então classificados em BOM, REGULAR ou RUIM, conforme o quadro a seguir.

Quadro 6 – Classificação dos resultados obtidos para cada desempenho.

	IULN (%)	FS	Símbolo
BOM	IULN $\geq$ 70%	FS $<$ 0,35	
REGULAR	30 $\leq$ IULN $<$ 70	0,35 $\leq$ FS $<$ 0,5	
RUIM	IULN $<$ 30%	FS $\geq$ 0,5	

Para os casos cujo desempenho térmico não foi simulado, atribuiu-se, para o fator solar, a mesma classificação da situação de configuração de mesma inclinação e refletância, mas com o espaçamento 0,125m, conforme a tendência de pouca influência do espaçamento

<sup>11</sup> O céu 10 (parcialmente nublado) possui uma frequência de ocorrência 61,8%, enquanto o céu nublado possui frequência de ocorrência de 25,8%, em Maceió-AL, segundo Cabús (2002, p. 3-10).

nos ganhos térmicos. Para obtenção do desempenho conjunto de cada configuração de *brise*, foi realizado o procedimento de “soma” descrito no quadro a seguir.

Quadro 7 – Classificação dos resultados finais.

	<b>FINAL</b>	Símbolo
BOM + BOM	MUITO BOM	<b>MB</b>
BOM + REGULAR	BOM	<b>B</b>
BOM + RUIM	REGULAR	<b>RE</b>
REGULAR + REGULAR	REGULAR	<b>RE</b>
REGULAR + RUIM	RUIM	<b>R</b>
RUIM + RUIM	MUITO RUIM	<b>MR</b>

Dessa forma, foi possível identificar, para cada uma das diferentes orientações de abertura analisadas, as configurações de *brise* que apresentaram desempenho favorável para os dois aspectos analisados: desempenho luminoso e desempenho térmico. Foram considerados favoráveis os *brises* que obtiveram classificação final BOM ou MUITO BOM.

As tabelas com a síntese dos resultados foram acompanhadas da ilustração das máscaras de sombra correspondente a cada orientação, já apresentadas na seção 2, para melhor visualização da relação entre os resultados obtidos e o sombreamento considerado.

### 3.3.1 Janela orientada a Norte

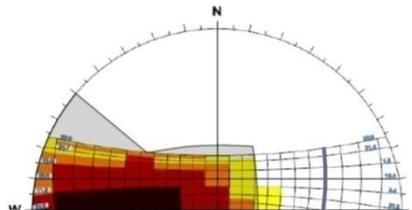
A síntese dos dados analisados referentes ao desempenho térmico e à iluminação natural na fachada Norte encontra-se na tabela 6. Observa-se que, em todas as configurações de *brise*, os resultados referentes à quantidade de iluminação encontram-se na classificação BOM, que significa ocorrência de iluminância útil em mais de 70% das horas simuladas.

Considerando o fator solar, os resultados confirmam a tendência de pouca relevância do espaçamento nos ganhos solares, de forma que as condições com menores índices de admissão de calor proveniente da radiação solar incidente são aqueles com inclinação das aletas igual a 0° e refletância 0,5, para qualquer um dos espaçamentos analisados.

Tabela 6 - Desempenhos luminoso, térmico e final dos *brises* na orientação Norte.

	IULN (%)	FS	FINAL
Sem brise	● 49,2	● 0,66	<b>R</b>
E0,5I0R0,5	● 85,0	● 0,34	<b>MB</b>
E0,5I0R0,8	● 84,0	● 0,41	<b>B</b>
E0,5I30R0,5	● 85,5	● 0,42	<b>B</b>
E0,5I30R0,8	● 86,2	● 0,48	<b>B</b>
E0,5I45R0,5	● 83,8	● 0,42	<b>B</b>
E0,5I45R0,8	● 84,2	● 0,48	<b>B</b>
E0,5I60R0,5	● 81,2	● 0,38	<b>B</b>
E0,5I60R0,8	● 81,6	● 0,43	<b>B</b>
E0,25I0R0,5	● 84,5	● 0,34	<b>MB</b>
E0,25I0R0,8	● 77,6	● 0,41	<b>B</b>
E0,25I30R0,5	● 85,7	● 0,42	<b>B</b>
E0,25I30R0,8	● 86,3	● 0,48	<b>B</b>
E0,25I45R0,5	● 84,0	● 0,42	<b>B</b>
E0,25I45R0,8	● 85,6	● 0,47	<b>B</b>
E0,25I60R0,5	● 80,4	● 0,38	<b>B</b>
E0,25I60R0,8	● 81,6	● 0,42	<b>B</b>
E0,125I0R0,5	● 83,2	● 0,34	<b>MB</b>
E0,125I0R0,8	● 76,5	● 0,41	<b>B</b>
E0,125I30R0,5	● 84,9	● 0,42	<b>B</b>
E0,125I30R0,8	● 85,5	● 0,48	<b>B</b>
E0,125I45R0,5	● 82,1	● 0,42	<b>B</b>
E0,125I45R0,8	● 84,5	● 0,47	<b>B</b>
E0,125I60R0,5	● 81,3	● 0,37	<b>B</b>
E0,125I60R0,8	● 81,9	● 0,41	<b>B</b>

● BOM      ● REGULAR      ● RUIM

Figura 51 – Máscara de sombra dos modelos de *brise* na orientação Norte.

Com relação ao resultado conjunto, **todas as configurações analisadas apresentaram desempenho conjunto favorável** no que se refere à admissão de luz e o ganho de calor associado a essa admissão. Destacaram-se aquelas com **aletas sem inclinação em relação à horizontal e refletância média**, as quais receberam a classificação MUITO BOM.

Diante do apresentado, a inserção de *brises* com o mascaramento proposto para essa orientação da janela (figura 51) melhora o desempenho térmico e luminoso da abertura, aumentando a ocorrência de iluminação útil (pela diminuição da ocorrência de iluminância excessiva) e diminuindo o fator solar da abertura (pelo bloqueio da radiação solar direta).

### 3.3.2 Janela orientada a Sul

Os resultados referentes à análise do desempenho conjunto dos *brises* na fachada Sul encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 7 - Desempenhos luminoso, térmico e final dos *brises* na fachada Sul.

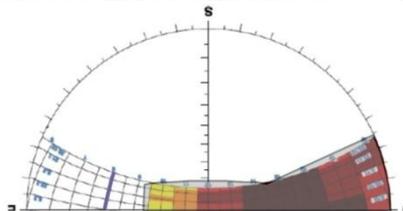
	IULN (%)	FS	FINAL
Sem brise	64,4	0,65	R
E0,5I0R0,5	73,1	0,49	B
E0,5I0R0,8	71,5	0,53	RE
E0,5I30R0,5	80,1	0,51	RE
E0,5I30R0,8	78,0	0,55	RE
E0,5I45R0,5	84,2	0,49	B
E0,5I45R0,8	81,0	0,53	RE
E0,5I60R0,5	86,8	0,45	B
E0,5I60R0,8	86,9	0,49	B
E0,25I0R0,5	74,0	0,49	B
E0,25I0R0,8	73,0	0,53	RE
E0,25I30R0,5	82,4	0,51	RE
E0,25I30R0,8	79,2	0,55	RE
E0,25I45R0,5	87,0	0,5	RE
E0,25I45R0,8	87,0	0,54	RE
E0,25I60R0,5	86,5	0,45	B
E0,25I60R0,8	86,6	0,49	B
E0,125I0R0,5	77,8	0,47	B
E0,125I0R0,8	76,2	0,52	RE
E0,125I30R0,5	83,1	0,52	RE
E0,125I30R0,8	78,6	0,56	RE
E0,125I45R0,5	85,8	0,48	B
E0,125I45R0,8	87,2	0,52	RE
E0,125I60R0,5	86,5	0,43	B
E0,125I60R0,8	86,7	0,47	B

 BOM     
  REGULAR     
  RUIM  
 MUITO BOM     
  REGULAR     
  RUIM  
 BOM     
  MUITO RUIM

Nesta orientação, todas as configurações de *brise* analisadas apresentam altos índices de ocorrência de iluminância útil. Com relação ao fator solar, observa-se que a escolha da inclinação e refletância do *brise* pode ter uma influência importante no controle de ganhos térmicos, pois diminui o fator solar da abertura, mantendo-se níveis semelhantes de iluminância útil. Os espaçamentos diferentes apresentam resultados semelhantes entre si, mas aqui o espaçamento 0,25 resultou em um desempenho final ligeiramente inferior, com uma ocorrência de REGULAR, ao invés de BOM, pela situação com inclinação 45° e refletância média. Contudo, o fator solar resultante dessa configuração, que causou esse resultado, foi 0,5, valor limite entre a classificação BOM e REGULAR.

Ainda com relação ao fator solar, nenhuma configuração analisada obteve a classificação BOM, o que pode ser explicado pelos ângulos de sombreamento dessa fachada, que proporcionam o menor mascaramento (figura 52) dentre as orientações analisadas. Proporcionalmente, há nesta fachada maior incidência solar que nas demais. Contudo, pela observação da carta solar, tem-se que a maior parte das regiões expostas recebe radiação solar indireta (do céu), menos intensa (proporcionando menos ganho térmico) que a proveniente da incidência direta de Sol.

Figura 52 - Máscara de sombra dos modelos de *brise* na orientação Sul.



As configurações que apresentaram desempenho conjunto com melhores classificações para essa fachada foram aquelas que combinam **refletância média e inclinações 0°, 45° ou 60°; ou refletância alta e inclinação 60°**.

### 3.3.3 Janela orientada a Leste

A tabela 8 apresenta os resultados obtidos com a janela orientada a Leste. A inserção de *brises* melhora o desempenho final da abertura em todos os casos analisados, especialmente quando se combina aletas com refletância alta e inclinação 0°, 30° e 45° ou aletas com refletância média e inclinação 0° e 60°.

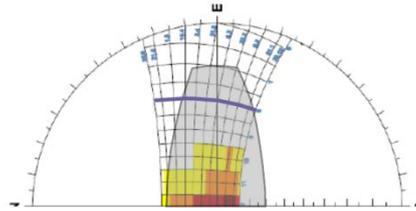
Tabela 8 - Desempenhos luminoso, térmico e final dos *brises* na fachada Leste.

	IULN (%)	FS	FINAL
Sem brise	38,4	0,69	R
E0,5I0R0,5	69,7		B
E0,5I0R0,8	77,8		MB
E0,5I30R0,5	67,3	0,35	RE
E0,5I30R0,8	77,4	0,42	B
E0,5I45R0,5	54,5	0,35	RE
E0,5I45R0,8	70,7	0,42	B
E0,5I60R0,5	52,7	0,3	B
E0,5I60R0,8	59,3	0,35	RE
E0,25I0R0,5	61,2	0,1	B
E0,25I0R0,8	77,6	0,16	MB
E0,25I30R0,5	65,8	0,35	RE
E0,25I30R0,8	78,1	0,42	B
E0,25I45R0,5	54,5	0,35	RE
E0,25I45R0,8	72,9	0,42	B
E0,25I60R0,5	52,8	0,3	B
E0,25I60R0,8	59,1	0,35	RE
E0,125I0R0,5	56,8	0,1	B
E0,125I0R0,8	76,3	0,16	MB
E0,125I30R0,5	65,8	0,35	RE
E0,125I30R0,8	81,0	0,42	B
E0,125I45R0,5	55,0	0,35	RE
E0,125I45R0,8	74,9	0,41	B
E0,125I60R0,5	54,1	0,29	B
E0,125I60R0,8	62,6	0,34	B

● BOM      ● REGULAR      ● RUIM  
MB MUITO BOM    RE REGULAR      R RUIM  
B BOM                      MR MUITO RUIM

As situações com aletas horizontais (sem inclinação em relação à horizontal) obtiveram resultados com a classificação MUITO BOM, contudo a dimensão de aleta necessária para representar o mascaramento necessário (figura 53) seria inviável. Dessa forma, os melhores resultados são aqueles com **refletância alta e inclinação 30° ou 45°; ou refletância média e inclinação 60°**.

Observando-se os resultados de iluminância útil da figura 46 (pág. 79), constata-se que a restrição quanto às configurações com refletância alta deve-se às ocorrências de iluminância excessiva quando se combinam cores claras e menores inclinações.

Figura 53 - Máscara de sombra dos modelos de *brise* na orientação Leste.

### 3.3.4 Janela orientada a Oeste

A tabela 9 ilustra os resultados relativos ao desempenho térmico e luminoso dos *brises* analisados com a janela orientada a Oeste.

Tabela 9 - Desempenhos luminoso, térmico e final dos *brises* na fachada Oeste.

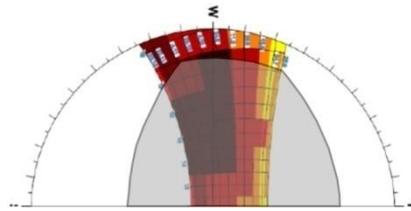
	IULN (%)	FS	FINAL
Sem brise	● 41,2	● 0,7	<b>R</b>
E0,5I0R0,5	● 53,3	●	<b>B</b>
E0,5I0R0,8	● 59,8	●	<b>B</b>
E0,5I30R0,5	● 53,8	● 0,36	<b>RE</b>
E0,5I30R0,8	● 73,5	● 0,43	<b>B</b>
E0,5I45R0,5	● 50,1	● 0,37	<b>RE</b>
E0,5I45R0,8	● 59,8	● 0,43	<b>RE</b>
E0,5I60R0,5	● 48,5	● 0,3	<b>B</b>
E0,5I60R0,8	● 52,5	● 0,35	<b>RE</b>
E0,25I0R0,5	● 52,2	●	<b>B</b>
E0,25I0R0,8	● 56,6	●	<b>B</b>
E0,25I30R0,5	● 52,2	● 0,36	<b>RE</b>
E0,25I30R0,8	● 75,9	● 0,43	<b>B</b>
E0,25I45R0,5	● 51,3	● 0,37	<b>RE</b>
E0,25I45R0,8	● 66,5	● 0,43	<b>RE</b>
E0,25I60R0,5	● 48,8	● 0,3	<b>B</b>
E0,25I60R0,8	● 53,1	● 0,35	<b>RE</b>
E0,125I0R0,5	● 50,0	● 0,07	<b>B</b>
E0,125I0R0,8	● 54,3	● 0,12	<b>B</b>
E0,125I30R0,5	● 53,1	● 0,36	<b>RE</b>
E0,125I30R0,8	● 76,1	● 0,43	<b>B</b>
E0,125I45R0,5	● 51,0	● 0,36	<b>RE</b>
E0,125I45R0,8	● 71,9	● 0,43	<b>B</b>
E0,125I60R0,5	● 50,1	● 0,3	<b>B</b>
E0,125I60R0,8	● 63,6	● 0,35	<b>RE</b>

● BOM      ● REGULAR      ● RUIM

**MB** MUITO BOM      **RE** REGULAR      **R** RUIM  
**B** BOM      **MR** MUITO RUIM

Observa-se que as reduções nos índices de iluminância foram mais significativas que nas demais fachadas, de forma que apenas quatro dentre as 24 configurações de *brise* apresentaram ocorrência de iluminância útil acima de 70%. Retomando-se também os percentuais registrados na figura 46 (pág. 79), observa-se que a inserção de *brises* para esta orientação de fato aumenta a ocorrência de iluminâncias abaixo de 100lx. Atribui-se esse resultado ao fato de que o mascaramento proposto (figura 54) também contempla porções da abóbada celeste sem presença de Sol, de forma que até mesmo a iluminação proveniente do céu pode ser reduzida consideravelmente.

Figura 54 - Máscara de sombra dos modelos de *brise* na orientação Oeste.



Já quanto ao fator solar, esse sombreamento apresenta sempre resultados bons ou regulares. Conforme as análises quantitativas apresentadas anteriormente, essa fachada e a fachada Leste apresentaram índices médios de redução dos ganhos solares próximos de 50%, chegando a índices máximos próximos de 90%.

Considerando a mesma limitação de dimensionamento dos brises sem inclinação que ocorre na fachada Leste, os melhores resultados conjuntos com a janela orientada a Oeste correspondem aos *brises* que combinam **refletância alta e inclinação 30°**; ou **refletância média e inclinação 60°**. Para o espaçamento 0,125m, a situação com refletância alta e inclinação 45° também apresentou classificação BOM.

Observa-se que a combinação de cores claras e inclinação 30° e cores médias com inclinação 60° apresentam os resultados conjuntos mais favoráveis, mas por razões diferentes. A primeira combinação proporciona condições de alta ocorrência de iluminância útil. Já a segunda atingiu a classificação BOM em consequência do fator solar reduzido. Essa condição também se verifica na fachada Leste.

### 3.3.5 Discussão dos resultados obtidos considerando o processo de projeto arquitetônico

Sob o ponto de vista do projeto arquitetônico, algumas considerações podem ser feitas, no sentido de interpretar os resultados obtidos na forma de direcionamento de escolhas projetuais para desempenho dos protetores solares.

Conforme exposto na seção 1, ao se optar por utilizar um dispositivo de proteção solar, o primeiro passo para seu dimensionamento seria a definição dos períodos nos quais se deseja bloquear a radiação solar. Tais períodos determinarão a máscara de sombra, que, ao ser obtida graficamente, fornece os ângulos de sombreamento. Esses, por sua vez, são determinantes da geometria do *brise*.

É desse momento de decisão da composição formal do *brise* que o efeito das propriedades, quando conhecido, pode ser utilizado a favor da concepção projetual. Admitindo, por exemplo, que o espaçamento possua pouca influência no desempenho do protetor quanto à iluminação e ao ganho solar (principais aspectos relacionados à estratégia de sombreamento), o arquiteto pode considerar que determinadas configurações de *brise* poderiam ser exclusivamente produto da composição plástica ou de fatores de economia, por exemplo, mantendo-se a sua eficiência máxima com relação ao propósito de sombrear.

O caso discutido e exemplificado, da influência do espaçamento, ilustra uma situação em que o desempenho luminoso e térmico possuem características semelhantes. Contudo, considerar que é possível aumentar a iluminação e os ganhos solares com uma mesma composição de *brise* não anula o conflito que deu origem à problemática deste trabalho: ao sombrear para reduzir o ganho térmico e, conseqüentemente, a temperatura interna e o consumo do ar condicionado em escritórios, é possível reduzir a iluminação a ponto de requerer uma iluminação artificial antes não necessária. Sabe-se ainda que, em cidades com grande disponibilidade de luz natural, como Maceió, o ganho de iluminação também pode ser indesejado.

Dessa forma, considerar que o aumento da inclinação reduz a iluminação pode induzir a dois tipos de ação. O projetista pode optar por usar *brises* com pouca inclinação, com a justificativa de aproveitamento máximo da iluminação natural, ou pode optar por utilizar *brises* com inclinação em torno de 60°, para reduzir os ganhos térmicos que viriam junto com os ganhos de iluminação.

A comparação entre os resultados obtidos para estes dois aspectos pode sugerir combinações de configurações das aletas que proporcionem situações que sejam favoráveis tanto para a iluminação natural quanto ao controle de ganhos térmicos, as quais podem ser ainda determinadas por necessidades de visão do exterior, ventilação natural, proteção contra chuva, manutenção, custo financeiro etc.

Com relação ao efeito das propriedades no desempenho luminoso e térmico de forma conjunta, a pesquisa realizada neste trabalho correlacionou esses dois aspectos, classificando-os em busca de maior ocorrência de iluminância útil e menor fator solar. A síntese final do desempenho conjunto dos brises encontra-se na tabela 10.

Tabela 10 - Comparando o desempenho conjunto dos *brises* nas quatro fachadas analisadas.

	<b>Norte</b>	<b>Sul</b>	<b>Leste</b>	<b>Oeste</b>
Sem brise	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
E0,5I0R0,5	<b>MB</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,5I0R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>MB</b>	<b>B</b>
E0,5I30R0,5	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>
E0,5I30R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,5I45R0,5	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>
E0,5I45R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>B</b>	<b>RE</b>
E0,5I60R0,5	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,5I60R0,8	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>
E0,25I0R0,5	<b>MB</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,25I0R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>MB</b>	<b>B</b>
E0,25I30R0,5	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>
E0,25I30R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,25I45R0,5	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>
E0,25I45R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>B</b>	<b>RE</b>
E0,25I60R0,5	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,25I60R0,8	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>
E0,125I0R0,5	<b>MB</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,125I0R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>MB</b>	<b>B</b>
E0,125I30R0,5	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>
E0,125I30R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,125I45R0,5	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>RE</b>
E0,125I45R0,8	<b>B</b>	<b>RE</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,125I60R0,5	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
E0,125I60R0,8	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>RE</b>

**MB** MUITO BOM      **RE** REGULAR      **R** RUIM  
**B** BOM                      **MR** MUITO RUIM

Observa-se que as orientações Norte e Leste apresentam os melhores resultados combinados. A orientação Sul teve como ponto negativo o controle solar; e a orientação Oeste, a iluminação natural. As combinações de parâmetros que obtiveram resultado com melhor classificação, por fachada, estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 11 - Combinações de espaçamento, inclinação e refletância com melhor desempenho.

	<b>Inclinação em relação à horizontal (°)</b>	<b>Refletância</b>	<b>Espaçamento (m)</b>
<b>Norte</b>	Todas (0 sendo a melhor)	0,5	0,5 0,25 0,125
	Todas	0,8	
<b>Sul</b>	0, 45 ou 60	0,5	
	60	0,8	
<b>Leste</b>	60	0,5	
	30 ou 45	0,8	
<b>Oeste</b>	60	0,5	
	30	0,8	

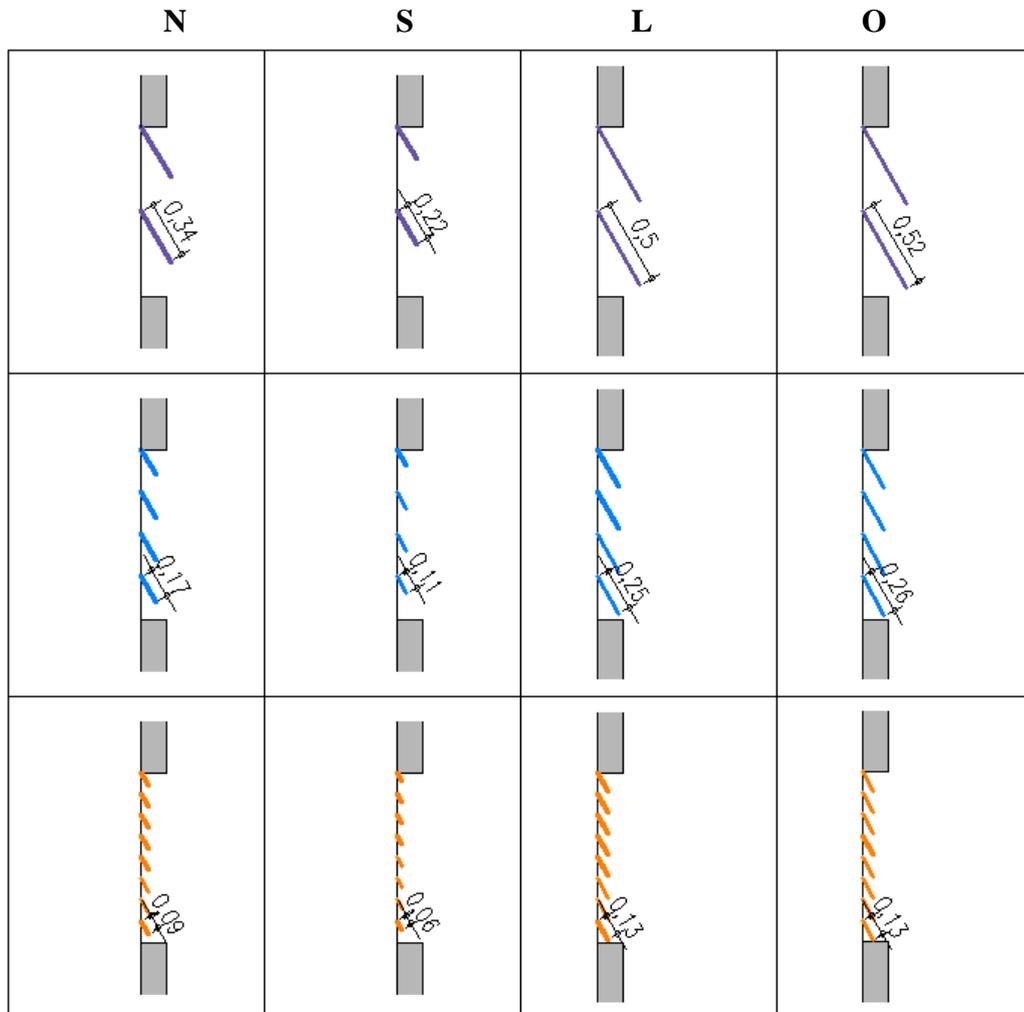
Em suma: na orientação Norte, todas as configurações de *brise* analisadas obtiveram um desempenho conjunto equilibrado, de forma a garantir admissão de luz natural e bloqueio da radiação solar compatíveis com a tipologia estudada. Com a janela orientada a Sul, apresentaram-se restrições para as configurações de *brise* que combinem cor clara e pouca inclinação, que resultariam em excessos de luz e calor. No que se refere às fachadas Leste e Oeste, os brises de desempenho conjunto mais favorável foram aqueles com aletas de cor clara e pouco inclinadas (até 45°) ou aletas de cor média e maior inclinação (60°).

Chama atenção o fato de que refletâncias médias apresentaram índices altos de ocorrência de iluminância útil. Tal fator é consequência do limite mínimo estabelecido para a iluminância ser considerada excessiva (2000lx), de acordo com o qual o ganho de iluminação resultante da refletância alta é entendido como desnecessário e que pode causar ofuscamento. Sobre esse aspecto das cores, alguns exemplos de cores de tinta com refletância igual ou próxima às tratadas neste trabalho (0,5 e 0,8) podem ser encontrados no anexo G.

As combinações descritas podem ser adaptadas a fim de se obter maior unidade de formatos, para o caso de situações em que mais de uma fachada seria sombreada, por exemplo. A tabela 12 e a figura 55 apresentam as combinações, que, com um mesmo espaçamento, inclinação e refletância, obtiveram resultados conjuntos com classificação BOM nas quatro orientações estudadas.

Tabela 12 – Combinações de parâmetros com classificação BOM comum às quatro orientações.

Espaçamento	Refletância	Inclinação
0,5m, 0,25m e 0,125m	0,5	60°

Figura 55 – Configurações de *brise* com inclinação 60°, nas quatro orientações analisadas.

Outros dois aspectos, referentes à iluminação natural, podem ser pontuados. Sobre a uniformidade, aspecto discutido nos tópicos anteriores desta seção, foi observado:

- Brises de refletância média apresentaram distribuição horizontal da luz mais uniforme do que brises de refletância alta;
- Com a janela orientada a Leste e Oeste, os brises com mais aletas (menor espaçamento) apresentaram maior uniformidade entre as iluminâncias.

Sobre os limites de iluminância considerados, é possível ser determinada uma classificação mais restritiva da iluminação, considerando o percentual de ocorrência de



Isso se deve ao fato de que estas fachadas recebem insolação em períodos críticos (a fachada Sul recebe insolação no verão e a fachada Oeste recebe radiação solar intensa no período da tarde), quando os ganhos térmicos tendem a ser indesejados na localidade analisada, de forma a requerer um sombreamento que causa perdas na iluminação natural.

Uma solução de *brises* móveis seria, nesse caso, mais eficiente, pois, com um mascaramento menor, haveria maior admissão de luz e a possibilidade de fechamento das aletas em horários críticos, para controle do ganho solar.

Os resultados apresentados possuem aplicações que se referem ao processo de escolha presente no projeto arquitetônico, discutindo o dimensionamento do dispositivo de proteção solar. O conhecimento do efeito isolado das propriedades do *brise* pode auxiliar a escolha entre as configurações para uma mesma máscara de sombra, mas elas não excluem o processo de definição dos períodos de sombreamento que determinam o mascaramento e exercem papel dominante no efeito relacionado aos resultados quantitativos.

Dessa forma, mesmo que, por exemplo, uma situação com inclinação 30° tenha obtido desempenho mais favorável do que outro com 60° e mesma máscara, não quer dizer que, comparando-se dois dispositivos com ângulos de sombreamento diferentes, essa condição se confirme.

Convém pontuar ainda que todo elemento arquitetônico apresenta um desempenho final que engloba suas características enquanto elemento de expressão formal arquitetônica, elemento funcional e elemento construtivo/tecnológico. O desempenho de elementos arquitetônicos com relação aos fatores aqui tratados é, portanto, um dentre os diversos aspectos relacionados ao processo projetual.

As constatações apresentadas chamam atenção para as diferentes possibilidades de conexões que o arquiteto pode fazer para tornar seu repertório de soluções formais mais rico, otimizando o desempenho térmico e luminoso associado à configuração de *brise* a ser proposta.

## CONCLUSÃO

A dissertação apresentada avaliou comparativamente os desempenhos térmico e luminoso de diferentes configurações de *brises* horizontais. Os resultados foram obtidos por meio de simulação computacional, a qual se demonstrou uma ferramenta adequada ao formato da pesquisa. Os modelos de salas analisados são representativos da tipologia de ambiente de escritório, com localização correspondente à latitude da cidade de Maceió-AL.

A análise comparativa foi realizada em dois níveis. O primeiro deles referiu-se aos diferentes parâmetros observados para o desempenho luminoso e desempenho térmico, isoladamente. Foram identificadas as tendências de influência do espaçamento, inclinação em relação à horizontal e refletância das aletas na quantidade e uniformidade da luz e no controle dos ganhos térmicos pelas aberturas.

Foi demonstrado que a modificação da geometria das aletas do *brise* pode alterar significativamente seu desempenho térmico e luminoso, mesmo considerando a máscara de sombra fixa. Quanto maior a ordem de grandeza dos valores, maior a influência da modificação das propriedades do *brise* no resultado final.

Nos casos analisados, a redução média da iluminância variou, de uma orientação para outra, de 33 a 92% e a redução média dos ganhos solares variou de 29 a 51%, o que indica maior influência dos *brises* na redução percentual da iluminação do que no segundo aspecto. Porém, o efeito das propriedades dos *brises* (alterações de espaçamento, inclinação e refletância das aletas) nos resultados é mais evidente na variação do desempenho térmico do que na variação da iluminação natural.

O segundo nível de análise consistiu do efeito das referidas características dos protetores solares no desempenho luminoso e térmico dos mesmos, de forma conjunta. Foram correlacionados os resultados obtidos para ambos os desempenhos, classificando-os com vistas à obtenção de maior ocorrência de iluminância útil e menor fator solar do conjunto *brise*-abertura.

Foi possível, assim, identificar configurações de *brise* que proporcionariam um desempenho conjunto equilibrado, de forma a garantir admissão de luz natural e bloqueio da radiação solar compatíveis com a tipologia estudada. Na orientação Norte, todas as configurações de *brise* analisadas alcançaram essa condição. Com a janela orientada a Sul,

apresentaram-se restrições para as configurações de *brise* que combinem cor clara e pouca inclinação, que resultariam em excessos de luz e calor. No que se refere às fachadas Leste e Oeste, os *brises* de desempenho conjunto mais favorável foram aqueles com aletas de cor clara e pouco inclinadas ou aletas de cor média e maior inclinação. As combinações de parâmetros que apresentaram desempenho favorável nas quatro orientações analisadas foram aquelas com refletância 0,5 e inclinação 60°.

A modificação do espaçamento entre as aletas (correspondente à variação na quantidade e profundidade das mesmas) não apresentou influência significativa no desempenho final analisado, porém os resultados indicaram que essa modificação pode alterar a uniformidade da iluminação natural. Para um mesmo mascaramento, com a janela orientada a Leste e Oeste, *brises* com mais aletas apresentaram maior uniformidade de iluminâncias.

Acredita-se que as principais contribuições deste trabalho consistem da busca de síntese em direção a dois aspectos: o processo de escolha que caracteriza o trabalho do arquiteto e a otimização de desempenho dos sistemas de abertura no que se refere à adequação climática com vistas ao conforto ambiental e eficiência energética.

Por fim, entende-se que os objetivos inicialmente propostos foram alcançados. A realização desta pesquisa permitiu o aprofundamento da temática e direcionamento para trabalhos futuros envolvendo a análise integrada dos diferentes fatores envolvidos no projeto dos sistemas de abertura.

### **Limitações da pesquisa e recomendações**

Dois aspectos podem ser apontados no sentido de identificar pontos da pesquisa que limitam a abrangência e/ou aplicabilidade dos resultados obtidos.

Primeiro, tem-se o fato de que a definição do modelo não contemplou a definição de uma amostragem (tratada estatisticamente) das propriedades de componentes construtivos e padrões de uso e ocupação desse tipo de ambiente existentes na cidade de Maceió. Não existe na literatura um levantamento mais detalhado desses aspectos e sua elaboração demandaria tempo incompatível com a proposta da dissertação de mestrado. Segundo, a análise dos dados de iluminância útil não contempla condições dinâmicas de céu, as quais não são simuladas na versão do software utilizado.

Como recomendação para estudos futuros, pontua-se que uma análise numérica de sensibilidade dos resultados às variáveis envolvidas pode reduzir a complexidade das análises.

### Sugestões de trabalhos futuros

Trabalhos futuros podem ser feitos com temática semelhante, porém com diferenças no campo de abrangência dos resultados, envolvendo:

- *Brisas* verticais;
- Localidades com menor disponibilidade de luz natural e índices de temperatura mais baixos, onde a proteção solar não é necessária durante todo o ano;
- Outras tipologias de ambiente, que mais comumente utilizem a ventilação natural, de modo a haver mais um elemento para o desempenho conjunto;
- Correlação entre desempenho do *brise* e o tipo de vidro utilizado;
- Correlação com o desempenho acústico;
- Discussão de metodologias de análise de uniformidade da iluminação;
- Discussão de metodologias para adaptação das faixas de iluminância útil à localidade determinada;

Além disso, podem ser feitos trabalhos no sentido de ponderar as estratégias bioclimáticas (de forma a se determinar que um dos desempenhos é mais relevante para o consumo energético total da edificação, por exemplo), considerando sistemas de iluminação e condicionamento artificiais, com controle automatizado.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, D. D. **Avaliação da influência da iluminação natural na redução do consumo de energia elétrica em edifícios comerciais: Uma análise em Maceió-AL.** Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2010.
- ALUCCI, M. P. *Brise*.BR. 2006
- ALUSISTEM. **Vidros - Produtos Especiais asseguram conforto aos ambientes.** Disponível em <<http://www.alusistem.com.br/TECNOLOGIA-10-11-06.html>>. Acesso em 11mai. 2011.
- ALZOUBI, H. H.; AL-ZOUBI, A. H. Assessment of building façade performance in terms of daylighting and the associated energy consumption in architectural spaces: Vertical and horizontal shading devices for southern exposure facades. **Energy Conversion and Management**, [S.l.], v.51, n.9, p. 1592–1599, ago. 2010.
- ARAÚJO, I. A. L. de; CAVALCANTE, M. R. C. CABÚS, R. C. Influência de prateleira de luz sob marquise na uniformidade da iluminação natural em interiores. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005. p. 83-91. CD-ROM
- ARCOWEB. Aum Arquitetos - Sede da Carglass, Santana de Parnaíba, SP. Disponível em <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/aum-arquitetos-edificio-administrativo-17-12-2010.html>> Acesso em 11mai.2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6401:** Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 1: Projetos das instalações. Rio de Janeiro, 2008-a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6401:** Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro, 2008-b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15215:** Iluminação natural- Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005-a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005-b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005-c.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005-d.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5413:** Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 5858**: Condicionador de ar doméstico. Rio de Janeiro, 1983.

AULICIEMS, A. (1982) Psycho-Physiological Criteria for Global Thermal Zones of Building Design. In **Proc. of Intern. Biometeorology Congress in Journal of Biometeorology**, supplement to vol.26, 1982. Apud BITTENCOURT, L. S. **Ventilation as a Cooling Resource for Warm-Humid Climates: Na Investigation on Perforated Block Wall Geometry to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings**. Tese (Doutorado em Environment and Energy Studies). Architectural Association Graduate School, 1993.

BAKER, N. **Passive and low energy building design for tropical island climates**. Londres: Commonwealth Science Council, 1987.

BITTENCOURT, L.S. **Uso das cartas solares**: diretrizes para arquitetos. 4.ed. rev. e ampl. Maceió: EDUFAL, 2004

\_\_\_\_\_. **Ventilation as a Cooling Resource for Warm-Humid Climates: Na Investigation on Perforated Block Wall Geometry to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings**. Tese (Doutorado em Environment and Energy Studies). Architectural Association Graduate School, 1993.

BITTENCOURT, L.S.; MELO, M.C.; FERREIRA, D.B. A influência dos protetores solares verticais na iluminação natural de edificações escolares no município de Maceió-Alagoas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [S. ed.], 1999. CD-ROM

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010**. Rio de Janeiro: [S.ed], 2010.

BROWN, G.Z.; DEKAY, M. **Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. trad. Alexandre ferreira da Silva Salvaterra. 2. ed. Proto Alegre: Bookman, 2004.  
CABÚS, R. C. **Troplux** versão 5.00.10. 2011

\_\_\_\_\_. Validação do programa Troplux. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005. p. 250-259. CD-ROM

\_\_\_\_\_. Influência da luz refletida no solo na iluminação natural nos trópicos: comparando o desempenho de protetores solares. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004. CD-ROM

\_\_\_\_\_. **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil**. Tese (Doutorado em Arquitetura). School of Architectural Studies, University of Sheffield, 2002.

\_\_\_\_\_. **Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

CABÚS, R.C.; ARAÚJO e MONTENEGRO. **Impactos da adequação climática sobre a eficiência energética e o conforto térmico de edifícios de escritório no Brasil.** Relatório de pesquisa. Florianópolis, 2006.

CÂNDIDO, C.M. **Ventilação natural e códigos de obras: uma análise das tipologias de aberturas nos edifícios de escritórios em Maceió-AL.** Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2006.

CAPISTRANO, G. de O. W. de. **Eficiência e forma de protetores solares externos em edifícios de escritórios: estudo de casos em Curitiba-PR.** Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE - CIE - **CIE S 011.2/E:2003: Spatial distribution of daylight - CIE standard general sky.** Vienna: CIE Central Boureau, 2003.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: Conforto Ambiental.** São Paulo: Editora Revan, 2003.

DESIGNBUILDER SOFTWARE LTDA. **DesignBuilder 3.0.0.064.** 2011-a.

DESIGNBUILDER SOFTWARE LTDA. **DesignBuilder Software.** Disponível em <<http://www.designbuilder.co.uk/documents/DesignBuilder-flyer-v1a.pdf>> Acesso em 25ago. 2011-b.

DIDONÉ, E.; BITTENCOURT, L.S. O impacto dos protetores solares na eficiência energética de hotéis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. CD-ROM

\_\_\_\_\_. Avaliação do desempenho de diferentes configurações de protetores solares na iluminação natural de salas de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006. p. 294-303. CD-ROM

DIDONÉ, E. L.; PEREIRA, F. O. R. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n.4, p. 139-154, out./dez. 2010.

DIVISION OF ENERGY AND BUILDING DESIGN, Department of Architecture and Built Environment, Lund Institute of Technology, Lundy University. **Parasol v6.6.** 2011

FERRAZ, Ignez. **Ignez Ferraz Projetos e Execução: Edifício Ipanema.** Disponível em <[http://www.ignezferraz.com.br/arq\\_fotos.asp?id\\_item=1](http://www.ignezferraz.com.br/arq_fotos.asp?id_item=1)>. Acesso em 14set.2011.

FIUZA, J.M. **Influência de elementos de proteção solar horizontais aplicados a aberturas laterais, na admissão e distribuição da luz natural**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008

FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 6.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 1994.

GONZALO, R.; HABERMANN, K.J. **Energy-Efficient Architecture: Basics for planning and construction**. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser – Publishers for Architecture, 2006.

GRALA DA CUNHA, Eduardo. *Brise-soleil: da estética à eficiência energética*. **Arquitextos**, São Paulo, 11.131, Vitruvius, abr 2011  
<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.131/3844>>. Acesso em: 29jun.2011.

GUITIERREZ, G.C.R.; LABAKI, L.C. Avaliação de desempenho térmico de três tipologias de *brise-soleil* fixo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005. p. 864-873. CD-ROM

HIEN, W. N.; ISTIADJI, A. D. Effects of external shading devices on daylighting and natural ventilation. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 8., 2003, Eindhoven. **Proceedings...** Eindhoven: [S.ed.], 2005. p.475-482. Disponível em <[http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2003/BS03\\_0475\\_482.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2003/BS03_0475_482.pdf)>. Acesso em 04abr.2011.

HYDE, R. **Climate responsive design: a study of buildings in moderate and hot humid climates**. New York: E & FN Spon, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**: Maceió-AL. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=270430>>. Acesso em 07jan.2012.

KUHN, T.E.; C. BÜHLER.; W.J. PLATZER. Evaluation of overheating protection with sun-shading systems. **Solar Energy**, [S.l.], v. 69, suplemento 6, p. 59-74, jul.–dez. 2001.

KUHN. Solar control: A general evaluation method for facades with venetian blinds or other solar control systems. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 38, n.6, p. 648–660, jun. 2006.

LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LABCON. **Maceió-AL**. Disponível em <[http://www.arq.ufmg.br/labcon/?pag=texto&id\\_ref=32](http://www.arq.ufmg.br/labcon/?pag=texto&id_ref=32)>. Acesso em 14mai. 2011

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEEE. Arquivos climáticos. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em 18nov.2011.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2.ed.rev. São Paulo: ProLivros, 2004.

LAMBERTS, GUISI e RAMOS. **Impactos da adequação climática sobre a eficiência energética e o conforto térmico de edifícios de escritório no Brasil**. Relatório de pesquisa. Florianópolis, 2006.

LEE, E.S., DIBARTOLOMEO, D.L., SELKOVITZ, S. E. Thermal and daylighting performance of an automated venetian blind and lighting system in a full-scale private office. **Energy and buildings**, [S.l.], v. 29, n.1, p. 47-63, dez. 1998.

LEITE, J.S. de V. **Análises de elementos arquitetônicos de proteção solar em edificações institucionais na cidade de Natal/RN – Diretrizes projetuais**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003.

MACÊDO, C.C. **Análise do desempenho térmico e luminoso de sistemas de iluminação natural que utilizam a luz direta do Sol**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

MACIEL, A. A. O projeto bioclimático no processo de projeto. In: \_\_\_\_\_. **Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

MACIEL, A.A.; LAMBERTS, R.; ONO, E. T. **SOL-AR 6.2**. 2011

MARAGNO, G. V. Eficiência e forma do *brise-soleil* na arquitetura de Campo Grande – MS. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: [S.ed], 2001. p. 1-8. CD-ROM

MARTINS, T. L. O. G. **Dispositivos de proteção solar e eficiência energética em edifícios de escritório: Uma avaliação para a cidade de Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2007.

MEHROTRA, M. Solar control devices; balance between thermal performance and daylight. In: INTERNACIONAL CONFERENCE “PASSIVE AND LOW ENERGY COOLING FOR THE BUILT ENVIRONMENT”, 2005. Santorini, Greece. **Anais...** Santorini: [S.ed.], 2005. p.991-996. Disponível em: <[http://www.inive.org/members\\_area/medias/pdf/Inive%5Cpalenc%5C2005%5CMehrotra.pdf](http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5Cpalenc%5C2005%5CMehrotra.pdf)> Acesso em 20mar.2011.

MIANA, A.C. **Avaliação do desempenho térmico de brises transparentes: ensaio em células-teste**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

MOORE, F. **Concepts and practice of architectural daylighting**. New York: VNR comp. 1985.

NABIL, A; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 38, n. 7, p. 905–913, jul. 2006.

NEW BUILDINGS INSTITUTE – NBI. **Daylighting Pattern Guide**. Disponível em <<http://patternguide.advancedbuildings.net/using-this-guide/analysis-methods>> Acesso em 14set. 2011.

OLGYAY, V.; OLGAYAY, A., **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**: Some chapters based on cooperative research with Aladar Olgyay. Princeton University Press, New Jersey, 1963. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=eSkzAAAAMAAJ&dq=design+with+climate&q=bioclimatic#search\\_anchor](http://books.google.com.br/books?id=eSkzAAAAMAAJ&dq=design+with+climate&q=bioclimatic#search_anchor)> Acesso em 17set.2011

OLGYAY, A.; OLGAYAY, V. **Solar Control and Shading Devices**. Princeton University Press Princeton, New Jersey, 1957.

PAPST, A.L.; PEREIRA, F.R.; LAMBERTS, R. Uso de simulação computacional para análise de iluminação natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [S.ed.], 1998. p.347-356. CD-ROM

PASSOS, I.C.S. **Cima e arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar**. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2009.

PEREIRA, I. et al. Metodologia de tratamento de dados climáticos para inserção em softwares de simulação energética de edifícios. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004. CD-ROM

PEREIRA, I.; SOUZA, R. V. G. Proteção solar em edificações residenciais e comerciais: desenvolvimento de metodologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. CD-ROM.

RAMOS, Greici; GHISI, Enedir. Comparação de Iluminâncias Internas e externas obtidas por meio de Simulação Computacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. CD-ROM.

RORIZ, M. **Luz do Sol** versão 1.1. 1995

SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS. Passive cooling of buildings. In: \_\_\_\_\_. **Passive cooling of buildings**. London: James & James (Science Publishers) Ltd, 1996.

SANTOS, C. M. L.; BASTOS, L. E. G. Influência dos elementos de fachada no desempenho da iluminação natural em edifícios de planta livre. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. CD-ROM.

SZOKOLAY, S.V. **PLEA Note 1: Solar Geometry**. Brisbane: Passive and Low Energy Architecture International in association with Department of Architecture, The University of Queensland, 2007.

TREGENZA, P.; LOE, D. **The design of lighting**. Londres: E & FN Spon, 1998.

TZEMPELIKOS, A. The impact of venetian blind geometry and tilt angle on view, direct light transmission and interior illuminance. **Solar Energy**, [S.l.], v. 82, n. 12, p. 1172-1191, dez. 2008.

TZEMPELIKOS, A.; ATHIENITIS, A. K. The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand. **Solar Energy**, [S.l.], v. 81, n. 3, p. 369 -382, mar. 2007.

VOSS, K. et al. Solar control. In: SANTAMOURIS, M. **Advances in passive cooling**. London: FSC, 2007

## **APÊNDICES E ANEXOS**

## APÊNDICE A - Levantamento dos edifícios de escritório

<b>01. Walmap</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	R. do Livramento, 148 - Centro
Construção	GIBOC Ltda., José Zeno Barbosa e Bco Nacional
Ano de ocupação	1965
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>02. Delmiro Gouveia</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Praça dos Palmares, 36 - Centro
Construção	Francisco Nelson de Souza Filho
Ano de ocupação	1978
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>03. Centro Empresarial Barão de Penedo</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	R. Barão de Penedo, 187 - Centro
Construção	SERMAP – Eng. e Const. Ltda.
Ano de ocupação	1987
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>04. Lobão Barreto</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	R. do Comércio, 436 - Centro
Construção	SERMAP – Eng. e Const. Ltda
Ano de ocupação	-
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>05. Comercial Trade Center</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	R. Zacarias de Azevedo, 399 - Centro
Construção	-
Ano de ocupação	2001
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>06. Business Tower</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Av. Governador Osman Loureiro, nº 49, Jatiúca
Construção	Meta Emp. / Cerutti Engenharia
Ano de ocupação	2003
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>07. Breda Center</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	R. Dr.L. P. Miranda, 42 - Centro
Construção	-
Ano de ocupação	-
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ	

<b>08. Empresarial Ruy Palmeira</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Av. Fernandes Lima, nº 1513, Farol
Construção	Morada Engenharia
Ano de ocupação	1982
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>09. Work Center</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Av. D. Antônio Brandão, nº 333, Farol
Construção	Sulbrás Eng. Ltda.
Ano de ocupação	1993
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>10. Avenue Center</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Av. da Paz, nº 1388, Jaraguá
Construção	Construtora HF
Ano de ocupação	2000
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações: Relatório CT-Energ (2006)</b>	

<b>11. Ocean Tower</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Av. Dr. Antônio Gouveia, nº 65, Pajuçara
Construção	Construtora Resulta
Ano de ocupação	2001
	
<b>Fontes das informações</b>	
Relatório CT-Energ (2006)	

<b>12. Jatiúca Trade Center</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Rua José Pontes de Magalhães - Jatiúca
Construção	Cipesa-Gafisa
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Website da construtora	

<b>13. Norcon Empresarial</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Av. Gustavo Paiva - Mangabeiras
Construção	Norcon
Ano de ocupação	200?
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Website do próprio empreendimento	

<b>14. Harmony Trade Center</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	R. Dr. José Afonso de Mello – Stella Maris
Construção	Record Engenharia
Ano de ocupação	-
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Website da construtora	

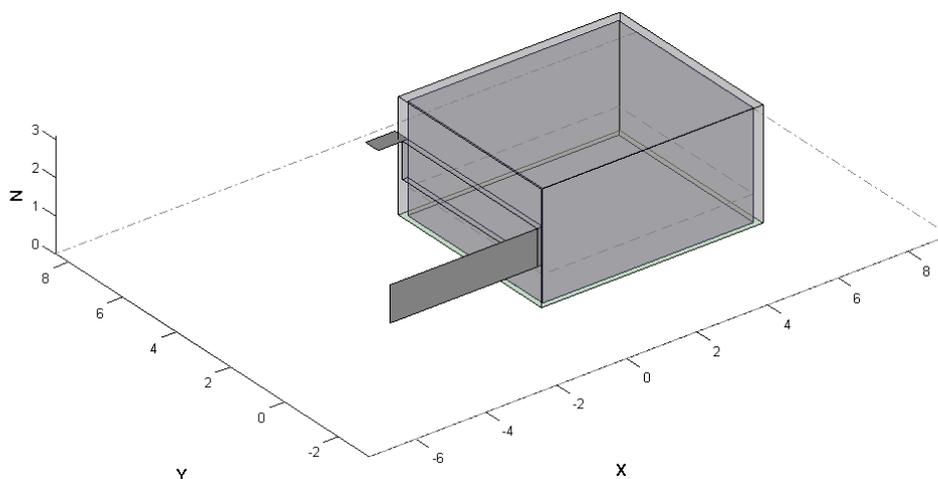
<b>15. Corporativo Terra Brasilis</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Av. da Paz - Centro
Construção	Marroquim Engenharia
Ano de ocupação	-
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Website da construtora	

<b>16. Farol Empresarial</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	R. Dom Antonio Brandão - Farol
Construção	-
Ano de ocupação	200?
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
skyscrapercity.com	

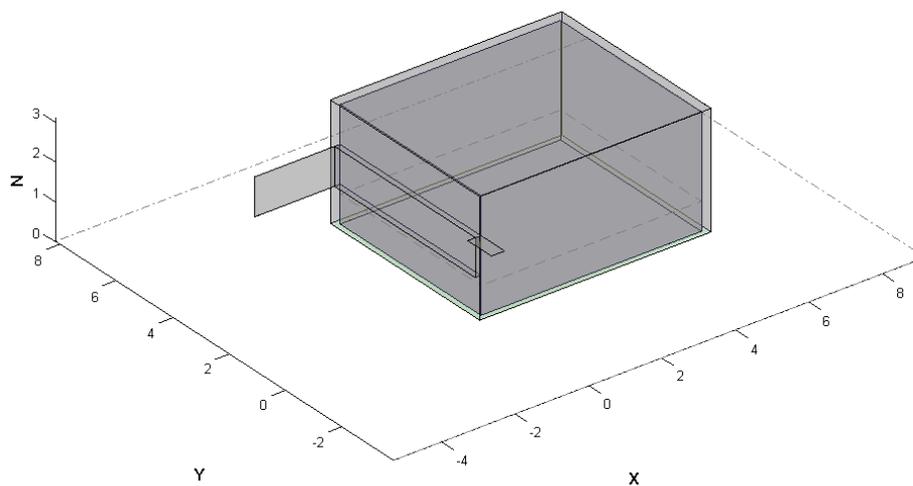
<b>17. The Square park Office</b>	
<b>Informações gerais</b>	
Endereço	Av. Dr. Antonio Gomes de Barros (Antiga Av. Amélia Rosa) - Jatiúca
Construção	V2 Construções
Ano de ocupação	201?
<b>Imagens</b>	
	
<b>Fontes das informações</b>	
Website da construtora	

**APÊNDICE B** – Elementos construídos no modelo para representação dos ângulos laterais e horizontais de sombreamento

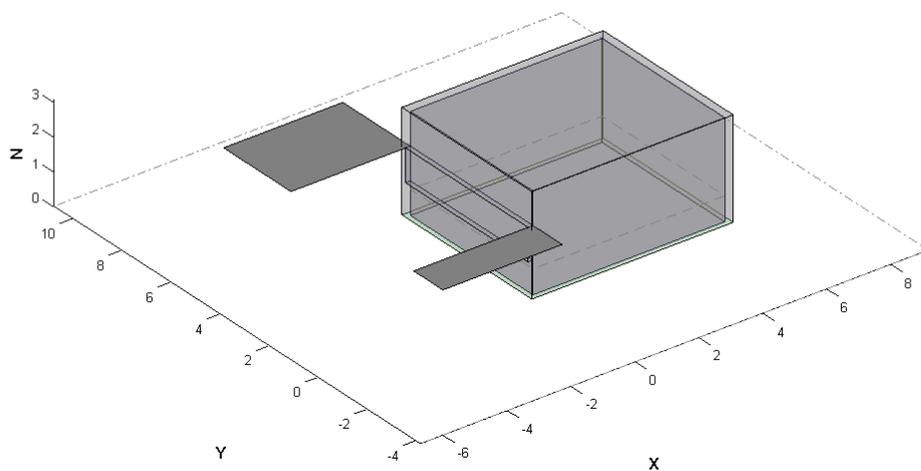
B1 - Ambiente com janela orientada a Norte – placas com refletância 0,6



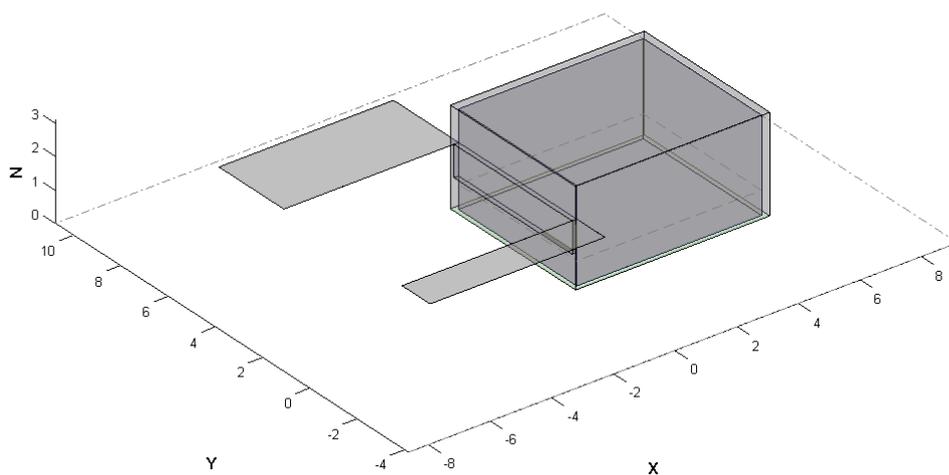
B2 - Ambiente com janela orientada a Sul – placas com refletância 0,6



B3 - Ambiente com janela orientada a Leste – placas com refletância 0,6



B4 - Ambiente com janela orientada a Oeste – placas com refletância 0,6



## APÊNDICE C – Características dos componentes construtivos do modelo simulado no software DesignBuilder

### C1 - Configuração dos *brises* – Exemplo do caso E0,5I0R0,5 da fachada Norte

Edit window blind - N - E0,5I0R0,5

**Window blinds Data**

General Slat data

Slat Properties	
Blind-to-glass distance (m)	0,2100
Slat orientation	Horizontal
Slat width (m)	0,4200
Slat separation (m)	0,5000
Slat thickness (m)	0,0010
Slat angle (°)	90,0
Slat conductivity (W/m-K)	176,900
Minimum slat angle (°)	0
Maximum slat angle (°)	0
Slat Beam Solar Properties	
Slat beam solar transmittance	0,000
Slat beam solar reflectance, front side	0,500
Slat beam solar reflectance, back side	0,500
Slat Diffuse Solar Properties	
Slat diffuse solar transmittance	0,000
Slat diffuse solar reflectance, front side	0,500
Slat diffuse solar reflectance, back side	0,500
Slat Beam Visible Properties	
Slat beam visible transmittance	0,000
Slat beam visible reflectance, front side	0,500
Slat beam visible reflectance, back side	0,500
Slat Diffuse Visible Properties	
Slat diffuse Visible transmittance	0,000
Slat diffuse visible reflectance, front side	0,500
Slat diffuse visible reflectance, back side	0,500
Slat IR (Thermal) Properties	
Slat hemispherical transmittance	0,000
Slat hemispherical emissivity, front side	0,500
Slat hemispherical emissivity, back side	0,500
Openings	
Blind top opening multiplier	0,500
Blind bottom opening multiplier	0,500
Blind left-side opening multiplier	0,500
Blind right-side opening multiplier	0,500

**Model data** Help Cancel OK

## C2 - Relatório parcial da zona térmica simulada

DB report	29/01/2012 18:53	DB Version 3.0.0.064					
Element	Adjacent condition	Area-Nett (m2)	Flow path	U-Value (W/K-m2)	U-Value*Area (W/K)	Orientation (deg E of N)	
Infiltration	Outside	N/A	N/A	N/A	17,763	N/A	
Floor	Block 1 - Zone 1	30	_Laje concreto e ceramica 15cm - Desc	2,62	78,5891	0	
Ceiling	Block 3 - Zone 1	30	_Laje concreto e ceramica 15cm - Desc_Reversed	2,62	78,5891	0	
Wall	Outside	10,501	Tijolo ceram 6 furos quad + argamassa branca	2,534	26,6127	0	
Wall	Outside	13,832	Tijolo ceram 6 furos quad + argamassa branca	2,534	35,0531	180	
Door	Outside	1,668	Wooden door	2,251	3,7559	180	
Partition	Block 4 - Zone 1	18,507	Project partition	1,639	30,3395	0	
Roof	Outside	1,797	Link body	0,001	0,0018	180	
Wall	Outside	0,927	Link body	0,001	0,0009	180	
Floor	Outside	1,797	Link body	0,001	0,0018	0	
Wall	Outside	0,927	Link body	0,001	0,0009	0	
Partition	Block 5 - Zone 1	18,507	Project partition	1,639	30,3395	0	
Glazing	Outside	4,999	Sgl Clr 3mm	6,257	31,2781	0	

APÊNDICE D – Dados de iluminância e ganhos solares obtidos por simulação

Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 15h – Fachada Norte – Céu 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	686,80	694,35	648,85	568,60	512,92	508,42	544,94	585,01	595,37	588,57	598,48	636,76
E0,5I0R0,5	307,76	311,14	290,75	254,79	229,84	227,82	244,19	262,15	266,79	263,74	268,18	285,33
E0,5I0R0,8	329,75	333,38	311,53	273,00	246,27	244,11	261,64	280,88	285,85	282,59	287,35	305,72
E0,5I30R0,5	240,76	243,41	227,46	199,33	179,81	178,23	191,03	205,08	208,71	206,33	209,80	223,22
E0,5I30R0,8	278,14	281,20	262,77	230,27	207,72	205,90	220,69	236,92	241,11	238,36	242,37	257,87
E0,5I45R0,5	201,02	203,23	189,91	166,43	150,13	148,81	159,50	171,23	174,26	172,27	175,17	186,38
E0,5I45R0,8	211,54	213,86	199,85	175,13	157,98	156,59	167,84	180,19	183,37	181,28	184,33	196,12
E0,5I60R0,5	154,72	156,42	146,17	128,09	115,55	114,53	122,76	131,79	134,12	132,59	134,82	143,44
E0,5I60R0,8	168,13	169,98	158,84	139,20	125,57	124,46	133,41	143,21	145,75	144,08	146,51	155,88
E0,25I0R0,5	303,40	306,73	286,63	251,18	226,58	224,59	240,73	258,43	263,00	260,00	264,38	281,29
E0,25I0R0,8	341,06	344,80	322,21	282,36	254,71	252,47	270,61	290,51	295,65	292,28	297,20	316,20
E0,25I30R0,5	243,12	245,79	229,68	201,28	181,57	179,97	192,90	207,09	210,75	208,34	211,85	225,40
E0,25I30R0,8	273,50	276,51	258,39	226,43	204,26	202,47	217,01	232,97	237,09	234,39	238,33	253,57
E0,25I45R0,5	204,45	206,70	193,15	169,26	152,69	151,35	162,22	174,15	177,23	175,21	178,16	189,55
E0,25I45R0,8	243,08	245,75	229,65	201,25	181,54	179,95	192,87	207,06	210,72	208,31	211,82	225,37
E0,25I60R0,5	138,21	139,73	130,57	114,43	103,22	102,31	109,66	117,73	119,81	118,44	120,44	128,14
E0,25I60R0,8	167,98	169,83	158,70	139,07	125,45	124,35	133,29	143,09	145,62	143,96	146,38	155,74
E0,125I0R0,5	313,70	317,15	296,36	259,71	234,28	232,22	248,91	267,21	271,94	268,83	273,36	290,84
E0,125I0R0,8	361,52	365,49	341,54	299,30	269,99	267,62	286,85	307,94	313,39	309,81	315,03	335,17
E0,125I30R0,5	223,54	225,99	211,18	185,07	166,94	165,48	177,37	190,41	193,78	191,57	194,79	207,25
E0,125I30R0,8	267,74	270,69	252,95	221,66	199,96	198,20	212,44	228,06	232,10	229,45	233,31	248,23
E0,125I45R0,5	188,20	190,27	177,80	155,81	140,56	139,32	149,33	160,31	163,15	161,29	164,00	174,49
E0,125I45R0,8	221,00	223,43	208,79	182,97	165,05	163,60	175,36	188,25	191,58	189,39	192,58	204,90
E0,125I60R0,5	161,34	163,11	152,42	133,57	120,49	119,43	128,01	137,42	139,86	138,26	140,59	149,58
E0,125I60R0,8	183,88	185,90	173,72	152,24	137,33	136,12	145,90	156,63	159,40	157,58	160,24	170,48

## Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 15h – Fachada Norte – Céu 10

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	1638,27	1791,31	1921,57	2565,27	2755,82	2792,07	3061,97	2682,02	1715,35	1512,02	1425,86	1498,02
E0,5I0R0,5	946,33	1034,18	1101,64	1057,56	1151,18	1193,79	1223,28	1085,82	955,85	846,49	790,24	868,41
E0,5I0R0,8	999,96	1090,60	1162,60	1162,29	1212,97	1256,00	1291,77	1194,90	999,92	887,61	832,27	917,37
E0,5I30R0,5	738,25	809,53	857,87	834,94	877,57	908,55	933,92	858,18	724,66	642,17	599,81	675,98
E0,5I30R0,8	835,79	918,30	963,94	909,13	974,46	1007,99	1036,57	934,03	834,49	742,71	681,48	765,22
E0,5I45R0,5	623,87	684,45	715,30	656,53	697,46	722,18	741,11	674,31	599,89	534,32	500,36	570,97
E0,5I45R0,8	643,20	708,91	735,05	704,93	751,66	777,24	800,34	724,57	636,42	565,94	520,67	588,78
E0,5I60R0,5	474,99	524,52	552,92	514,44	552,87	571,80	588,11	528,51	462,94	411,49	382,69	434,90
E0,5I60R0,8	506,32	557,80	593,66	571,52	602,15	622,05	641,02	587,40	499,29	443,33	410,51	463,13
E0,25I0R0,5	911,23	989,89	1060,88	1040,91	1099,59	1140,13	1169,01	1069,52	933,27	828,54	766,54	836,48
E0,25I0R0,8	1004,23	1097,84	1214,74	1165,36	1258,86	1299,88	1343,53	1198,32	1013,12	896,14	838,95	920,39
E0,25I30R0,5	739,12	804,67	855,74	800,70	870,43	898,86	926,34	822,58	731,05	652,23	603,33	677,57
E0,25I30R0,8	813,86	903,86	964,72	908,80	954,79	984,97	1015,94	933,97	815,86	724,53	665,40	744,66
E0,25I45R0,5	625,34	683,02	752,69	690,51	726,33	750,44	773,25	709,71	618,52	552,26	508,02	572,83
E0,25I45R0,8	725,29	810,77	859,54	836,25	852,70	880,17	907,46	859,96	714,87	632,78	590,01	663,23
E0,25I60R0,5	427,93	473,77	507,29	463,82	497,73	514,04	530,03	476,66	412,93	367,83	344,22	391,63
E0,25I60R0,8	511,39	580,70	608,74	584,05	611,62	629,86	651,98	600,63	501,81	445,70	412,79	467,31
E0,125I0R0,5	933,16	1050,70	1123,76	1046,94	1142,28	1182,89	1215,73	1075,54	946,06	839,93	786,48	857,02
E0,125I0R0,8	1025,31	1116,79	1299,70	1205,98	1329,23	1368,34	1423,44	1241,06	1049,58	932,83	853,73	939,25
E0,125I30R0,5	689,33	748,99	789,52	779,83	813,61	840,42	865,96	801,51	678,86	604,20	562,41	631,70
E0,125I30R0,8	785,89	859,95	933,26	905,04	989,58	1018,03	1057,35	930,74	777,27	687,94	642,50	718,69
E0,125I45R0,5	577,39	628,66	670,76	640,59	665,49	686,93	708,68	658,64	560,12	500,25	464,11	528,42
E0,125I45R0,8	656,50	725,30	782,10	750,24	795,53	818,10	848,96	771,52	648,06	577,74	533,47	600,48
E0,125I60R0,5	473,33	527,03	564,57	505,67	539,41	556,75	575,13	519,95	463,08	414,65	381,24	433,03
E0,125I60R0,8	532,19	593,25	641,55	589,74	624,40	644,27	665,65	606,40	519,49	461,30	431,00	486,65

Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 15h – Fachada Sul – Céu 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	654,55	661,74	618,37	541,90	488,84	484,54	519,35	557,54	567,41	560,93	570,38	606,85
E0,5I0R0,5	527,02	532,81	497,89	436,32	393,59	390,13	418,16	448,91	456,85	451,64	459,24	488,61
E0,5I0R0,8	545,91	551,91	515,74	451,96	407,70	404,12	433,16	465,01	473,23	467,83	475,71	506,13
E0,5I30R0,5	445,68	450,58	421,05	368,98	332,85	329,92	353,63	379,63	386,34	381,93	388,37	413,20
E0,5I30R0,8	460,82	465,89	435,36	381,51	344,16	341,13	365,64	392,53	399,47	394,91	401,56	427,24
E0,5I45R0,5	411,49	416,01	388,75	340,67	307,31	304,61	326,50	350,50	356,70	352,63	358,57	381,50
E0,5I45R0,8	424,09	428,75	400,65	351,10	316,72	313,94	336,49	361,23	367,63	363,43	369,55	393,18
E0,5I60R0,5	346,11	349,92	326,98	286,55	258,49	256,22	274,62	294,82	300,03	296,61	301,60	320,89
E0,5I60R0,8	359,57	363,52	339,70	297,69	268,54	266,18	285,30	306,28	311,70	308,14	313,33	333,37
E0,25I0R0,5	507,06	512,63	479,03	419,79	378,68	375,36	402,32	431,91	439,55	434,53	441,85	470,11
E0,25I0R0,8	520,55	526,27	491,78	430,96	388,76	385,34	413,03	443,40	451,24	446,09	453,61	482,61
E0,25I30R0,5	424,52	429,19	401,06	351,46	317,05	314,26	336,84	361,61	368,01	363,80	369,93	393,59
E0,25I30R0,8	445,75	450,65	421,11	369,03	332,90	329,97	353,68	379,68	386,40	381,99	388,43	413,27
E0,25I45R0,5	368,55	372,60	348,18	305,12	275,24	272,83	292,43	313,93	319,48	315,84	321,16	341,70
E0,25I45R0,8	386,50	390,75	365,14	319,98	288,65	286,11	306,67	329,22	335,04	331,22	336,80	358,33
E0,25I60R0,5	315,85	319,33	298,40	261,49	235,89	233,82	250,61	269,04	273,80	270,68	275,24	292,84
E0,25I60R0,8	325,74	329,32	307,74	269,68	243,27	241,14	258,46	277,46	282,37	279,15	283,85	302,00
E0,125I0R0,5	472,78	477,97	446,65	391,41	353,08	349,98	375,12	402,71	409,83	405,15	411,98	438,32
E0,125I0R0,8	490,71	496,11	463,59	406,26	366,48	363,26	389,36	417,99	425,38	420,53	427,61	454,95
E0,125I30R0,5	407,30	411,77	384,79	337,20	304,18	301,51	323,17	346,93	353,07	349,04	354,92	377,62
E0,125I30R0,8	435,26	440,04	411,20	360,35	325,06	322,21	345,36	370,75	377,31	373,00	379,29	403,54
E0,125I45R0,5	393,12	397,44	371,39	325,46	293,59	291,01	311,92	334,85	340,78	336,89	342,56	364,47
E0,125I45R0,8	393,53	397,86	371,78	325,80	293,90	291,32	312,25	335,21	341,14	337,25	342,93	364,86
E0,125I60R0,5	320,03	323,54	302,34	264,95	239,00	236,90	253,93	272,60	277,42	274,25	278,87	296,71
E0,125I60R0,8	330,08	333,71	311,84	273,27	246,51	244,35	261,90	281,16	286,14	282,87	287,63	306,03

## Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 15h – Fachada Sul – Céu 10

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM.BRISE	2194,79	1892,47	1589,37	1256,44	1100,23	1076,44	1154,56	1284,45	1442,61	1615,57	1930,70	2155,30
E0,5I0R0,5	1817,17	1633,15	1379,99	1094,82	959,96	939,67	1007,02	1118,90	1260,94	1406,39	1719,59	1793,30
E0,5I0R0,8	1898,20	1658,82	1397,05	1103,16	968,23	948,63	1016,16	1127,88	1261,71	1405,39	1697,39	1862,00
E0,5I30R0,5	1575,80	1386,34	1168,39	921,72	808,27	791,58	848,18	942,21	1073,91	1193,93	1350,51	1548,57
E0,5I30R0,8	1675,31	1459,72	1207,96	950,33	832,13	814,45	873,10	971,40	1094,31	1220,76	1428,77	1641,21
E0,5I45R0,5	1555,94	1287,81	1081,89	851,24	746,20	730,60	783,01	870,13	990,27	1101,51	1261,95	1518,93
E0,5I45R0,8	1535,30	1321,69	1109,34	870,74	762,25	745,96	800,02	890,20	1017,32	1134,95	1335,73	1506,16
E0,5I60R0,5	1199,60	1066,81	898,63	706,95	620,00	607,10	650,55	722,66	816,22	908,50	1032,90	1180,43
E0,5I60R0,8	1316,51	1128,97	938,49	737,12	645,58	631,90	677,55	753,52	848,80	945,40	1160,41	1287,33
E0,25I0R0,5	1844,94	1586,30	1333,16	1058,22	928,46	909,10	973,73	1081,41	1213,10	1350,21	1592,32	1810,47
E0,25I0R0,8	1822,50	1605,37	1354,56	1070,25	937,83	918,16	984,28	1094,13	1260,36	1400,94	1663,98	1791,85
E0,25I30R0,5	1557,72	1331,53	1126,28	889,76	782,00	766,62	820,91	909,75	1022,46	1137,00	1335,66	1526,78
E0,25I30R0,8	1721,78	1414,62	1177,52	928,23	814,66	798,11	855,10	948,97	1080,32	1199,91	1367,73	1676,24
E0,25I45R0,5	1312,62	1163,13	983,80	774,11	679,30	665,34	712,88	791,32	886,41	984,03	1200,53	1289,37
E0,25I45R0,8	1435,63	1233,35	1036,68	814,45	714,38	699,50	749,44	832,44	945,51	1050,30	1253,48	1406,81
E0,25I60R0,5	1165,62	1003,88	846,37	662,56	580,62	568,37	609,39	677,31	760,93	846,81	992,28	1141,93
E0,25I60R0,8	1199,63	1048,06	865,38	680,05	597,39	585,22	627,07	695,25	780,32	867,14	1024,18	1174,27
E0,125I0R0,5	1708,69	1466,97	1245,80	993,43	873,95	857,02	917,27	1015,62	1134,05	1259,51	1446,55	1677,33
E0,125I0R0,8	1753,17	1520,51	1285,60	1018,07	893,42	875,33	937,70	1040,84	1173,75	1305,47	1515,24	1720,12
E0,125I30R0,5	1437,30	1271,54	1077,08	850,06	746,33	731,29	783,48	869,13	971,89	1078,76	1234,66	1411,36
E0,125I30R0,8	1570,55	1364,45	1154,35	907,30	794,97	778,26	834,28	927,49	1040,64	1157,01	1460,96	1538,93
E0,125I45R0,5	1370,71	1238,50	1035,62	813,14	713,17	698,53	748,56	831,33	932,39	1037,73	1217,15	1348,46
E0,125I45R0,8	1375,83	1213,87	1021,64	805,52	706,28	691,80	741,51	823,67	935,27	1039,23	1199,28	1351,27
E0,125I60R0,5	1169,40	1031,36	860,28	674,43	591,45	579,27	620,69	689,43	780,50	868,30	1014,77	1148,13
E0,125I60R0,8	1159,51	1030,60	870,01	684,45	601,68	589,85	631,60	699,81	789,45	874,79	1054,59	1137,68

## Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 15h – Fachada Leste – Céu 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	681,61	689,10	643,94	564,30	509,05	504,57	540,83	580,59	590,86	584,12	593,96	631,94
E0,5I0R0,5	79,67	80,54	75,27	65,96	59,50	58,98	63,21	67,86	69,06	68,27	69,42	73,86
E0,5I0R0,8	101,38	102,49	95,78	83,93	75,71	75,05	80,44	86,36	87,88	86,88	88,34	93,99
E0,5I30R0,5	77,93	78,78	73,62	64,51	58,20	57,69	61,83	66,38	67,55	66,78	67,90	72,25
E0,5I30R0,8	107,06	108,24	101,15	88,64	79,96	79,26	84,95	91,20	92,81	91,75	93,30	99,26
E0,5I45R0,5	61,22	61,89	57,84	50,68	45,72	45,32	48,57	52,15	53,07	52,46	53,35	56,76
E0,5I45R0,8	83,55	84,46	78,93	69,17	62,39	61,85	66,29	71,16	72,42	71,60	72,80	77,46
E0,5I60R0,5	41,19	41,65	38,92	34,10	30,76	30,49	32,69	35,09	35,71	35,30	35,90	38,19
E0,5I60R0,8	67,23	67,96	63,51	55,66	50,21	49,76	53,34	57,26	58,28	57,61	58,58	62,33
E0,25I0R0,5	68,28	69,03	64,50	56,53	50,99	50,54	54,17	58,16	59,19	58,51	59,50	63,30
E0,25I0R0,8	100,51	101,61	94,95	83,21	75,06	74,40	79,75	85,61	87,13	86,13	87,58	93,18
E0,25I30R0,5	75,81	76,65	71,62	62,76	56,62	56,12	60,15	64,58	65,72	64,97	66,06	70,29
E0,25I30R0,8	112,79	114,03	106,56	93,38	84,23	83,49	89,49	96,07	97,77	96,66	98,29	104,57
E0,25I45R0,5	56,31	56,93	53,20	46,62	42,05	41,68	44,68	47,96	48,81	48,26	49,07	52,21
E0,25I45R0,8	90,74	91,74	85,72	75,12	67,77	67,17	72,00	77,29	78,66	77,76	79,07	84,13
E0,25I60R0,5	45,42	45,92	42,91	37,60	33,92	33,62	36,04	38,69	39,37	38,92	39,58	42,11
E0,25I60R0,8	67,27	68,01	63,55	55,69	50,24	49,80	53,37	57,30	58,31	57,65	58,62	62,36
E0,125I0R0,5	57,46	58,09	54,28	47,57	42,91	42,54	45,59	48,94	49,81	49,24	50,07	53,27
E0,125I0R0,8	95,70	96,75	90,41	79,23	71,47	70,85	75,94	81,52	82,96	82,01	83,40	88,73
E0,125I30R0,5	75,64	76,47	71,46	62,62	56,49	55,99	60,01	64,43	65,57	64,82	65,91	70,12
E0,125I30R0,8	133,64	135,10	126,25	110,64	99,80	98,93	106,03	113,83	115,84	114,52	116,45	123,90
E0,125I45R0,5	64,11	64,81	60,56	53,07	47,88	47,46	50,86	54,61	55,57	54,94	55,86	59,43
E0,125I45R0,8	97,33	98,40	91,95	80,58	72,69	72,05	77,22	82,90	84,37	83,41	84,81	90,24
E0,125I60R0,5	49,75	50,30	47,01	41,19	37,16	36,83	39,48	42,38	43,13	42,64	43,36	46,13
E0,125I60R0,8	71,17	71,95	67,24	58,92	53,15	52,69	56,47	60,62	61,70	60,99	62,02	65,99

Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 9h – Fachada Leste – Céu 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	835,65	836,27	834,73	804,25	750,66	711,40	724,71	791,23	871,22	911,43	897,66	861,09
E0,5I0R0,5	97,67	97,75	97,57	94,00	87,74	83,15	84,71	92,48	101,83	106,53	104,92	100,65
E0,5I0R0,8	124,29	124,38	124,15	119,62	111,65	105,81	107,79	117,68	129,58	135,56	133,52	128,08
E0,5I30R0,5	95,54	95,61	95,43	91,95	85,82	81,33	82,85	90,46	99,60	104,20	102,63	98,45
E0,5I30R0,8	131,26	131,36	131,12	126,33	117,91	111,74	113,83	124,28	136,85	143,16	141,00	135,26
E0,5I45R0,5	75,05	75,11	74,97	72,23	67,42	63,89	65,09	71,06	78,25	81,86	80,62	77,34
E0,5I45R0,8	102,43	102,50	102,31	98,58	92,01	87,20	88,83	96,98	106,79	111,71	110,03	105,54
E0,5I60R0,5	50,50	50,54	50,45	48,61	45,37	42,99	43,80	47,82	52,65	55,08	54,25	52,04
E0,5I60R0,8	82,42	82,48	82,33	79,32	74,04	70,16	71,48	78,04	85,93	89,89	88,53	84,93
E0,25I0R0,5	83,71	83,77	83,62	80,56	75,19	71,26	72,59	79,26	87,27	91,30	89,92	86,26
E0,25I0R0,8	123,22	123,31	123,09	118,59	110,69	104,90	106,86	116,67	128,47	134,40	132,37	126,97
E0,25I30R0,5	92,95	93,01	92,84	89,45	83,49	79,13	80,61	88,00	96,90	101,37	99,84	95,77
E0,25I30R0,8	138,28	138,38	138,13	133,08	124,21	117,72	119,92	130,93	144,17	150,82	148,54	142,49
E0,25I45R0,5	69,04	69,09	68,96	66,44	62,01	58,77	59,87	65,37	71,97	75,30	74,16	71,14
E0,25I45R0,8	111,25	111,33	111,12	107,07	99,93	94,71	96,48	105,33	115,98	121,33	119,50	114,63
E0,25I60R0,5	55,68	55,72	55,62	53,59	50,02	47,40	48,29	52,72	58,05	60,73	59,81	57,38
E0,25I60R0,8	82,47	82,53	82,38	79,37	74,08	70,21	71,52	78,08	85,98	89,95	88,59	84,98
E0,125I0R0,5	70,45	70,50	70,37	67,80	63,28	59,97	61,09	66,70	73,44	76,83	75,67	72,59
E0,125I0R0,8	117,33	117,42	117,20	112,92	105,40	99,89	101,75	111,09	122,33	127,97	126,04	120,90
E0,125I30R0,5	92,73	92,80	92,63	89,24	83,30	78,94	80,42	87,80	96,68	101,14	99,61	95,55
E0,125I30R0,8	163,84	163,96	163,66	157,68	147,17	139,48	142,09	155,13	170,81	178,69	175,99	168,83
E0,125I45R0,5	78,59	78,65	78,51	75,64	70,60	66,91	68,16	74,42	81,94	85,72	84,43	80,99
E0,125I45R0,8	119,32	119,41	119,19	114,84	107,19	101,58	103,48	112,98	124,40	130,14	128,18	122,96
E0,125I60R0,5	61,00	61,04	60,93	58,71	54,79	51,93	52,90	57,76	63,60	66,53	65,53	62,86
E0,125I60R0,8	87,26	87,32	87,16	83,98	78,38	74,28	75,67	82,62	90,97	95,17	93,73	89,91

## Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 15h – Fachada Leste – Céu 10

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	3246,31	3369,28	3253,03	2859,57	2523,95	2443,26	2626,18	2909,50	3069,88	3041,49	2977,26	3056,91
E0,5I0R0,5	470,44	486,51	480,38	434,71	402,93	393,25	412,33	438,67	452,83	445,91	433,08	450,23
E0,5I0R0,8	563,61	583,30	574,43	514,73	471,72	459,64	484,07	520,16	537,49	528,95	519,48	537,72
E0,5I30R0,5	331,64	342,01	332,16	289,32	264,45	258,94	273,93	293,83	301,53	296,00	290,59	312,81
E0,5I30R0,8	461,86	476,14	462,17	406,05	368,72	360,03	381,94	412,26	425,81	418,84	411,05	436,06
E0,5I45R0,5	245,33	253,24	245,78	215,49	196,65	192,63	203,95	219,00	224,56	219,88	215,73	230,75
E0,5I45R0,8	353,10	363,15	350,44	306,89	277,31	270,50	287,41	311,65	323,66	320,23	315,27	333,01
E0,5I60R0,5	168,29	173,37	167,95	147,32	134,23	131,26	139,19	149,70	153,97	151,36	148,90	158,61
E0,5I60R0,8	286,56	295,71	285,75	250,44	226,38	220,91	234,92	254,56	264,31	261,11	256,56	270,01
E0,25I0R0,5	404,58	419,65	415,76	379,42	348,66	339,38	355,90	382,58	396,00	389,38	376,78	387,51
E0,25I0R0,8	559,79	576,04	564,80	508,77	465,05	452,84	476,74	514,06	534,68	529,87	516,80	535,11
E0,25I30R0,5	319,30	328,60	318,07	275,13	249,85	244,10	259,26	279,62	287,27	282,35	278,48	301,18
E0,25I30R0,8	502,46	517,25	500,11	437,42	395,28	385,52	409,46	444,11	461,05	456,51	449,08	474,55
E0,25I45R0,5	226,19	233,07	225,16	195,13	176,99	173,03	183,66	198,36	204,42	201,01	197,89	212,84
E0,25I45R0,8	386,45	398,85	385,84	338,63	306,96	299,65	318,64	344,21	355,19	349,73	343,65	363,84
E0,25I60R0,5	181,98	183,02	176,25	152,34	137,66	134,55	143,29	155,08	159,84	157,18	155,01	170,49
E0,25I60R0,8	284,44	293,64	283,08	246,98	222,18	216,85	230,93	251,11	261,57	258,73	254,54	268,27
E0,125I0R0,5	372,73	387,76	386,64	356,10	326,77	317,18	332,43	358,45	372,53	366,43	352,82	358,01
E0,125I0R0,8	541,78	565,75	563,28	516,87	474,68	461,69	485,56	521,67	536,96	523,78	504,51	516,68
E0,125I30R0,5	329,71	341,03	331,03	287,57	260,90	254,49	270,18	291,93	301,17	295,39	288,75	309,94
E0,125I30R0,8	591,36	612,58	595,49	523,87	472,69	461,07	490,37	532,11	552,23	543,04	530,51	556,98
E0,125I45R0,5	263,21	271,27	262,00	227,02	205,12	200,35	213,11	230,82	238,60	234,74	230,91	247,71
E0,125I45R0,8	423,30	438,48	425,92	374,52	338,58	329,46	351,37	380,42	394,49	388,32	379,50	399,13
E0,125I60R0,5	203,15	210,21	203,45	177,31	159,98	155,94	166,11	180,22	186,54	183,34	179,56	190,76
E0,125I60R0,8	309,07	322,27	315,84	280,25	253,49	246,97	262,55	284,46	293,05	285,09	276,75	290,59

## Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 9h – Fachada Leste – Céu 10

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	6101,10	6090,54	6119,97	5474,00	4307,40	3870,35	4580,22	5250,21	6506,80	6926,70	6643,13	6212,51
E0,5I0R0,5	439,67	438,40	444,37	426,26	391,58	371,42	377,27	412,28	460,66	473,31	463,98	447,44
E0,5I0R0,8	536,33	534,47	522,16	541,04	488,87	462,72	470,19	548,59	541,85	578,65	615,04	592,19
E0,5I30R0,5	415,60	413,17	449,74	396,35	339,84	319,20	324,85	386,74	469,47	453,62	446,57	427,84
E0,5I30R0,8	592,95	589,19	594,88	566,37	472,09	443,23	451,04	531,64	620,96	647,05	616,24	590,37
E0,5I45R0,5	331,57	329,46	328,23	310,64	268,58	251,79	256,33	292,82	343,12	362,78	341,99	327,23
E0,5I45R0,8	475,41	472,33	481,60	447,79	379,18	355,34	361,89	395,55	502,96	519,49	508,06	486,36
E0,5I60R0,5	216,08	214,72	222,38	219,49	176,88	165,87	168,86	213,80	232,38	236,32	233,30	223,27
E0,5I60R0,8	348,21	345,90	434,31	392,94	262,34	246,66	250,82	362,74	453,34	380,31	406,73	389,45
E0,25I0R0,5	374,26	373,15	374,11	363,74	315,00	299,20	303,90	338,13	387,78	402,78	387,60	373,82
E0,25I0R0,8	526,96	524,79	536,79	558,99	465,33	440,66	447,63	539,92	557,34	568,70	586,65	564,84
E0,25I30R0,5	414,88	412,44	410,39	426,97	361,32	338,25	344,75	435,39	428,55	453,19	405,72	388,54
E0,25I30R0,8	581,57	578,00	630,09	618,07	522,95	490,26	499,37	699,23	657,40	634,09	608,56	583,24
E0,25I45R0,5	298,06	296,17	330,73	284,31	257,69	241,12	245,71	286,70	345,62	326,20	335,05	320,55
E0,25I45R0,8	536,03	532,44	493,90	478,96	432,65	404,87	412,58	554,18	515,77	585,38	505,20	483,75
E0,25I60R0,5	274,98	273,10	268,05	244,65	190,37	178,29	181,55	235,37	280,18	300,99	270,19	258,40
E0,25I60R0,8	423,81	420,91	418,68	402,84	343,00	320,35	326,70	357,84	437,12	463,04	376,14	360,04
E0,125I0R0,5	306,03	305,47	313,02	299,23	280,62	266,76	271,12	300,20	323,74	327,81	339,30	327,71
E0,125I0R0,8	489,57	487,77	569,84	549,74	429,06	406,63	413,13	482,16	591,55	527,67	536,95	517,25
E0,125I30R0,5	390,38	388,06	406,40	385,62	352,57	330,32	336,66	407,09	424,12	425,81	420,68	403,09
E0,125I30R0,8	768,60	763,70	777,06	752,35	647,83	606,43	617,99	759,62	810,74	838,33	817,43	783,15
E0,125I45R0,5	378,57	376,14	350,93	344,25	328,27	306,62	312,72	355,80	366,63	413,82	370,11	354,25
E0,125I45R0,8	586,74	582,73	525,29	610,48	417,54	391,87	398,91	539,23	548,28	640,08	571,43	547,43
E0,125I60R0,5	276,39	274,61	283,37	279,53	220,75	206,68	210,54	249,77	296,06	302,28	292,10	279,50
E0,125I60R0,8	395,77	393,23	422,95	368,67	343,93	321,91	328,03	349,69	441,36	431,81	419,82	402,16

## Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 15h – Fachada Oeste – Céu 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM.BRISE	637,23	644,23	602,01	527,56	475,90	471,72	505,61	542,79	552,39	546,09	555,28	590,79
E0,5I0R0,5	55,02	55,62	51,98	45,55	41,09	40,73	43,65	46,86	47,69	47,15	47,94	51,01
E0,5I0R0,8	68,53	69,28	64,74	56,74	51,18	50,73	54,37	58,37	59,41	58,73	59,72	63,54
E0,5I30R0,5	65,30	66,02	61,69	54,06	48,77	48,34	51,81	55,62	56,61	55,96	56,90	60,54
E0,5I30R0,8	99,06	100,15	93,58	82,01	73,98	73,33	78,60	84,38	85,87	84,89	86,32	91,84
E0,5I45R0,5	50,93	51,48	48,11	42,16	38,03	37,70	40,41	43,38	44,15	43,64	44,38	47,21
E0,5I45R0,8	70,71	71,49	66,80	58,54	52,81	52,34	56,10	60,23	61,29	60,60	61,62	65,56
E0,5I60R0,5	36,87	37,28	34,83	30,52	27,54	27,29	29,25	31,41	31,96	31,60	32,13	34,18
E0,5I60R0,8	53,95	54,54	50,97	44,67	40,29	39,94	42,81	45,96	46,77	46,23	47,01	50,02
E0,25I0R0,5	46,59	47,10	44,01	38,57	34,79	34,49	36,96	39,68	40,38	39,92	40,60	43,19
E0,25I0R0,8	65,46	66,18	61,84	54,20	48,89	48,46	51,94	55,76	56,75	56,10	57,04	60,69
E0,25I30R0,5	62,13	62,81	58,70	51,44	46,40	45,99	49,30	52,92	53,86	53,24	54,14	57,60
E0,25I30R0,8	107,24	108,41	101,31	88,78	80,09	79,38	85,09	91,34	92,96	91,90	93,45	99,42
E0,25I45R0,5	55,56	56,17	52,49	46,00	41,49	41,13	44,08	47,32	48,16	47,61	48,41	51,51
E0,25I45R0,8	80,34	81,22	75,90	66,51	60,00	59,47	63,74	68,43	69,64	68,85	70,01	74,48
E0,25I60R0,5	37,10	37,51	35,05	30,72	27,71	27,47	29,44	31,60	32,16	31,80	32,33	34,40
E0,25I60R0,8	61,71	62,39	58,30	51,09	46,09	45,68	48,96	52,56	53,49	52,88	53,77	57,21
E0,125I0R0,5	35,35	35,74	33,39	29,26	26,40	26,17	28,05	30,11	30,64	30,29	30,80	32,77
E0,125I0R0,8	58,07	58,71	54,86	48,08	43,37	42,99	46,08	49,47	50,34	49,77	50,61	53,84
E0,125I30R0,5	63,16	63,85	59,67	52,29	47,17	46,76	50,11	53,80	54,75	54,13	55,04	58,56
E0,125I30R0,8	107,70	108,88	101,74	89,16	80,43	79,72	85,45	91,73	93,36	92,29	93,85	99,85
E0,125I45R0,5	56,03	56,64	52,93	46,38	41,84	41,48	44,45	47,72	48,57	48,01	48,82	51,94
E0,125I45R0,8	93,23	94,26	88,08	77,19	69,63	69,02	73,97	79,41	80,82	79,90	81,24	86,44
E0,125I60R0,5	46,41	46,92	43,85	38,42	34,66	34,36	36,83	39,53	40,23	39,77	40,44	43,03
E0,125I60R0,8	75,37	76,20	71,20	62,40	56,29	55,79	59,80	64,20	65,34	64,59	65,68	69,88

Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 9h – Fachada Oeste – Céu 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	781,24	781,82	780,38	751,88	701,78	665,08	677,52	739,71	814,49	852,08	839,21	805,02
E0,5I0R0,5	67,45	67,50	67,38	64,92	60,59	57,42	58,50	63,87	70,32	73,57	72,46	69,50
E0,5I0R0,8	84,02	84,08	83,92	80,86	75,47	71,52	72,86	79,55	87,59	91,64	90,25	86,57
E0,5I30R0,5	80,06	80,12	79,97	77,05	71,91	68,15	69,43	75,80	83,46	87,32	86,00	82,49
E0,5I30R0,8	121,45	121,53	121,31	116,88	109,09	103,39	105,32	114,99	126,61	132,46	130,46	125,14
E0,5I45R0,5	62,43	62,48	62,37	60,09	56,08	53,15	54,15	59,12	65,09	68,10	67,07	64,33
E0,5I45R0,8	86,69	86,75	86,59	83,43	77,87	73,80	75,18	82,08	90,38	94,55	93,12	89,33
E0,5I60R0,5	45,20	45,24	45,15	43,50	40,60	38,48	39,20	42,80	47,13	49,30	48,56	46,58
E0,5I60R0,8	66,14	66,19	66,07	63,66	59,42	56,31	57,36	62,63	68,96	72,14	71,05	68,16
E0,25I0R0,5	57,12	57,16	57,05	54,97	51,31	48,62	49,53	54,08	59,55	62,29	61,35	58,85
E0,25I0R0,8	80,26	80,32	80,17	77,24	72,09	68,32	69,60	75,99	83,67	87,53	86,21	82,70
E0,25I30R0,5	76,17	76,23	76,09	73,31	68,42	64,85	66,06	72,12	79,41	83,08	81,82	78,49
E0,25I30R0,8	131,47	131,57	131,33	126,53	118,10	111,92	114,02	124,48	137,07	143,39	141,23	135,47
E0,25I45R0,5	68,11	68,16	68,04	65,55	61,18	57,99	59,07	64,49	71,01	74,29	73,17	70,19
E0,25I45R0,8	98,49	98,57	98,39	94,79	88,48	83,85	85,42	93,26	102,69	107,43	105,80	101,49
E0,25I60R0,5	45,49	45,52	45,44	43,78	40,86	38,72	39,45	43,07	47,42	49,61	48,86	46,87
E0,25I60R0,8	75,65	75,71	75,57	72,81	67,96	64,40	65,61	71,63	78,87	82,51	81,27	77,96
E0,125I0R0,5	43,34	43,37	43,29	41,71	38,93	36,89	37,58	41,03	45,18	47,27	46,55	44,66
E0,125I0R0,8	71,20	71,25	71,12	68,52	63,96	60,61	61,75	67,41	74,23	77,65	76,48	73,37
E0,125I30R0,5	77,43	77,49	77,35	74,52	69,56	65,92	67,15	73,32	80,73	84,46	83,18	79,79
E0,125I30R0,8	132,04	132,13	131,89	127,07	118,60	112,40	114,51	125,02	137,65	144,01	141,83	136,05
E0,125I45R0,5	68,69	68,74	68,61	66,11	61,70	58,48	59,57	65,04	71,61	74,92	73,79	70,78
E0,125I45R0,8	114,30	114,38	114,17	110,01	102,67	97,31	99,13	108,22	119,17	124,66	122,78	117,78
E0,125I60R0,5	56,90	56,94	56,84	54,76	51,11	48,44	49,35	53,88	59,32	62,06	61,12	58,63
E0,125I60R0,8	92,40	92,47	92,30	88,93	83,00	78,66	80,13	87,49	96,34	100,78	99,26	95,22

## Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 15h – Fachada Oeste – Céu 10

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM.BRISE	4231,21	4195,38	3742,71	3726,15	3001,65	2832,86	3412,00	3992,41	4833,51	4809,51	4490,87	3304,22
E0,5I0R0,5	258,92	262,09	242,38	208,08	174,15	172,57	185,21	213,93	216,20	214,44	220,93	239,68
E0,5I0R0,8	312,45	323,32	309,73	268,63	221,75	219,62	236,78	276,52	285,01	283,05	284,86	289,27
E0,5I30R0,5	295,09	316,42	239,00	210,53	179,48	177,19	194,47	217,62	233,13	231,65	235,85	268,13
E0,5I30R0,8	502,11	501,07	429,39	373,55	278,98	275,28	302,43	386,52	330,27	328,04	377,10	454,95
E0,5I45R0,5	220,34	220,22	196,30	167,13	138,55	136,74	150,50	172,92	171,04	169,93	168,44	200,00
E0,5I45R0,8	307,98	384,71	274,22	273,75	205,40	202,59	223,22	283,41	292,01	290,21	290,55	279,96
E0,5I60R0,5	158,88	171,76	153,88	126,56	105,23	103,78	114,40	130,95	126,03	125,19	134,75	144,33
E0,5I60R0,8	256,92	256,73	217,35	221,96	166,50	164,06	181,02	229,77	230,95	229,46	268,89	233,20
E0,25I0R0,5	203,02	207,70	198,00	163,57	148,57	146,98	157,87	167,91	180,10	178,60	185,67	188,64
E0,25I0R0,8	287,41	305,47	291,26	251,59	220,69	218,17	236,26	258,92	277,79	276,01	268,83	266,35
E0,25I30R0,5	301,19	283,09	250,47	214,95	187,00	184,28	203,38	222,34	245,07	243,48	249,94	272,93
E0,25I30R0,8	480,54	581,19	548,20	468,31	336,37	331,40	365,60	484,88	506,16	503,00	434,76	437,28
E0,25I45R0,5	241,79	238,54	219,56	200,11	159,36	157,12	173,23	207,11	210,48	209,12	201,32	219,56
E0,25I45R0,8	406,62	416,39	369,53	324,71	266,70	262,55	290,66	336,09	390,41	388,09	342,78	368,58
E0,25I60R0,5	160,92	180,15	166,44	116,10	101,14	99,76	109,88	120,06	147,36	146,43	149,98	146,02
E0,25I60R0,8	265,81	329,05	281,00	251,07	234,73	230,72	256,93	259,87	306,49	304,72	286,77	242,05
E0,125I0R0,5	164,03	162,76	151,30	129,81	115,46	114,29	122,18	133,12	139,14	137,90	141,44	152,58
E0,125I0R0,8	279,68	270,92	254,19	224,58	191,05	188,82	204,19	231,11	276,15	274,12	277,60	257,88
E0,125I30R0,5	309,00	278,69	278,40	221,06	177,01	174,63	191,90	228,63	271,59	269,80	265,27	280,05
E0,125I30R0,8	598,08	594,29	491,11	569,69	410,40	403,48	448,33	590,39	518,10	514,93	499,96	541,71
E0,125I45R0,5	266,14	265,38	253,03	200,86	162,33	160,04	176,56	207,89	222,60	221,17	209,25	241,10
E0,125I45R0,8	492,03	472,62	428,37	421,24	296,27	291,85	322,26	436,27	440,44	437,72	380,17	445,68
E0,125I60R0,5	199,82	196,29	208,32	159,24	134,91	132,96	146,77	164,75	189,88	188,73	175,95	181,49
E0,125I60R0,8	396,34	396,96	336,11	322,97	260,85	256,65	284,55	334,35	407,38	405,05	332,60	359,09

## Iluminância média no plano de trabalho (lx) - dias 22, às 9h – Fachada Oeste – Céu 10

	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	3270,87	3371,70	3310,03	3043,95	2738,08	2604,53	2723,27	2991,75	3281,59	3308,56	3221,86	3185,72
E0,5I0R0,5	356,78	356,05	347,33	327,30	283,99	273,10	281,00	302,87	349,04	360,38	360,18	356,75
E0,5I0R0,8	429,04	429,82	421,53	398,99	346,33	333,36	342,70	368,43	423,88	435,79	434,04	428,96
E0,5I30R0,5	335,27	336,56	330,39	311,01	274,91	260,46	268,30	269,83	336,94	351,36	347,16	338,28
E0,5I30R0,8	497,87	500,85	491,35	460,46	410,41	389,53	402,07	414,44	498,50	516,83	512,57	501,50
E0,5I45R0,5	245,44	246,29	242,41	227,84	201,59	190,66	196,59	198,92	247,58	257,86	255,14	248,40
E0,5I45R0,8	344,85	346,89	340,57	318,98	284,23	269,47	278,34	287,19	345,73	358,56	354,92	347,07
E0,5I60R0,5	176,68	177,61	174,66	163,78	145,65	137,94	142,46	152,32	177,68	184,43	182,48	178,13
E0,5I60R0,8	269,38	270,94	264,77	247,19	220,78	209,50	217,00	227,66	267,49	277,00	274,38	269,43
E0,25I0R0,5	297,69	299,75	292,66	275,80	252,47	242,42	250,07	269,25	292,92	301,17	310,82	307,07
E0,25I0R0,8	394,88	398,67	391,47	369,54	345,40	331,46	341,85	361,32	391,78	400,41	414,66	409,19
E0,25I30R0,5	324,29	326,20	320,61	300,97	264,87	250,69	258,79	261,07	326,15	338,89	336,50	328,14
E0,25I30R0,8	550,79	557,85	549,46	513,76	458,75	435,87	451,38	471,83	553,95	569,28	561,28	550,11
E0,25I45R0,5	274,20	275,37	270,58	253,66	224,44	212,33	219,41	223,88	275,20	285,88	283,08	276,43
E0,25I45R0,8	407,12	411,71	404,79	378,82	337,72	320,62	332,01	345,32	408,65	420,76	415,17	406,85
E0,25I60R0,5	177,29	178,74	175,91	164,61	146,11	138,23	142,86	147,89	178,88	185,40	182,92	178,48
E0,25I60R0,8	306,85	311,50	307,56	288,77	260,17	247,97	256,52	268,66	309,87	317,07	311,81	305,82
E0,125I0R0,5	242,71	244,71	239,89	226,29	206,85	199,07	205,31	217,60	239,47	244,42	242,60	240,43
E0,125I0R0,8	363,41	366,26	358,69	337,39	311,08	298,13	308,02	322,76	358,59	366,75	364,61	360,97
E0,125I30R0,5	331,73	333,23	326,98	305,95	269,28	254,85	263,36	267,88	332,03	344,71	341,27	333,67
E0,125I30R0,8	569,34	576,22	565,61	528,88	474,99	452,20	468,46	488,21	568,34	583,96	576,86	566,87
E0,125I45R0,5	277,50	279,08	274,28	256,87	227,48	215,42	222,48	227,03	278,77	289,50	286,38	279,54
E0,125I45R0,8	473,22	477,21	468,06	438,07	393,02	373,83	386,81	404,87	471,64	486,01	481,09	472,79
E0,125I60R0,5	224,44	225,99	222,17	208,06	185,08	175,34	181,32	188,31	225,56	233,90	231,19	225,79
E0,125I60R0,8	380,66	386,63	380,10	354,80	318,28	302,76	313,73	331,19	382,65	392,76	386,32	378,77

## Ganhos solares mensais (kWh) - Fachada Norte

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	129,67	124,02	164,1	222,63	302,1	265,55	252,13	228,86	165,45	116,26	113,94	128,4
E0,5I0R0,5	69,71	68,17	87,1	97,86	116,98	100,48	93,04	85,51	74,59	59,71	59,48	68,72
E0,5I0R0,8	80,46	78,04	103,5	121,23	147,28	127,77	120,67	111,52	94,19	71,22	69,54	79,64
E0,5I30R0,5	73,61	73,83	98,93	131,28	187,27	170,57	162,73	131,52	94,71	64,72	62,68	73,45
E0,5I30R0,8	81,8	81,29	114,41	156,1	213,25	190,77	184,61	157,31	115,7	74,02	70,36	81,75
E0,5I45R0,5	68,53	69,37	97,19	145,04	209,26	185,5	181,75	152,06	97,07	60,92	58,02	68,46
E0,5I45R0,8	74,83	75,1	112,27	167,53	228,9	200,19	198,03	173,61	118,08	68,77	63,93	74,85
E0,5I60R0,5	57,38	58,8	88,32	151,01	204,22	168,74	172,65	156,15	97,86	51,52	47,89	57,16
E0,5I60R0,8	61,16	62,22	101,94	167,83	216,59	178,59	183,04	170,94	116,62	57,42	51,47	61,03
E0,25I0R0,5	69,92	68,36	87,53	98,56	117,82	101,16	93,85	86,28	75,2	60,03	59,71	68,96
E0,25I0R0,8	80,47	78,04	103,6	121,48	147,61	128,07	121,04	111,89	94,47	71,32	69,6	79,69
E0,25I30R0,5	74,84	74,93	100,54	133,65	190,33	172,85	165,32	134,29	96,59	66,02	63,88	74,71
E0,25I30R0,8	82,66	82,02	115,49	157,72	215,33	192,35	186,4	159,26	117,06	74,92	71,21	82,63
E0,25I45R0,5	68,76	69,56	97,53	145,52	209,61	185,75	182,11	152,54	97,55	61,22	58,28	68,72
E0,25I45R0,8	74,85	75,06	112,14	167,56	228,94	200,26	198,13	173,75	118,13	68,8	64	74,88
E0,25I60R0,5	57,53	58,94	88,44	151,1	204,15	168,62	172,58	156,16	97,96	51,67	48,07	57,34
E0,25I60R0,8	61,13	62,17	101,65	167,66	216,36	178,35	182,84	170,79	116,39	57,34	51,47	61,02
E0,125I0R0,5	72,04	70,33	90,42	102,5	123,01	105,98	98,85	90,69	78,64	62,31	61,75	71,14
E0,125I0R0,8	81,92	79,31	105,57	124,32	151,43	131,6	124,72	115,23	97,01	72,93	71,02	81,18
E0,125I30R0,5	75,27	75,28	101,37	135,13	191,81	174,01	166,8	136,03	98,02	66,74	64,43	75,21
E0,125I30R0,8	82,71	81,95	115,44	158,14	215,8	192,75	187,08	160,06	117,56	75,14	71,38	82,73
E0,125I45R0,5	69,28	69,97	98,33	146,83	210,81	186,76	183,4	154,07	98,93	61,98	58,92	69,29
E0,125I45R0,8	74,93	75,01	111,95	167,85	229,23	200,63	198,63	174,42	118,5	69	64,2	75,01
E0,125I60R0,5	55,42	56,96	85,83	148,62	201,5	165,96	170,5	154,21	95,46	49,84	46,27	55,28
E0,125I60R0,8	58,74	59,86	98,15	164,84	213,28	175,36	180,33	168,53	113,3	55,03	49,4	58,67

## Ganhos solares mensais (kWh) - Fachada Sul

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	275,99	171,21	128,59	105,58	99,39	81,96	73,45	84,02	97,98	126,82	214,99	296,15
E0,5I0R0,5	170,7	116,94	93,64	75,94	70,6	57,46	49,68	57,21	68,55	87,69	136,19	176,87
E0,5I0R0,8	193,55	129,1	100,16	81,44	76,22	62,78	54,65	62,75	74,44	96,54	155,3	201,12
E0,5I30R0,5	198,06	125,83	93,92	78,01	73,61	61,23	52,65	60,02	69,65	90,25	155,43	208,41
E0,5I30R0,8	222,91	138,17	99,04	82,27	77,98	65,34	56,5	64,33	74,23	98,25	176,73	234,23
E0,5I45R0,5	203,07	123,48	88,27	73,5	69,42	57,71	49,25	56,02	64,73	85,96	157,28	216,35
E0,5I45R0,8	227,5	135,74	92,54	77,01	73,06	61,18	52,46	59,63	68,55	93,46	178,83	241,28
E0,5I60R0,5	204,98	116,58	78,98	65,4	61,47	50,53	42,61	48,49	56,42	78,11	156,36	218,32
E0,5I60R0,8	226,84	127,69	81,85	67,66	63,93	52,97	44,8	50,97	58,98	84,43	176,49	239,84
E0,25I0R0,5	172,11	117,61	93,84	76,28	70,99	57,88	50,27	57,84	69,07	88,26	137,42	178,34
E0,25I0R0,8	194,13	129,25	100,09	81,54	76,4	63,1	55,05	63,23	74,8	96,77	155,84	201,76
E0,25I30R0,5	196,9	124,91	92,8	77,26	72,96	60,74	52,36	59,67	69,02	89,46	154,54	206,89
E0,25I30R0,8	221,85	137,06	97,9	81,52	77,36	65,01	56,25	64,07	73,68	97,39	175,77	233
E0,25I45R0,5	207,13	125,63	89,97	75,02	70,94	59,11	50,77	57,78	66,6	87,99	160,49	220,55
E0,25I45R0,8	230,22	137,08	93,77	78,13	74,21	62,35	53,67	61,07	70,05	94,93	180,93	244,08
E0,25I60R0,5	205,7	117,01	79,29	65,79	61,89	50,96	43,16	49,1	56,97	78,62	157,03	219,02
E0,25I60R0,8	226,94	127,58	81,82	67,77	64,1	53,28	45,15	51,39	59,3	84,54	176,54	240
E0,125I0R0,5	168,01	115,14	91,72	74,6	69,38	56,37	49,13	56,56	67,55	86,46	134,5	173,89
E0,125I0R0,8	189,94	126,82	98,2	80,03	74,94	61,74	54	62,1	73,48	95,06	152,76	197,21
E0,125I30R0,5	202,94	128,49	95,77	79,81	75,39	62,76	54,6	62,26	71,95	92,89	159,72	214,23
E0,125I30R0,8	225,06	139,25	99,96	83,23	78,93	66,26	57,68	65,81	75,75	99,65	178,63	237,12
E0,125I45R0,5	201,9	122,63	87,2	72,98	69,05	57,43	49,46	56,25	64,62	85,57	156,8	214,93
E0,125I45R0,8	225,22	133,93	91,05	76,11	72,33	60,75	52,36	59,59	68,14	92,42	177,06	238,84
E0,125I60R0,5	201,49	114,03	76,17	63,45	59,73	49,09	41,75	47,45	54,79	76,05	153,71	214,8
E0,125I60R0,8	222,86	124,29	78,51	65,26	61,81	51,38	43,61	49,66	57,05	81,73	173,06	235,85

## Ganhos solares mensais (kWh) - Fachada Leste

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	251,9	216,74	262,48	184,36	167,49	126,55	126,38	155,37	214,02	245,63	240,15	235,8
E0,5I0R0,5												
E0,5I0R0,8												
E0,5I30R0,5	136,46	119,12	147,73	101,29	90,52	64,74	63,53	80,16	116,4	138	131,65	123,88
E0,5I30R0,8	159,03	137,81	170,61	117,97	106,68	78,69	77,38	96,48	137,21	160,28	153,54	146,05
E0,5I45R0,5	141,61	120,29	149,64	101,42	92,94	66,39	65,53	82,03	117,68	138,3	134,56	130,66
E0,5I45R0,8	161,34	136,59	169,53	116,04	106,94	78,44	77,51	96,27	135,91	157,85	153,58	149,78
E0,5I60R0,5	122,99	103,77	129,05	86,67	78,85	55,72	55,06	68,32	98,11	115,43	115,18	114,5
E0,5I60R0,8	137,64	115,69	143,8	97,32	89,1	64,69	63,89	78,89	111,69	130,19	129,41	128,63
E0,25I0R0,5	48,89	46,31	53,42	35,32	28,6	15,18	13,13	17,06	30,34	38,98	41,79	44,55
E0,25I0R0,8	67,26	61,73	72,14	48,98	41,57	26,52	24,13	30,44	47,69	57,85	59,74	61,83
E0,25I30R0,5	136,32	119,02	147,53	101,18	90,43	64,69	63,45	80,02	116,16	137,74	131,46	123,74
E0,25I30R0,8	158,78	137,61	170,33	117,79	106,53	78,61	77,26	96,32	136,94	159,97	153,24	145,82
E0,25I45R0,5	141,38	120,13	149,4	101,28	92,81	66,31	65,42	81,85	117,41	137,99	134,31	130,47
E0,25I45R0,8	161,01	136,35	169,18	115,82	106,74	78,33	77,37	96,04	135,59	157,45	153,24	149,47
E0,25I60R0,5	122,64	103,52	128,68	86,42	78,61	55,5	54,83	68	97,69	115	114,79	114,17
E0,25I60R0,8	137,21	115,33	143,34	97	88,82	64,47	63,63	78,55	111,23	129,67	128,95	128,21
E0,125I0R0,5	48,33	45,8	52,63	34,8	28,15	14,87	12,79	16,59	29,65	38,21	41,17	44
E0,125I0R0,8	66,49	61,06	71,19	48,35	41,04	26,15	23,73	29,89	46,91	56,95	58,97	61,1
E0,125I30R0,5	136,79	119,46	148,03	101,65	90,88	65,08	63,95	80,57	116,72	138,26	131,95	124,26
E0,125I30R0,8	158,7	137,56	170,26	117,81	106,58	78,71	77,44	96,49	137,02	159,97	153,23	145,81
E0,125I45R0,5	141,88	120,63	149,96	101,85	93,33	66,76	66,01	82,5	118,08	138,6	134,86	131,02
E0,125I45R0,8	160,89	136,27	169,08	115,83	106,81	78,48	77,57	96,28	135,75	157,48	153,22	149,42
E0,125I60R0,5	119,39	100,68	125,15	84,1	76,46	53,76	53,13	65,93	94,77	111,61	111,56	111,18
E0,125I60R0,8	133,71	112,25	139,51	94,44	86,52	62,67	61,81	76,37	108,16	126,05	125,49	124,93

## Ganhos solares mensais (kWh) - Fachada Oeste

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SEM BRISE	422,25	380,96	414,67	308,43	285,28	218,07	211,15	268,86	352,08	388,11	380,9	402,07
E0,5I0R0,5												
E0,5I0R0,8												
E0,5I30R0,5	241,03	219,1	240,5	175,17	160,7	117,28	115,51	151,85	200,87	221,39	216,34	227,11
E0,5I30R0,8	276,6	250,57	274,2	201,49	185,96	139,07	135,55	176,41	231,93	254,95	249,42	261,57
E0,5I45R0,5	247,61	221,79	240,44	176,08	159,48	120,25	114,02	148,25	199,02	224,05	223,77	234,41
E0,5I45R0,8	278,85	249,6	270,42	199,44	182,14	139,66	132,01	170,35	226,99	253,81	252,8	264,9
E0,5I60R0,5	209,35	187,31	199,79	147,26	132,13	100,19	92,74	119,09	162,93	186,34	188,78	198,9
E0,5I60R0,8	232,77	207,98	222,42	164,67	149,16	114,85	106,28	135,81	184,16	208,81	210,64	221,85
E0,25I0R0,5												
E0,25I0R0,8												
E0,25I30R0,5	242,18	220,17	241,65	176,07	161,53	117,95	116,15	152,6	201,73	222,34	217,32	228,29
E0,25I30R0,8	277,62	251,52	275,23	202,31	186,76	139,72	136,16	177,12	232,74	255,85	250,31	262,65
E0,25I45R0,5	247,17	221,42	239,99	175,77	159,17	119,98	113,76	147,87	198,5	223,53	223,29	233,97
E0,25I45R0,8	278,27	249,12	269,86	199,04	181,78	139,36	131,73	169,93	226,41	253,21	252,22	264,35
E0,25I60R0,5	208,84	186,88	199,27	146,86	131,75	99,81	92,39	118,62	162,31	185,72	188,22	198,38
E0,25I60R0,8	232,13	207,44	221,81	164,22	148,72	114,46	105,91	135,32	183,52	208,13	209,99	221,2
E0,125I0R0,5	71,66	69,08	74,98	52,43	49,3	29,26	24,96	30,73	46,35	55,95	56,27	66,96
E0,125I0R0,8	92,33	87,59	95,03	67,92	64,14	41,73	37,05	46,05	65,44	76,1	75,41	86,8
E0,125I30R0,5	242,62	220,56	242,05	176,47	161,93	118,28	116,55	152,99	202,12	222,78	217,74	228,71
E0,125I30R0,8	277,41	251,3	274,99	202,19	186,69	139,7	136,19	177,1	232,63	255,66	250,11	262,45
E0,125I45R0,5	247,77	221,98	240,64	176,37	159,79	120,47	114,38	148,55	199,18	224,18	223,86	234,56
E0,125I45R0,8	278,07	248,95	269,67	199	181,79	139,39	131,86	170,04	226,4	253,1	252,05	264,17
E0,125I60R0,5	209,6	187,59	200,09	147,63	132,49	100,41	93,13	119,44	163,14	186,53	188,91	199,11
E0,125I60R0,8	232	207,32	221,72	164,24	148,81	114,56	106,13	135,54	183,59	208,1	209,89	221,09

**ANEXO A - Desempenho global de elementos vazados analisados por Bittencourt (1993, p. 258), em experimentos no nordeste brasileiro.**

	C1 		C2 		C3 		C4 	
FUNCTION	Performance		Performance		Performance		Performance	
	Abs.*	Rel.**	Abs.*	Rel.**	Abs.*	Rel.**	Abs.*	Rel.**
<b>VENTILATION:</b>								
wind incidence 90°	P	4	G	1	G	3	G	2
wind incidence 67°	P	4	G	1	G	3	G	2
wind incidence 45°	P	4	G	1	G	3	G	2
wind incidence 22°	P	4	R	3	R	2	R	1
<b>SHADING:</b>								
north	P	4	G	1	P	3	G	2
northeast	P	4	R	3	R	2	G	1
east	P	2	P	4	R	1	P	3
southeast	P	4	R	3	R	1	R	2
south	P	4	G	1	P	3	G	2
southwest	P	3	P	4	R	1	P	2
west	R	1	P	4	R	2	P	3
northwest	P	3	P	4	R	1	R	2
<b>DAYLIGHTING:</b>								
white	P	4	G	1	P	3	G	2
grey	P	4	G	1	P	3	R	2
black	P	4	G	1	P	3	R	2
<b>RAIN PENETRATION:</b>								
north	G	4	G	1	G	3	G	2
northeast	G	2	R	4	G	1	R	3
east	G	1	P	4	R	2	P	3
southeast	G	1	P	4	R	2	P	3
south	G	1	P	4	R	2	P	3
southwest	G	2	P	4	G	1	P	3
west	G	4	R	3	G	1	R	2
northwest	G	4	G	3	G	1	G	2
<b>VIEW</b>	P	4	G	2	R	3	G	1
<b>NOISE</b>	R	1	P	4	P	2	P	3
<b>PRIVACY</b>	G	1	P	3	R	2	R	3
<b>SECURITY</b>	G	2	G	3	G	1	R	4
<b>Notes:</b>								
* <b>Absolute Performance</b> gives a rough idea of each block performance regarding each aspect, defined as good (G), regular (R) or poor (P).								
** <b>Relative Performance</b> refers to the comparison between the four blocks and is ranked from 1 to 4 (being 1 the best and 4 the worst).								

**ANEXO B - Critérios de desempenho selecionados para dispositivos de controle solar em ambientes de escritório segundo Voss et al, 2007, p. 134**

**Table 3.5 Selected performance criteria for common and future (switchable glazing) solar-control systems for office rooms**

		Glazing technologies			Mechanical shading devices			Fixed shading devices			
		Fixed properties			Switchable properties						
		Solar-control glazing	Special glazing*	Electrochromic, gasochromic, SPD	Thermotropic*	Venetian blind	Roller blind with opaque slats	Transparent polymer roller blind	Overhang	Light shelf	
Solar control	Load reduction**	Moderate	Moderate, seasonal variation	High	High/moderate	High to moderate, depending on position and slat angle	Moderate, seasonal variation				
	User or control dependent	No	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	No	
Daylighting	Visual contact	Excellent	Disturbed	Variable, moderate	Variable, poor	Variable	Good	Variable, excellent	Good	Good	
	Glare protection	No	Yes	No	No	Variable	Seasonal	Variable	Seasonal	Seasonal	
Single system sufficient to tackle both issues?	Main daylight effects	Slightly reducing	Direct light cut-off	Variable, not colour neutral	Light diffusing	Variable, diffusing	Seasonal direct light cut-off	Variable, reducing	Seasonal direct light cut-off	Seasonal direct light cut-off, light-guiding	
		No	No	No	No	Generally yes, but not all products	No	No	No	No	
Selected architectural design consideration	Economy	Passive solar gain reduction (winter)	Moderate	Slightly	Slightly	No	Slightly	No	Slightly	Slightly	
		Investment costs	Moderate	High	Not yet clear	Not yet clear	Low to moderate, depending on position	High	High	High	
		Maintenance	No	No	Not yet clear	Not yet clear	Moderate to high, depending on position	Low	Low	Low	
	Mounting position	Site-dependent solution?	No	Yes	No	No	No	Yes	No	Yes	Yes
		Identical system for all orientations?	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No
		Potential synergetic effects	No	No	No	No	No	Yes (security path, façade cleaning)	No	Yes	High
		Design dominance	Low	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate to high, depending on mounting position	High	High	High	High
	Mounting position	Exterior					X	X	X	X	X
		Interior					X	X	X	X	X
		Inter-pane					X	X	X	X	X

Notes: \* not suitable for office glazing due to obstructed visual contact.

\*\* high:  $g < 20$  per cent; moderate:  $20 < g < 40$  per cent; poor:  $g > 40$  per cent.

## ANEXO C - Sobre o Aluzinc

Características do Aluzinc disponíveis no website da empresa HunterDouglas®

### ALUZINC

#### INTRODUÇÃO:

O Aluzinc é formado por 55 de alumínio, 43.4 de zinco e 1.6 de silicone, solidificados a 600°C. Sua estrutura quaternária da combinação de Al-Fe-Si-Zn forma uma camada de proteção no aço que previne a oxidação.

#### BENEFÍCIOS:

A camada de zinco na superfície do aço galvanizado serve como isolante da atmosfera, prevenindo a oxidação de sua camada interna e garantindo uma vida útil maior ao aço galvanizado. Além disso, ele é economicamente viável, podendo ser aplicado como matéria-prima em diversos setores e oferecendo valor agregado. Pode-se encontrar aço galvanizado hoje em dia em equipamentos de alta precisão, computadores, eletroeletrônicos, projetos de arquitetura, revestimentos, etc.

#### APLICAÇÃO:

- **Construção Civil**  
Pisos, tetos, varandas, batentes, galpões, divisórias, calhas, paredes, tubulação subterrânea, janelas, vigas, cercas, andaimes, decoração de interiores, dutos, sistemas de ventilação e cabeamento, etc.
- **Agricultura**  
Celeiros, secadoras, sistemas de irrigação, tremonhas, estufas, tanques de água, galpões, silos, e artigos de uso geral.
- **Transportes**  
Containers, painéis protetores, chassis, tanques de combustível, guaritas, sinalização de estradas, filtros de ar, sistema de transporte e muretas de segurança.
- **Eletroeletrônicos**  
Freezers, vídeo cassetes, iluminação, aquecedores, máquinas de lavar, refrigeradores, fogões, ar-condicionado, torradeiras, forno microondas, quadro de força, etc.
- **Artigos de Computadores**  
Gabinetes e placas.
- **Diversos**  
Máquinas de salgadinhos e jogos, baterias, latas, baldes, sistema de sauna, sistema de exaustão de lareiras, painéis solares, equipamentos de escritório, mobiliário, caixa de ferramentas, garagens, lixeiras, etc.

## Características do Aluzinc disponíveis no website da empresa HunterDouglas® - Continuação

## CARACTERÍSTICAS

**RESISTÊNCIA À CORROSÃO:**

A combinação do alumínio com zinco forma uma camada de proteção muito eficaz e resistente à oxidação. A camada insolúvel de óxido de alumínio e o sacrifício do zinco na proteção das arestas, arranhões e demais avarias na superfície fazem do Aluzinc um produto único e resistente. Há 20 anos o Aluzinc é submetido a testes de exposição em diferentes atmosferas, e tem se mostrado superior no quesito resistência a corrosão em comparação aos demais aços galvanizados.

**RESISTÊNCIA AO CALOR:**

Similar às folhas com revestimento em alumínio, o Aluzinc resiste à altas temperaturas de oxidação. Sua resistência ao calor é superior aos demais aços galvanizados. O Aluzinc pode ser utilizado em temperaturas até 315°C.

**REFLETIVIDADE & TRANSMISSÃO DE CALOR:**

A alta capacidade refletiva do Aluzinc forma uma eficaz barreira contra o calor.

**INFORMAÇÕES TÉCNICAS:**

COMPOSIÇÃO:	
C:	0.04-0.06%
Si:	0.01-0.03%
Mn:	0.18-0.22%
P:	0.014-0.016%
S:	0.006%-0.009%

INFORMAÇÕES TÉCNICAS:	
Elasticidade:	(Mpa) 280-320
Resistência:	(Mpa) 340-390
Tolerância:	20%-30%
Irregularidade:	Não ultrapassa 1%
Nivelamento	
Arco:	15mm max
Beirada do Topo:	9mm max
Curva Central:	8mm max
Flexão a 180°:	sem rachaduras, descamação ou fracionamento

## ANEXO D – Tabela extraída da norma NBR6401 – Parte 3

Escritório de média densidade, segundo a norma NBR6401(ABNT, 2008-b, p.8)

Local	D pessoas/1 00 m <sup>2</sup>	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exi me L/s
		F <sub>p</sub> L/s* <i>pe</i> ss.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s* <i>pe</i> ss.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s* <i>pe</i> ss.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	
<b>Comercio varejista</b>								
Supermercado alto padrão	8	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	
Supermercado padrão médio	10	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	
Supermercado popular	12	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	
Mall de centros comerciais	40	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	
Lojas (exceto abaixo)	15	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	
Salão de beleza e/ou barbearia <sup>(2)</sup>	25	10	0,6	12,5	0,8	15,0	0,9	
Animais de estimação <sup>(2)</sup>	10	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	
Lavanderia "self-service"	20	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	
<b>Edifícios de escritórios</b>								
Hall do edifício, recepção	10	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	
Escritórios diretoria	6	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	
Escritório com baixa densidade	11	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	
Escritório com média densidade	14	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	
Escritório com alta densidade	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	

## ANEXO E – Tabela extraída do RTQ-C (BRASIL, 2010, p.42)

Tabela 4.1: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI<sub>L</sub>) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2

## ANEXO F – Tabela extraída do RTQ-C (BRASIL, 2010, p.53)

Condicionadores de ar resfriados a ar	< 70 kW	Outros	Split e unitário	3,16 COP 3,22 ICOP	AHRI 340/360
		Resistência elétrica	Split e unitário	2,93 COP 2,96 ICOP	
	Outros		Split e unitário	2,87 COP 2,90 ICOP	
		≥ 70 kW e < 223 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	
	Outros		Split e unitário	2,78 COP 2,81 ICOP	
		≥ 223 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	
Outros	Split e unitário		2,78 COP 2,81 ICOP		
	Condicionadores de ar resfriados a água	< 19 kW	Todos	Split e unitário	3,54 COP 3,60 ICOP
Resistência elétrica			Split e unitário	3,37 COP 3,43 ICOP	
		Outros	Split e unitário	3,31 COP 3,37 ICOP	
≥ 19 kW e < 40 kW			Resistência elétrica	Split e unitário	3,22 COP 3,28 ICOP
		Outros	Split e unitário	3,16 COP 3,22 ICOP	
≥ 40 kW e < 70 kW			Resistência elétrica	Split e unitário	3,22 COP 3,25 ICOP
	Outros	Split e unitário	3,16 COP 3,19 ICOP		
≥ 70 kW		Resistência elétrica	Split e unitário	3,22 COP 3,25 ICOP	
	Outros	Split e unitário	3,16 COP 3,19 ICOP		

Fonte: ASHRAE (2007) – ASHRAE Standard 90.1-2007.

ANEXO G – Tabela de refletâncias (MARCHI, 2007, p. 65)

Tabela de refletâncias extraída de:

MARCHI, S. R.. **Análise da influência da cor no potencial de aproveitamento da luz natural no ambiente construído**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, 2007. Disponível em <[http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/daylight/analise\\_da\\_influencia\\_da\\_cor\\_no\\_potencial\\_de\\_aproveitamento\\_da\\_luz\\_natural\\_no\\_ambiente\\_construido.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/daylight/analise_da_influencia_da_cor_no_potencial_de_aproveitamento_da_luz_natural_no_ambiente_construido.pdf)>. Acesso em 20mar.2012.

Tabela 2 - Índices de refletância para diferentes cores.  
Adaptado: Piloto Neto (1980, p. 119), Santos *et al.* (1992, p. 91) e Castro *et al.* (2003).

COR	Método do	Método do	PILOTO NETO	SANTOS	CASTRO
	Papel Branco %	Luminôcímetro %	(1980) %	<i>et al.</i> (1992) %	<i>et al.</i> (2003) %
<b>Cores de Tintas:</b>					
Branco	90	75	80	98	88
Amarelo Claro	72,52	47,18	70	70	70
Laranja	57,79	35,53	50	50	51
Azul claro	54	21,39	50	50	41
Rosa	51,3	27,74	60	60	51
Verde claro	49,40	37,17	60	60	36
Lilás	37,8	19,95	38	40	-
Verde azulado	32,4	15,46	12	12	-
Verde máquina	31,5	23,26	25	25	17
Cinza escuro	20,7	11,09	30	31	28
Vermelho	16,02	9,53	17	7	30
Preto	3,08	1,5	0	-	4
<b>Cores de Divisórias:</b>					
Areia Jundiá	60,3	41,72	-	-	-
Cristal	57,6	32,61	-	-	-
Pérola	53,1	33,96	-	-	-
Cinza	42,3	27,03	-	-	-