

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

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMINOSO ATRAVÉS
DE UMA “JANELA EM SACADA”.**

Estudo comparativo para os climas de Maceió, Brasil e
Valparaíso, Chile.

Amaya Glaría Kähni

**MACEIÓ
2010**

Amaya Glaría Kähni

**ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMINOSO
ATRAVÉS DE UMA “JANELA EM SACADA”.**
**Estudo comparativo para os climas de Maceió, Brasil
e Valparaíso, Chile.**

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

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús

**MACEIÓ
2010**

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

G558a Glaría Kähni, Amaya.
Análise do desempenho luminoso através de uma “janela em sacada” / Amaya Glaría Kähni, 2010.
217 f. : il. color.

Orientador: Ricardo Carvalho Cabús.
Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2010.

Bibliografia: f. 148-152.
Apêndices: f. 153-211.
Anexos: f. 212-217.

1. Iluminação natural – Simulação por computador. 2. Conforto visual.
3. Janela em sacada. 4. Arquitetura e clima – Maceió (Brasil : Alagoas).
5. Arquitetura e clima – Valparaíso (Chile : Valparaíso). I. Título.

CDU: 728.1

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

Amaya Glaría Kähni

**ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMINOSO ATRAVÉS DE
UMA “JANELA EM SACADA”.**
**Estudo comparativo para os climas de Maceió, Brasil
e Valparaíso, Chile.**

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

Aprovada em

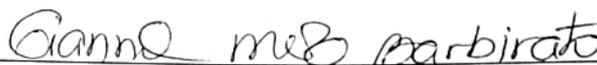
BANCA EXAMINADORA



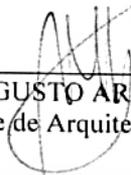
Prof. Dr. RICARDO CARVALHO CABÚS
Centro de Tecnologia – UFAL



Prof. Dr. ALDOMAR PEDRINI
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFRN



Prof. Dra. GIANNA MELO BARBIRATO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



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

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Ricardo Cabús por sua orientação, seus conhecimentos passados, o apoio e a paciência, sem os quais esta pesquisa não seria possível.

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

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pela oportunidade única de uma boa educação.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Dinâmicas do Espaço Habitado, da Universidade Federal de Alagoas que, de alguma forma, contribuíram para minha formação acadêmica, o êxito deste trabalho e a realização de um sonho.

Especialmente agradeço às professoras Gianna Melo Barbirato, Regina Dulce e Verônica Robalinho pelo sorriso constante, o apoio e o incentivo na continuidade deste trabalho e nesta aventura; ao professor Leonardo Bittencourt pelas contribuições ao aprimoramento da dissertação e a oportunidade de trabalhar com os alunos, e ao professor Geraldo Majela por seus múltiplos e valiosos aportes. Todos eles grandes incentivadores.

À Banca Examinadora, pelas contribuições ao aperfeiçoamento desta dissertação.

Aos colegas do GRILU – Grupo de Pesquisa em Iluminação – pelas muitas ajudas e pela agradável convivência.

Ao Ricardo Leão, Louise Melo e Mara Araújo pela amizade sincera, apoio e ajuda constante e desinteressada.

À Adriana, André, Chuchu e Isabela pela ajuda no dia a dia e os incontáveis momentos de alegria e descontração.

À Marcela Godoy e Macarena Barrientos, pela amizade e auxílio nos momentos necessários. A Nina Hormazábal e Pablo Barros pela sua colaboração a distancia.

Aos meus pais e irmã por estar sempre a meu lado, e pelo apoio e incentivo constante em todas as etapas de minha vida.

A meu Francisco, pela aventura inesquecível.

E a todos que contribuíram na realização deste trabalho e que de forma falha tenha esquecido de agradecer. A todos muito obrigada.

RESUMO

A presente pesquisa estuda a influência luminosa produzida no uso da “Janela em Sacada” em habitações. A "Janela em Sacada" é um tipo de janela saliente da fachada, de desenho sensível à influência dos movimentos culturais. Este espaço de vidro foi importado pelos diversos lugares no mundo. Na atualidade, no caso de Chile, seu uso tem sido intenso e indiscriminado, produzindo um elemento arquitetônico que desconsidera os aspectos climáticos. No entanto, no caso de Brasil, também vêm sendo utilizadas algumas configurações similares destes espaços de transição. O objetivo principal deste trabalho é contribuir para o estudo dos espaços de transição, por meio da análise do desempenho luminoso da “Janela em Sacada”. A metodologia utilizada consiste em um estudo comparativo do desempenho luminoso entre uma “Janela em Sacada” e janelas simples, para as cidades de Maceió, Brasil e Valparaíso, Chile; incluindo a utilização de protetores solares verticais e horizontais. As simulações realizam-se por meio de simulação computacional através do software TropLux, utilizando-se um modelo padrão de sala que inclui a “Janela em Sacada” em sua configuração. Dos resultados e análise, pode-se concluir que a “Janela em Sacada” contribui com um maior ganho da iluminação nos ambientes, esta janela diminui o desempenho luminoso comparado com uma janela simples, até um 18%, principalmente na área perto da abertura, o que poderia contribuir com uma maior uniformidade luminosa na sala. Em relação a uma janela simples com beiral, a “Janela em Sacada” aumentará os níveis de iluminâncias, em até um 13%; contribuição gerada pela influência do plano inferior desta janela, que atua como elemento refletor. E, o uso de protetores solares na configuração desta janela, ajuda a diminuir, em até 50%, os altos níveis de iluminação das áreas com maior radiação, segundo a orientação e hora do dia.

PALAVRAS-CHAVE: iluminação natural; conforto visual, janelas; “Janela em Sacada”; clima de Maceió, Brasil; clima de Valparaíso, Chile; simulação computacional; TropLux.

ABSTRACT

This present dissertation focuses on the study of the daylight performance produced by the use of “Bow Window” in the residential sector. The system “Bow Window” is a simply designed window facing outward from the façade. Moreover this architectural element is influenced by a multitude of cultural trends and imported from various parts of the world. Nowadays in Chile the use of such windows has been largely used, regardless of the climatic aspects. Similarly, in Brazil, these architectural elements been used in the same way. The investigation has considered the “Bow Window” as a space in between more likely as a intermedium space, therefore the focus of this research project is to contribute to the daylight performance of the above named spaces. The methodology used involves the comparative study between “Bow Window” and simple window in dwellings in two cities; Maceió, Brazil and Valparaíso, Chile. In addition to this, the methodology includes the analysis of vertical and horizontal solar protection. The study was carried out using software as the main tool TropLux. The base case was a room model including “Bow Window” in its configuration. From the results can be concluded that the “Bow Window” contribute to the daylight uniformity within the model, due it can decrease the high illuminance in the closest areas near to the studied window when compared with a standard window. Furthermore, the horizontal and vertical sun protections applied to “Bow Window” have shown to be useful to decrease the high daylight levels, particularly in the areas with higher solar radiation according to the “Bow Window” orientation and hourly transition.

KEYWORDS: daylighting; visual comfort; windows; “Bow windows”; “Bay windows”; climate of Maceió, Brazil; climate of Valparaíso, Chile; computational simulation; TropLux.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 0-01 – Vista exterior de uma “Janela em Sacada” (a), vista interior de uma “Janela em Sacada” (b).	15
Figura 0-02 – Tipologia de “Janela em Sacada”: O Bow Window do século XVIII (a), a “Janela em Sacada” em diferentes formas (b).	16
Figura 0-03 – A “Janela em Sacada” atualizada, caso Chile.	
Figura 0-04 – Alguns exemplos da tipologia de “Janela em Sacada” no Brasil: fechamento envidraçado de varandas nos prédios de Maceió (a, b), habitação com “Janela em Sacada” na Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso.	18
Figura 1-01 – Janelas: provisão de iluminação no interior (a), provisão de vistas externas (b) e a influência na fachada (c).	25
Figura 1-02 – Tipologias de Janela vertical do século XVIII.	27
Figura 1-03 – Tipologias de Janela no Movimento Moderno.	29
Figura 1-04 – Janela baixa: iluminação através da luz refletida (a), vistas (b).	31
Figura 1-05 – Iluminação através de uma janela alta.	32
Figura 1-06 – A “Janela em Sacada” do exterior (a) e do interior (b).	33
Figura 1-07 – A “Janela em Sacada”, uma tipologia de janela influenciada através do tempo: Inglaterra (a), Nova Zelândia (b), Espanha (c), Chile (d, e).	35
Figura 1-08 – O “Bow window” na arquitetura do século XVIII.	36
Figura 1-09 – A “Janela em Sacada” desenvolvida em São Francisco, EUA: o “Bay window”.	37
Figura 1-10 – A tipologia de “Janela em Sacada” desenvolvida em Valparaíso: a “Galeria”.	38
Figura 1-11 – O desenho da “Janela em Sacada” desenvolvida atualmente no Chile.	38
Figura 1-12 – A diversidade de “Janelas em Sacada” no Chile.	39
Figura 1-13 – A “Janela em Sacada” na Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso, Brasil.	39
Figura 1-14 – A “Janela em Sacada” em diferentes configurações, Maceió-AL, Brasil: uso em habitações.	40
Figura 1-15 – A “Janela em Sacada”, Maceió-AL, Brasil: uma transformação das varandas.	40
Figura 1-16 – A “Janela em Sacada” utilizada em condomínios: na cidade de La Serena, na latitude 29°54` (a), na cidade de Valparaíso, na latitude 33°05` (b) e na cidade de Puerto Montt, na latitude 41°28` (c), no Chile.	43
Figura 1-17 – O Beiral: uma proteção solar para uma “Janela em Sacada”.	44
Figura 1-18 – Proteção mediante de dispositivos fixos: horizontal superior e vertical lateral.	44
Figura 1-19 – O Beiral como proteção solar no verão, deixando entrar o Sol no inverno.	47
Figura 1-20 – O Beiral como protetor solar e o aproveitamento da luz refletida do exterior (a) e edifícios que controlam a radiação direta e geram radiação refletiva em seus planos inferiores (b).	47
Figura 1-21 – Localização de Maceió no mundo (a) e a cidade de Maceió (b).	49
Figura 1-22 – Carta solar de Maceió.	53
Figura 1-23 – Ângulos de altura solar ao meio-dia em Maceió.	54
Figura 1-24 – Localização do Valparaíso no mundo (a) e a cidade do Valparaíso (b).	55
Figura 1-25 – Carta solar de Valparaíso.	61

Figura 1-26 – Ângulos de altura solar ao meio-dia no Valparaíso.	62
Figura 1-27 – Exemplo de um modelo em escala reduzida.	67
Figura 1-28 – Simuladores de Céu: a vista de uma “Cúpula de Céu” ou “Sky Dome” (a) e a vista de um Simulador “Céu de Espelho” ou “Mirror Sky” (b).	68
Figura 1-29 – Simuladores do Sol: o “Heliodon” (a) e o Relógio de Sol (b).	69
Figura 1-30 – Alguns Métodos Gráficos: o Transportador (a), a Curva Isolux (b) e o Diagrama de Pontos (c).	70
Figura 1-31 – O software TropLux: entrada da informação.	72
Figura 1-32 – O software TropLux: geração automática de uma marquise.	73
Figura 2-01 – Diversidade de modelos de “Janela em Sacada” no Chile: modelo na cidade (a), modelo na montanha (b) modelo na costa (c).	77
Figura 2-02 – Localização de uma “Janela em Sacada” em uma sala de estar.	78
Figura 2-03 – Sala de referência em corte longitudinal, planta e isométrica, externa e interna, mostrando as dimensões e configurações da sala.	79
Figura 2-04 – Projeto de habitação para a cidade de Valparaíso, latitude 33°05’.	80
Figura 2-05 – Localização e dimensões da “Janela em Sacada”, mostradas em corte longitudinal, planta e isométrica externa e interna.	81
Figura 2-06 – Transparência ou opacidade dos planos laterais da “Janela em Sacada”, em planta.	81
Figura 2-07 – “Janela em Sacada” sem e com o protetor solar, em isométrica.	82
Figura 2-08 – Localização do plano de trabalho e organização da malha de pontos para realização das simulações, no corte e na planta.	88
Figura 2-09 – Modelos para simulações: “Janela em Sacada” versus janela simples e “Janela em Sacada” versus janela simples com beiral: Planta Modelo de “Janela em Sacada”, com malha de estudo de 5x1 (a); Planta Modelo de janela simples, com malha de estudo 5x1 (b); Planta Modelo de janela simples com beiral, com malha de estudo 5x1 (c).	89
Figura 2-10 – Modelos para simulações: 2 exemplos com diferente materialidade nos planos laterais. “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes (a); “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos (b).	90
Figura 2-11 – Modelos de “Janela em Sacada” simples e “Janela em Sacada” com beiral para a fase 3 das simulações (corte e planta). “Janela em Sacada” sem beiral (a), “Janela em Sacada” com beiral (b).	91
Figura 2-12 – Ângulo de proteção solar às 12h nas orientações Norte e Sul, e dimensões do beiral da “Janela em Sacada” para a cidade de Maceió e Valparaíso.	92
Figura 2-13 – Seção transversal escolhida para o estudo dos modelos.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-01 – O software TropLux: saídas da informação, exportadas como tabelas.	74
Tabela 2-01 – Refletâncias dos materiais empregados na sala de referência.	79
Tabela 2-02 – Refletâncias e transmitâncias dos materiais empregados na "Janela em Sacada".	83
Tabela 2-03 – Saídas do programa TropLux v3.12beta: em forma de tabelas.	84
Tabela 2-04 – Fases de Simulação e os Modelos estabelecidos.	85
Tabela 2-05 – Nomenclatura dos pontos segundo a distância.	88
Tabela 2-06 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre janelas, nas orientações e pontos estudados.	94
Tabela 2-07 – Tabela do acréscimo percentual do desempenho luminoso relativo entre duas janelas segundo as orientações escolhidas x período do ano, hora e ponto.	95
Tabela 3-01 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a "Janela em Sacada" e a janela simples, nas orientações e pontos estudados.	99
Tabela 3-02 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da "Janela em Sacada", comparada com uma janela simples na orientação Norte versus período, hora e ponto.	101
Tabela 3-03 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da "Janela em Sacada" comparada com uma janela simples na orientação Sul versus período, hora e ponto.	102
Tabela 3-04 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da "Janela em Sacada" comparada com uma janela simples na orientação Leste versus período, hora e ponto.	103
Tabela 3-05 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da "Janela em Sacada" comparada com uma janela simples na orientação Oeste versus período, hora e ponto.	104
Tabela 3-06 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a "Janela em Sacada" e a janela simples com beiral, nas orientações e pontos estudados.	105
Tabela 3-07 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da "Janela em Sacada" comparada com uma janela simples com beiral na orientação Norte versus período, hora e ponto.	107
Tabela 3-08 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da "Janela em Sacada" comparada com uma janela simples com beiral na orientação Sul versus período, hora e ponto.	108
Tabela 3-09 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da "Janela em Sacada" comparada com uma janela simples com beiral na orientação Leste versus período, hora e ponto.	109
Tabela 3-10 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da "Janela em Sacada" comparada com uma janela simples com beiral na orientação Oeste versus período, hora e ponto.	109
Tabela 3-11 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a "Janela em Sacada" com ambos os planos laterais opacos e a "Janela em Sacada" com ambos os planos laterais transparentes, nas orientações e pontos estudados.	111

Tabela 3-12 – Tabela do acréscimo percentual média do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Norte versus período, hora e ponto.	113
Tabela 3-13 – Tabela do acréscimo percentual média do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Sul versus período, hora e ponto.	113
Tabela 3-14 – Tabela do acréscimo percentual média do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Leste versus período, hora e ponto.	114
Tabela 3-15 – Tabela do acréscimo percentual média do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Oeste versus período, hora e ponto.	115
Tabela 3-16 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” com beiral e a “Janela em Sacada”, nas orientações e pontos estudados.	116
Tabela 3-17 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral comparada com uma “Janela em Sacada” na orientação Norte versus período, hora e ponto.	118
Tabela 3-18 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral comparada com uma “Janela em Sacada” na orientação Sul versus período, hora e ponto.	119
Tabela 3-19 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” e a janela simples, nas orientações e pontos estudados.	121
Tabela 3-20 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Norte versus período do ano, hora e ponto.	123
Tabela 3-21 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Sul versus período do ano, hora e ponto.	124
Tabela 3-22 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Leste versus período do ano, hora e ponto.	125
Tabela 3-23 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Oeste versus período do ano, hora e ponto.	125
Tabela 3-24 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” e a janela simples com beiral, nas orientações e pontos estudados.	126
Tabela 3-25 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Norte versus período do ano, hora e ponto.	128

Tabela 3-26 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Sul versus período do ano, hora e ponto.	129
Tabela 3-27 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Leste versus período do ano, hora e ponto.	130
Tabela 3-28 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Oeste versus período do ano, hora e ponto.	130
Tabela 3-29 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes, nas orientações e pontos estudados.	132
Tabela 3-30 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Norte versus período do ano, hora e ponto.	134
Tabela 3-31 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Sul versus período do ano, hora e ponto.	134
Tabela 3-32 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Leste versus período do ano, hora e ponto.	135
Tabela 3-33 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Oeste versus período do ano, hora e ponto.	136
Tabela 3-34 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” com beiral e a “Janela em Sacada”, na orientação e pontos estudados.	137
Tabela 3-35 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral comparada com uma “Janela em Sacada” na orientação Norte versus período do ano, hora e ponto.	139

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-01 – Temperatura média mensal, Maceió.	50
Gráfico 1-02 – Umidade Relativa, Maceió.	51
Gráfico 1-03 – Frequência de ventos, Maceió.	51
Gráfico 1-04 – Precipitações mensais, Maceió.	52
Gráfico 1-05 – Nebulosidade mensal, Maceió.	52
Gráfico 1-06 – Insolação mensal total, Maceió.	54
Gráfico 1-07 – Temperaturas médias, Valparaíso.	56
Gráfico 1-08 – Temperaturas horárias, Valparaíso.	57
Gráfico 1-09 – Umidade Relativa, Valparaíso.	58
Gráfico 1-10 – Frequência de ventos, Valparaíso.	59
Gráfico 1-11 – Precipitações, Valparaíso.	59
Gráfico 1-12 – Nebulosidade mensal para 3 horários do dia, Valparaíso.	60
Gráfico 1-13 – Radiação mensal [MJ/m^2], Valparaíso.	62
Gráfico 1-14 – O software TropLux: saídas da informação, exportadas como gráficos de iluminância global, segundo linha (a) e barra (b).	74
Gráfico 1-15 – O software TropLux: saídas da informação, exportadas como gráficos segundo componente: as quatro componentes separadas (a), as componentes de Sol e céu (b) e as componentes diretas e refletidas (c).	75
Gráfico 2-01 – Saídas do programa TropLux v3.12beta: resultados mostrados na forma de gráfico de iluminâncias versus componente.	84
Gráfico 2-02 – Exemplo de gráficos da variação percentual do desempenho luminoso entre janelas, mediante a média das horas do dia por período do ano, nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.	94
Gráfico 2-03 – Modelo (exemplo) de gráfico de iluminâncias na seção transversal da sala, observando-se a distribuição e o valor das iluminâncias.	85
Gráfico 2-04 – Exemplo de gráfico de detalhamento das componentes da luz, segundo a Tabela 3-04, para cada ponto da malha, observando-se a presença e os níveis de luz direta de céu (1), refletida de céu (2), direta de Sol (3) e refletida de Sol (4).	96
Gráfico 3-01 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” e a janela simples por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.	100
Gráfico 3-02 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” e a janela simples com beiral por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.	106
Gráfico 3-03 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.	112
Gráfico 3-04 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” com beiral e a “Janela em Sacada” por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.	117
Gráfico 3-05 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” e a janela simples por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.	122

- Gráfico 3-06 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” e a janela simples com beiral por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste._127
- Gráfico 3-07 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste. _____133
- Gráfico 3-08 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” com beiral e a “Janela em Sacada” por período do ano na orientação Norte. _____138

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
Contexto	15
Problemática	18
Objetivos	21
Objetivo Geral	21
Objetivos Específicos	21
Estrutura da Dissertação	22
1. REVISÃO DOCUMENTAL	24
1.1 Janelas	24
1.1.1 Contexto Histórico.....	26
1.1.2 Localização, Tamanho, Forma e Posição da Janela.....	29
1.1.2.1 A Influência da Dimensão e da Cor Interna da Sala.....	32
1.2 “Janela em Sacada”	33
1.2.1 Contexto Histórico.....	34
1.2.2 Um Gosto Popular	42
1.2.3 O Uso em Massa	43
1.3 Protetor Solar: o Beiral	44
1.4 Perfil Climático das Cidades de Maceió, Brasil e Valparaíso, Chile	49
1.4.1 O Clima de Maceió: Clima quente úmido	49
1.4.2 O Clima de Valparaíso: Clima temperado mediterrâneo com chuvas invernais	55
1.4.3 Adequação Climática para os Climas Quente Úmido e Temperado	63
1.5 Métodos de Modelagem e Avaliação do Objeto de Estudo	66
1.5.1 Modelos em Escalas Reduzidas.....	66
1.5.2 Ferramentas Simplificadas.....	69
1.5.3 Simulações Computacionais.....	70
1.5.3.1 O software TroLux.....	72
2. METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO	76
2.1 Definição dos Modelos	77
2.1.1 Características da Sala de Referência	77
2.1.1.1 Refletâncias das superfícies internas da Sala.....	79
2.1.2 Características da “Janela em Sacada”	80
2.1.2.1 Refletâncias das superfícies internas da “Janela em Sacada”	82
2.2 Seleção da Ferramenta de Simulação: o Programa TropLux	83
2.3 Parâmetros das simulações	85
2.3.1 Modelos de estudo	85

2.3.2 Cidades em estudo	86
2.3.3 Padrão de Céu escolhido: céu parcialmente nublado.....	86
2.3.4 Azimute.....	86
2.3.5 Data.....	86
2.3.6 Horário	87
2.3.7 Plano de Trabalho	87
2.4 Etapas de Simulações.....	89
2.4.1 Simulação 1: “Janela em Sacada” versus Janela simples	89
2.4.2 Simulação 2: ”Janela em sacada” com planos laterais opacos	90
2.4.3 Simulação 3: ”Janela em sacada” com beiral	90
2.5 Apresentação dos Resultados.....	93
3. RESULTADOS E ANÁLISES.....	97
3.1 Etapa 1: O desempenho luminoso de uma “Janela em Sacada” na cidade de Maceió, Brasil.....	97
3.1.1 Simulação 1: “Janela em Sacada” versus Janela simples	98
3.1.1.1 “Janela em Sacada” versus Janela simples	98
3.1.1.2 “Janela em Sacada” versus Janela simples com beiral	105
3.1.2 Simulação 2: ”Janela em sacada” com planos laterais opacos	110
3.1.3 Simulação 3: ”Janela em sacada” com beiral	116
3.2 Etapa 2: O desempenho luminoso de uma “Janela em Sacada” na cidade de Valparaíso, Chile.....	120
3.2.1 Simulação 1: “Janela em Sacada” versus Janela simples	121
3.2.1.1 “Janela em Sacada” versus Janela simples	121
3.2.1.2 “Janela em Sacada” versus Janela simples com beiral	126
3.2.2 Simulação 2: ”Janela em sacada” com planos laterais opacos	131
3.2.3 Simulação 3: ”Janela em sacada” com beiral	137
4. CONCLUSÕES.....	140
4.1 Conclusões	140
4.1.1 Conclusões e Objetivos Específicos	140
4.1.2 Conclusões e Objetivo Geral	145
4.2 Limitações do Trabalho.....	146
4.3 Sugestões para Futuros Estudos.....	147
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	148
6. APÊNDICES	153
7. ANEXOS	212

INTRODUÇÃO

Contexto

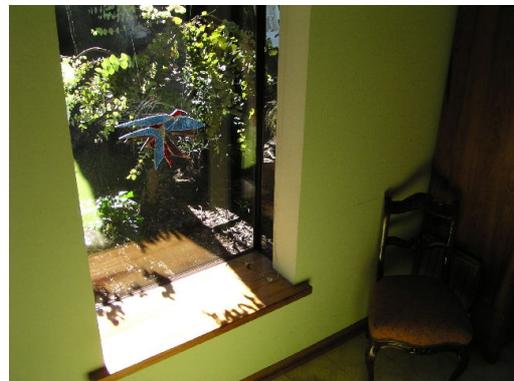
“A distribuição dos interiores busca descobrir uma vista, filtrar a luz ou criar uma poética pausa, tudo isto com a intenção de enriquecer a experiência espacial” (SLESSOR, 2002).

A construção do espaço, o desenho das partes e a configuração do vidro estão sendo desenvolvidos com base nas novas tecnologias de construção, permitindo inovações na suas configurações e forma, de modo que os antigos espaços arquitetônicos hoje têm a oportunidade de ser reinventados. É um tipo de janela que persiste no tempo, como um desenho sensível à influência dos movimentos culturais (MENDIZÁBAL, 1988).

A “Janela em Sacada” é um espaço de transição, uma configuração e extensão do espaço interior para o exterior (ver Figura 0-01).



(a)



(b)

Figura 0-01 – Vista exterior de uma “Janela em Sacada” (a), vista interior de uma “Janela em Sacada” (b). Fonte: Arquivo pessoal da autora (a, b).

Segundo o arquiteto Mark Guard (apud SLESSOR, 2002) “um dos modos mais habituais de levar a luz natural para o compacto e compartimentado interior das habitações, consiste em aderir um tipo de hibernáculo envidraçado”. Deste modo pode-se entender que os arquitetos utilizaram esta janela em seus projetos, baseados na necessidade de luz e espaço.

Este modo de tratar o vão tem sua origem na arquitetura vitoriana no século XVIII, e recebeu o nome de “Bow Window”. Esta janela saliente da fachada desenvolveu-se de forma curva, semi-hexagonal ou de ângulos retos, como mostra a Figura 0-02, proporcionando valor às fachadas e seus espaços interiores.



Figura 0-02 – Tipologia de “Janela em Sacada”: O Bow Window do século XVIII (a), a “Janela em Sacada” em diferentes formas (b).

Fonte: Furneaux (1966) (a), <http://www.aspecambrai.org> (b).

No começo do século XX, este espaço de vidro foi importado pelas cidades de San Francisco, no estado de Califórnia, EUA e Valparaíso, no Chile, sendo ambos os lugares influenciados diretamente pela arquitetura inglesa.

Na cidade de San Francisco este espaço adquiriu um novo nome: “Bay Window”, sendo desenvolvido só na forma semi-hexagonal. Segundo Hormazábal (2006), ele permitiu ganhar espaço e iluminação para os interiores das moradias estreitas e de grande profundidade, configuração característica desta cidade.

Em Valparaíso, Chile, a “Janela em Sacada”, foi utilizada no formato ortogonal que configurava galerias envidraçadas. Desta forma, conseguia-se sua função primordial: ganhar espaço interior.

Na atualidade, no caso do Chile, este espaço foi desenvolvido e multiplicado ao longo dos anos pelo todo seu território, sendo configurado com uma forma de balcão suspenso que

possui um desenho de linhas mais simples às utilizadas em épocas anteriores, utilizando grandes planos do cristal, herança direta da arquitetura moderna (ver Figura 0-03).



Figura 0-03 – A “Janela em Sacada” atualizada, caso Chile.

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Sua evolução, sucesso e fascinação foram produtos do bom desempenho em relação ao clima temperado que possui o Chile. Normalmente é usado como um captador luminoso, e como elemento que ganha espaço, principalmente nas estreitas habitações atuais, sendo uma estratégia de aumento do tamanho dos recintos, através de uma superfície que não é considerada na normativa legal para o conseqüente pagamento de impostos ao Estado (HORMAZÁBAL, 2006; BARROS, 2006; OGUC, 2007).

Nos últimos anos, esse elemento vem sendo aplicado, no Chile, em uma grande diversidade de formas e posições. Seu uso tem sido intenso e indiscriminado, produzindo um elemento arquitetônico que configura as fachadas e que baseia-se na justificativa do aspecto formal e legal-econômico que possui, desconsiderando as implicâncias climáticas e suas conseqüências nos aspectos térmico e luminoso.

Atualmente, no Brasil, vêm sendo utilizadas algumas configurações similares destes espaços de transição, seja na forma de fechamento envidraçado de varandas nos prédios (ver Figura 0-04, a e b), ou seja em projetos habitacionais que possuem esta tipologia de janela nos projetos (ver Figura 0-04,c). Com o uso deste espaço intermediário pode-se criar efeitos

estéticos e ambientais, similares aos observados no Chile, pela nova configuração das fachadas e suas implicações no clima interior dos ambientes.

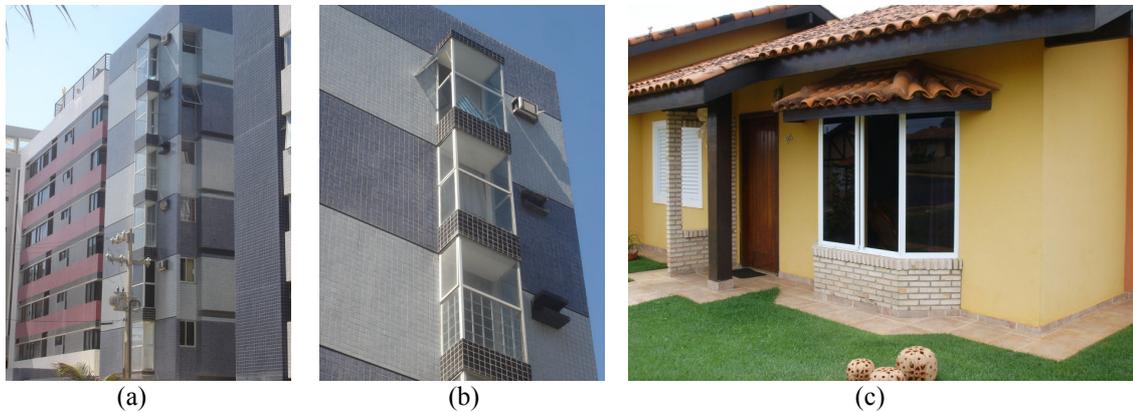


Figura 0-04 – Alguns exemplos da tipologia de “Janela em Sacada” no Brasil: fechamento envidraçado de varandas nos prédios de Maceió (a, b), habitação com “Janela em Sacada” na Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso.

Fonte: Arquivo pessoal da autora (a, b), Prof. Dr. Geraldo Majela Gaudêncio Faria (c).

Problemática

Walter Gropius apud Slessor (2002), em 1931, definiu o vidro como o elemento que poderia delimitar os espaços, nos proteger da inclemência climática, mas ao mesmo tempo abrir os espaços com sua natureza luminosa e incorpórea.

A “Janela em Sacada” situa-se em múltiplas orientações, utilizando diversas dimensões, proporções e materialidades; adequadas ou não, para latitudes e condições climáticas diferentes.

Nesse sentido, a atual fascinação estética e sua utilização como um elemento que contribui com os aspectos formais dos projetos, pode produzir efeitos luminosos e térmicos no interior dos espaços, que não são considerados pelos projetistas, podendo criar ambientes climaticamente confortáveis ou desconfortáveis para o morador.

Apesar de a “Janela em Sacada” ser um elemento com um enorme potencial de projeto, é preciso focalizar qual é seu uso desejado, e projetá-lo, considerando tanto suas utilidades espaciais, assim como suas possíveis conseqüências relacionadas com o conforto ambiental.

Segundo Tibirica e Ferraz (2005), dentre as inúmeras partes constituintes da edificação, as janelas são componentes que particularmente requerem mais estudos sistêmicos e, ambientalmente, são os elementos que mais exigem qualidade de projeto para gerar condições de controle dos níveis de conforto desejados, já que as janelas são fontes potenciais de ofuscamento porque ocupam uma grande porção do campo visual (BOUBEKRI, BOYER, 1992).

Para Phillips (2004), o desenho da janela é de vital importância, não só porque determinará sua aparência, mas também porque estas configurações têm um papel fundamental no controle das condições ambientais dos espaços interiores construídos. Nesse sentido, Achard et al. (1995) afirmam que as probabilidades de desconforto visual são mais freqüentes que os de desconforto térmico. Os efeitos visuais são instantâneos, enquanto os aspectos térmicos demoram mais tempo em aparecer. Este atraso vai depender da inércia térmica que possuam os materiais que constroem o espaço.

Desta forma, a janela deverá ser projetada ao menos com os seguintes critérios:

- Proteger da insolação;
- Prover de ventilação adequada;
- Ter um isolamento térmico adequado;
- Prover do isolamento acústico adequado.

E critérios relacionados com o conforto visual como:

- A provisão de luz do dia;
- Controle do ganho de radiação solar e os conseqüentes níveis de contraste no ambiente.

Segundo Pereira (1995) “planejar, considerando insolação e iluminação natural, é essencial para a definição dos benefícios máximos a serem obtidos da disponibilidade, ou não,

da radiação solar e luz natural dentro ou ao redor dos edifícios”. Por isto, muitas vezes é necessário que sejam elaborados elementos que auxiliem na melhoria do desempenho das aberturas. Concebidos, visando a melhorar a admissão da luz natural quando necessária ou obstruí-la quanto for indesejável, de acordo com latitude, clima, requerimentos visuais e economia de energia elétrica utilizada para iluminação e climatização do ambiente (GRAZIANO, 2000).

As razões que a indústria construtora dá para a utilização massiva de “Janelas em Sacada” nos conjuntos habitacionais que esta executa são:

- A sensação de maior amplitude dos espaços interiores, sem aumentar a metragem legal da casa.
- Nas fachadas eles geram relevos e ajuda na composição.
- Preferência do consumidor.
- E o foco de interesse deste estudo: “as janelas em sacada parecem ser melhores captadoras de luz” (GODOY, 2007).

Esta pesquisa tem como foco indagar nas implicações ambientais luminosas relativas, que resultam da utilização de diversos critérios de projeto de “Janelas em Sacada”, em dois contextos climáticos, visando a contribuir na resposta da afirmação antes mencionada.

Objetivos

Objetivo Geral

Contribuir para o estudo dos espaços de transição, por meio da análise comparativa do desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” em habitações, utilizadas em cidades com climas temperado mediterrâneo e tropical úmido.

Objetivos Específicos

- Estudar o uso da “Janela em Sacada” em residências, no contexto global e, especificamente, nas cidades de Maceió (Brasil) e Valparaíso (Chile).
- Avaliar o comportamento luminoso da “Janela em Sacada”, em comparação às janelas simples, em um espaço interior padrão de habitação.
- Avaliar o comportamento luminoso do uso de protetores solares externos verticais e horizontais na “Janela em Sacada”, segundo as diferentes estratégias climáticas para os climas quente semi-úmido e temperado mediterrâneo, que possuem as cidades estudadas.
- Avaliar as diferenças do comportamento luminoso da “Janela em Sacada” nos climas das cidades estudadas.
- Propor estratégias de projeto para as “Janelas em Sacada”, segundo diferentes diretrizes para ambos os climas, considerando sua influência e comportamento luminoso em espaços interiores de modelos habitacionais.

Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é dividida em cinco capítulos principais.

Inicialmente apresenta-se a introdução, com o contexto e a problemática que expõem o tema, e os objetivos guiam a pesquisa por meio de um objetivo geral e cinco específicos. No final desta seção, a estrutura da dissertação explica a ordem das partes.

No primeiro capítulo, apresenta-se a revisão da literatura (revisão documental) para estudo do tema, e que foi desenvolvida em quatro fases. Para introduzir o tema da “Janela em Sacada”, a primeira fase traz o tema das janelas sob a óptica da iluminação, e posteriormente descreve-se o tema específico da “Janela em Sacada” em seu contexto histórico e seu atual uso massivo. Depois, o tema do beiral, como protetor solar, é analisado do ponto de vista dos climas escolhidos e estudados no anexo. Posteriormente são apresentadas as características dos climas de Maceió, Brasil e Valparaíso, Chile; e finalmente apresenta-se os métodos de modelagem para o estudo da iluminação natural. As fases estudadas nesta seção permitiram definir os critérios e metodologia para o desenvolvimento da pesquisa.

Portanto, no segundo capítulo da metodologia escolhida, são definidos os modelos da sala de referência, da “Janela em Sacada”, assim como a configuração de tipologias de janelas para o estudo e seus respectivos materiais. Também é descrita a ferramenta de simulação escolhida, são estabelecidos os parâmetros das simulações e o número de etapas. No final desta seção é estabelecida a forma de apresentação dos resultados trabalhados.

No terceiro capítulo são apresentados e analisados os resultados das simulações, baseadas na metodologia estabelecida anteriormente.

No quarto e último capítulo, são descritas as conclusões da pesquisa. Nesta fase também são expostas as limitações do trabalho e são feitas algumas sugestões para futuros estudos.

Finalmente, listam-se as referências bibliográficas, e apresentam-se os anexos e apêndices. No anexo encontra-se uma breve descrição dos tipos de céu caracterizados segundo a CIE. E, nos apêndices, mostra-se a relação percentual das iluminâncias médias de cada período (Apêndice A), o valor e a distribuição das iluminâncias (Apêndice B) e os máximos aumentos percentuais em relação aos valores das iluminâncias (Apêndice C).

1. REVISÃO DOCUMENTAL

Neste capítulo é apresentada a revisão documental. Inicialmente são levantados alguns aspectos relevantes sobre o contexto e a influência das janelas e a “Janela em Sacada” nos ambientes. Posteriormente é estudada uma tipologia de protetor solar: o Beiral. Também é desenvolvida uma seção que estuda os climas das cidades escolhidas para o desenvolvimento da pesquisa, aprofundando nas condições climáticas que afetam a cada uma delas. Finalmente é realizado um breve estudo das ferramentas de avaliação do desempenho da iluminação natural, seguido de uma introdução sobre a ferramenta computacional selecionada para o estudo desta pesquisa.

1.1 Janelas

"O que faz único ao vidro é precisamente sua capacidade de transmitir a luz do Sol" (SLESSOR, 2002).

Para Tregenza e Loe (1998), uma janela é “um corte na pele de um edifício”, uma abertura para a passagem dos fluxos de luz, calor e som, do interior e do exterior, influenciando ambos os ambientes. Assim as janelas são projetadas para responder às necessidades de provisão de iluminação natural, ventilação, calor e visões externas; devendo considerar também o efeito que produz na aparência exterior de um edifício (na forma do edifício) e sua manifestação interior nos espaços que ilumina (ver Figura 1-01) (BOUBEKRI, BOYER, 1992; PHILLIPS, 1997).

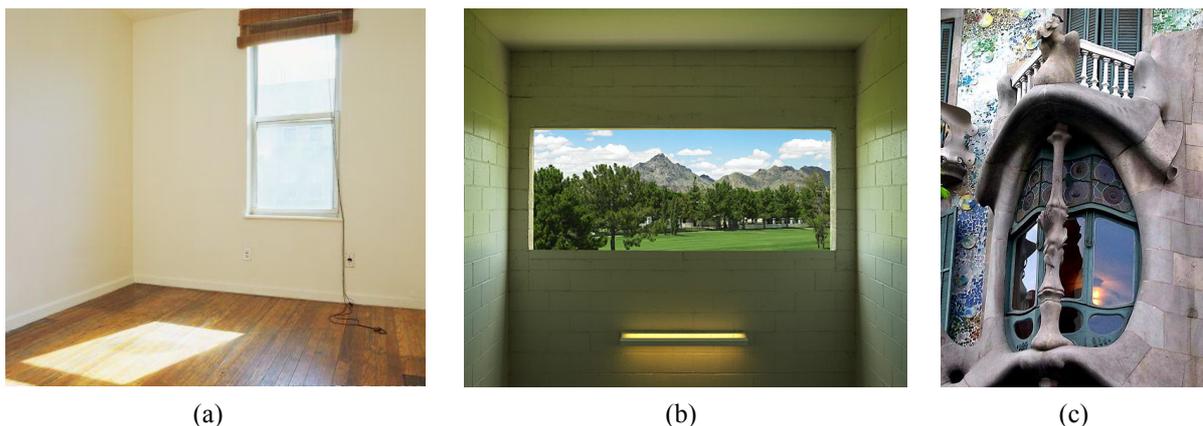


Figura 1-01 – Janelas: provisão de iluminação no interior (a), provisão de vistas externas (b) e a influência na fachada (c). Fonte: www.imagebank.com (2007) (a, b), arquivo pessoal da autora (c).

Uma janela deve permitir que a luz penetre em um espaço interior, em tal quantidade e com tal distribuição, de modo que entregue uma iluminação interior satisfatória. Levando em consideração que, quando se deseja iluminar um espaço interior, o objetivo principal deveria ser cobrir a necessidade de uma boa iluminação, podendo beneficiar a todos os usuários do ambiente (ROBBINS, 1986).

Quanto maior é a superfície de uma janela, maior será a quantidade de luz útil recebida no interior, contribuindo também com um maior ganho térmico e ruído do exterior. Por outro lado, uma janela não só permite a entrada de luz natural no ambiente, como também deixa sair luz do interior, como ocorre nos casos de salas com três paredes envidraçadas, onde a iluminação natural total será inferior ao que seria de esperar, pelas simples consideração da porcentagem da área envidraçada relativa à área do pavimento (HOPKINSON et al., 1980).

Embora não seja um fator relevante entre os condicionantes ambientais, a vista desde uma janela é de muita importância. A visão através da janela é nosso contato com o mundo fora: provê informação, permite observar o passar do dia, as mudanças do tempo, da luz solar e das estações do ano (PHILLIPS, 2004).

Deste modo, as principais variáveis que podem alterar o aporte de radiação através de uma janela são a orientação e tamanho da abertura, o tipo de vidro (principalmente a transmitância do vidro) e o uso de protetores solares (LAMBERTS et al., 2004).

1.1.1 Contexto Histórico

Segundo Phillips (1997), na história da arquitetura, a janela tem sido adotada em forma variável muito extensa. Para Mascaró (1983), as diferenças de clima, materiais e métodos estruturais influenciaram a diversidade de tipos de janela em determinadas épocas, mas os costumes sociais e modas, tendências artísticas e conhecimentos artesanais foram determinantes em sua definição.

As primeiras funções da janela foram a entrada de luz e a entrada e saída de vento, aparecendo como uma derivação da porta. Em relação à sua história, elas podem ser divididas em duas categorias: as janelas tipo buraco na parede, característico das janelas nas antigas paredes autoportantes, que permitiam a entrada de luz e vento durante o dia, e podia-se fechar à noite (com mica ou papel) para minimizar as perdas de calor pelo frio. E existem também as janelas enquadradas por um sistema estrutural, que utilizam os avanços do vidro e das estruturas (MASCARÓ, 1983; PHILLIPS, 2004).

Como elemento arquitetônico, o vidro foi usado primeiramente em pequenos planos na Arquitetura Romana. Seu desenvolvimento seguiu no século XII, na arquitetura religiosa, onde se observaram vidros de tamanhos pequenos, de uns 300 mm em marcos de bronze. Já no século XVI, as janelas ficaram universais na arquitetura doméstica, formando-se janelas maiores através de múltiplos planos de vidro, como as conhecemos hoje (PHILLIPS, 1997). Neste momento começa a simbiose entre o vidro, a janela e a arquitetura.

Recém nos séculos XVII e XVIII na Europa, as janelas mostram claramente que os habitantes as necessitavam, desenvolvendo novas formas e fundamentando seu uso na necessidade de aumentar a quantidade de luz natural no interior dos ambientes.

No século XVIII na Grã Bretanha, com os estilos georgiano e paladiano, se desenvolve uma ordenação formal, e com o desenho das casas (que elevaram a altura do teto), foi possível desenvolver janelas verticais e altas (ver Figura 1-02), muito populares nesse século, permitindo que a luz do dia pudesse alcançar maiores profundidades nos interiores (PHILLIPS, 2004). Desta forma, acreditavam estar proporcionando uma boa iluminação para todos seus ambientes (MASCARÓ, 1983). Este tipo de janela levou a formar um padrão de desenvolvimento em tipos de edifício residenciais e outros, durante vários séculos posteriores, provindo de ventilação quando era requerida, e controlando a luz através de venezianas internas que também entregavam segurança aos prédios (PHILLIPS, 2004).



(a)



(b)

Figura 1-02 – Tipologias de Janela vertical do século XVIII.

Fonte: <http://www.thecityreview.com> (a), <http://farm2.static.flickr.com> (b).

Segundo Sheppard (1951) o desenvolvimento de novas tipologias de janelas, no século XIX, é principalmente baseado nas mudanças produzidas pela revolução industrial, logrando um aperfeiçoamento da indústria do vidro. A descoberta e a produção de tipos de vidro com propriedades e funções especiais liberaram às janelas de muitas das limitações previamente impostas pelo tamanho dos vidros e pelo material de sustentação, permitindo o aumento do

tamanho dos painéis de vidro e logrando um aumento nos níveis de transparência (BAKER, STEEMERS, 2002).

Assim, no século XIX, com a introdução da armação estrutural (primeiro fabricado de concreto e ferro forjado, e depois de aço e cimento armado) se desenvolveu uma nova linguagem arquitetônica por meio das novas construções envidraçadas como, por exemplo, os hibernáculos e galerias cobertas que podem ser observadas na arquitetura vitoriana.

Deste modo, e com a inovação da envoltura ao redor da janela como uma técnica de estrutura adicional, permitiu-se o desenvolvimento da janela horizontal estendida, que vai do chão ao teto (ver Figura 1-03,a) (PHILLIPS, 2004).

Já no ano 1914, o escritor alemão Paul Scheerbart descreveu a imagem do vidro como o elemento que "permitirá passar a luz do Sol, a lua e as estrelas, não só pelas janelas, mas também por qualquer possível parede, porque todas elas serão feitas de vidro".

Assim cumpre-se com a dificuldade dos arquitetos para conciliar a necessidade de espaços fechados, entregando proteção e intimidade, com o desejo de desfrutar de interiores luminosos e bonitas visões (SLESSOR, 2002).

Os arquitetos que começaram o movimento moderno foram os que desenvolveram o vidro como material de construção e o levaram a sua máxima onipresença. Um dos principais conceitos arquitetônicos que quiseram desenvolver foi fundir e diluir visualmente os limites entre o interior e o exterior (ver Figura 1-03,b), e o vidro cumpriu completamente com este anseio, na sua transparência e resistência (SLESSOR, 2002).



(a)



(b)

Figura 1-03 – Tipologias de Janela no Movimento Moderno.

Fonte: <http://www.britannica.com> (a), <http://www.floornature.com> (b).

Posteriormente a arquitetura contemporânea aplicou a técnica do esqueleto ou armadura de aço, herança dos avanços tecnológicos desta época, obtendo uma nova expressão plástica com o uso da janela de corrida (BENAVIDES, 1978). Com o desenvolvimento do concreto, no século seguinte, produziu-se uma alteração profunda na arquitetura, no emprego de janelas que se multiplicavam e cresceram em uma sucessão vertiginosa e eclética de estilos. A estrutura ficava aparente e as janelas subordinadas no espaçamento e proporção, assim as janelas deixaram de ser buracos nas paredes, tornando-se elementos integrados aos planos da edificação (MASCARÓ, 1983).

1.1.2 Localização, Tamanho, Forma e Posição da Janela

Puppo e Puppo (1972) explicam que o principal problema do arquiteto para acondicionar luminosamente um espaço é a determinação das dimensões, forma, posição e índice de transparência das aberturas que o comunicam com o exterior. Deste modo, a quantidade e distribuição de iluminação natural disponível em um ambiente são os fatores diretamente afetados pela área envidraçada da janela (forma e tamanho) assim como a sua posição relativa ao ponto em análise (HOPKINSON et al., 1980; VIANNA, GONÇALVES, 2001).

A localização de uma janela deve ser de forma que as pessoas na sala não experimentem a dificuldade de olhar a traves dela. Isto acontece quando são localizadas de maneira que o olhar para o céu é um ato de vontade consciente e não uma imposição, evitando assim o desconforto por ofuscamento e a posterior fadiga visual (HOPKINSON et al., 1980).

Observa-se que, nos ambientes iluminados lateralmente, o nível de iluminância diminui rapidamente com o aumento da distancia da janela, produzindo desuniformidade na distribuição da iluminação interna, sendo influído diretamente pelo pé-direito e a profundidade da sala (BAKER, STEEMERS, 2002).

O tamanho apropriado de aberturas deveria relacionar a iluminância interna exigida (definido pela atividade) e as condições de céu típicas, observando-se que para climas onde o céu despejado ou o céu parcialmente nublado predominam, é provável que os tamanhos da abertura devessem ser menores que para climas com céus nublados (BAKER, STEEMERS, 2002). Como Bittencourt et al. (1995) apresentam, a dimensão das aberturas é o fator que exerce maior influência nos níveis de iluminação natural no interior dos espaços, particularmente nas regiões mais próximas às janelas. Deste modo podemos observar que uma janela muito pequena não é adequada para produzir a iluminação suficiente, entregando uma diminuída iluminação ambiental, que pode produzir ofuscamento por contraste entre a pequena área de céu visível e a pouca iluminação da sala. Por outro lado, se aumentar o tamanho da janela, ocorrerá maior iluminação no interior de uma sala, o que não dará uma melhoria no ofuscamento, principalmente quando o céu está muito brilhante. Neste caso, pode ser necessário prover de alguma forma o controle para reduzir a transmissão ou a área visível (HOPKINSON et al., 1980).

Quanto à forma das aberturas, as janelas altas e verticais, sendo as mais tradicionais, introduzem mais profundamente a luz em um espaço, reduzindo os níveis de iluminação na área próxima da abertura e aumentando na área mais afastada, diferentemente a uma janela

comprida e baixa. Apesar de serem melhores para iluminar um espaço profundo, para Hopkinson et al. (1980) as janelas altas e verticais apresentam o problema do ofuscamento pela vista do céu claro, isto se pode diminuir com a redução do contraste da janela com a parede adjacente (BECKETT, GODFREY, 1978; PHILLIPS, 1997).

Por outro lado, a iluminação produzida pelas janelas de forma quadrada se aproxima muito, em intensidade e distribuição do fluxo luminoso, daquelas produzidas pelas janelas alongadas na vertical. Comparativamente com as janelas quadradas e verticais, as janelas horizontais produzem uma melhor distribuição da luz, principalmente se localizadas nas partes mais altas do ambiente (BITTENCOURT et al., 1995).

Em relação à *posição*, as janelas baixas fornecem uma iluminação mais uniforme, pela distribuição de luz solar refletida no interior da sala, assim como entregam vistas do exterior (ver Figura 1-04). Mas quando são usadas como uma fonte primária de iluminação, as janelas baixas podem gerar alguma interferência da visão na forma de ofuscamento.

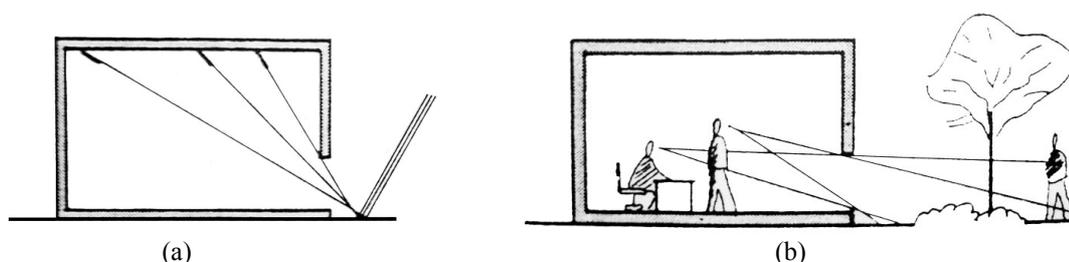


Figura 1-04 – Janela baixa: iluminação através da luz refletida (a), vistas (b). Fonte: Lam (1986).

Por outra parte, quanto mais alta a janela, tanto maior será a iluminação em um ponto distante (HOPKINSON et al., 1980), sendo as janelas altas as que provêm de uma melhor distribuição da luz difusa com céus nublados. Apesar disto, as janelas altas maximizam o potencial de ofuscamento e não fornecem vistas ao exterior (ver Figura 1-05).

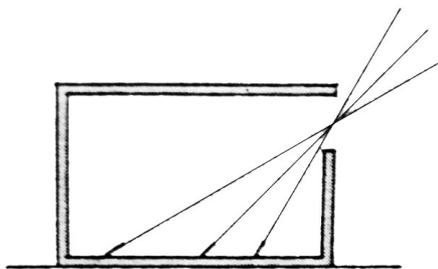


Figura 1-05 – Iluminação através de uma janela alta. Fonte: Lam (1986).

No caso das janelas intermédias, sua posição não é tão boa quanto à janela baixa, para a distribuição de luz solar refletida no exterior, nem tão boa quanto à janela superior, para a distribuição de luz difusa do céu nublado. Apesar disso, freqüentemente é a escolha preferida porque geralmente provê de uma melhor visão e menos desconforto por ofuscamento (LAM, 1986).

1.1.2.1 A Influência da Dimensão e da Cor Interna da Sala

A iluminação lateral, o pé-direito e a profundidade da sala são altamente significativos na iluminação de um ambiente, e os seus efeitos são interligados. Requer-se de janelas maiores, tanto maior seja a dimensão da sala, assim como a iluminação sobre um plano horizontal vai diminuindo ao aumentar o distanciamento da janela (HOPKINSON et al., 1980).

Também se observa uma melhoria muito significativa na iluminação no fundo de um quarto, quando existem superfícies mais refletivas. Deve-se evitar, nos casos de salas com superfícies de refletâncias altas, a chegada de luz solar direta sobre eles, porque isto causará problemas sérios de ofuscamentos (BAKER, STEEMERS, 2002).

1.2 “Janela em Sacada”

"Todo canto de uma casa, todo canto de um quarto, todo espaço reduzido onde nós gostamos de enrolarmos, esconder sobre nós mesmos, é para a imaginação uma solidão.

Um canto é uma geometria habitada. Nós estamos lá em um mínimo de refúgio, no esboço ultra-simplificado de um sonho do resto“ (BACHELARD, 1991).

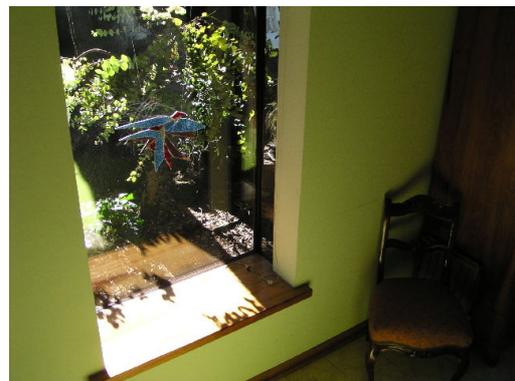
Uma janela pode ter a forma clássica: como um buraco feito na parede, uma abertura; ou também pode ser um elemento liberado do sistema estrutural, como é no caso do *“Bay Window”* ou *“Janela em Sacada”*, onde a caixa de vidro se projeta para fora do plano de fachada e se separa do vão. Assim a “Janela em Sacada“ é um espaço de vidro, uma configuração e extensão do espaço interior para o exterior (MENDIZÁBAL, 1988).

Do exterior, as “Janelas em Sacada” conseguem a atenção devido a seu volume proeminente nas fachadas, destacando na fachada exterior seus espaços internos (ver Figura 1-06,a) (SAĞSÖZ et al., 2006).

No interior, a distribuição busca descobrir uma visão, filtrar a luz ou criar uma poética pausa, tudo isto com a intenção de enriquecer a experiência espacial (ver Figura 1-06,b) (SLESSOR, 2002).



(a)



(b)

Figura 1-06 – A “Janela em Sacada” do exterior (a) e do interior (b).

Fonte: Prof. Dr. Geraldo Majela Gaudêncio Faria (a), arquivo pessoal da autora (b).

As “Janelas em Sacada” dão abundância de luz de dia na área da sacada, mas por outro lado, a penetração de luz de dia pode ser inadequada, a menos que a janela seja muito alta, por causa da obstrução que produz o corte superior da sacada. Portanto, o tamanho e a proporção específicos da janela determinam a admissão de luz diurna e os ganhos térmicos (BECKETT, GODFREY, 1978).

Esse tipo de janela é um elemento importado dos países europeus, onde aproveitar dos benefícios da radiação solar era fundamental (iluminação e aquecimento dos espaços), produto da menor luminosidade da abóbada nestas latitudes. Assim, com o aumento da superfície da janela, que apresenta a “Janela em Sacada”, melhoram os níveis de iluminância resultantes, através de uma maior área de captação luminosa (MASCARÓ Apud VIANNA, GONÇALVES, 2001; VIANNA, GONÇALVES, 2001).

1.2.1 Contexto Histórico

A "Janela em Sacada" é um tipo de janela que persiste no tempo, como um desenho sensível à influência dos movimentos culturais, como mostra a Figura 1-07 (MENDIZÁBAL, 1988).

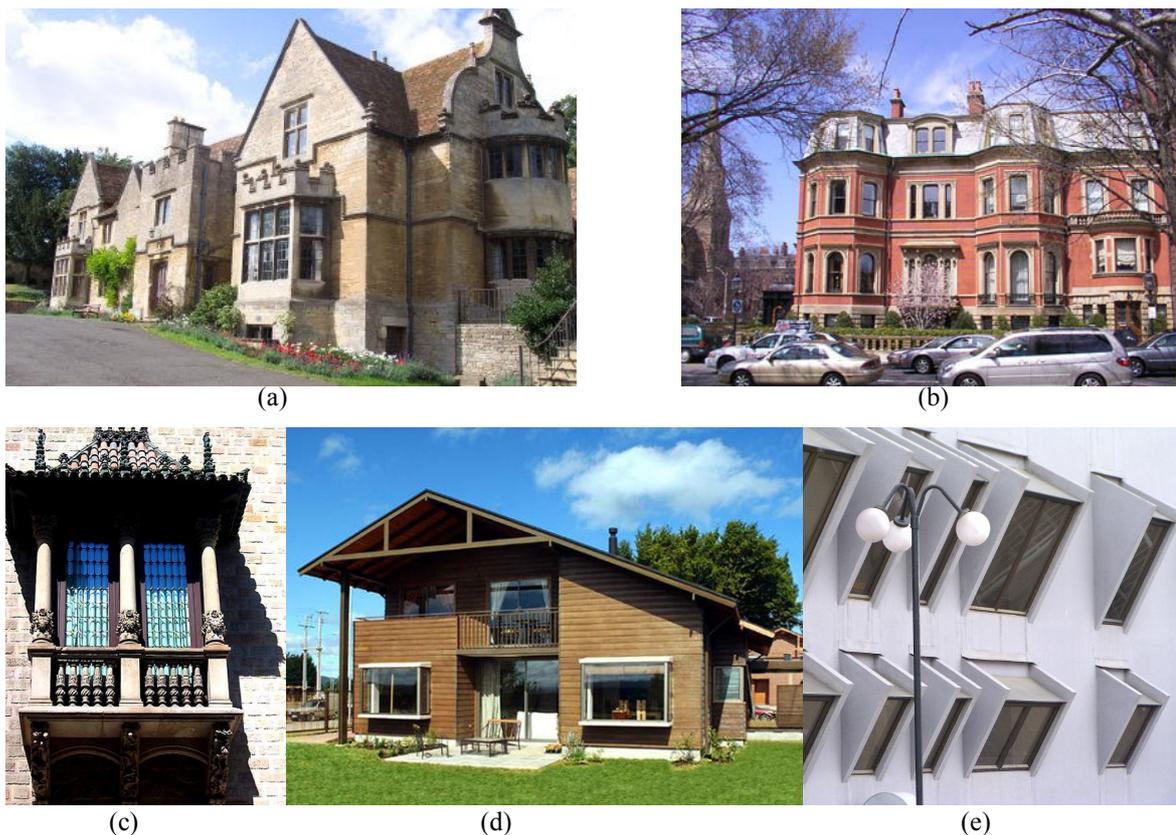


Figura 1-07 – A “Janela em Sacada”, uma tipologia de janela influenciada através do tempo: Inglaterra (a), Nova Zelândia (b), Espanha (c), Chile (d, e).

Fonte: <http://www.rushdentowncouncil.gov.uk> (a), <http://www.proyectoobra.com> (b), arquivo pessoal da autora (c), <http://www.geosal.cl> (d), arquivo pessoal da autora (e).

Este modo de tratar o vão tem sua origem na arquitetura vitoriana e recebe o nome original de “Bow Window”, fazendo referência a um espaço janela-porta, em forma curva saliente da fachada, que era utilizado pela realeza para saudar e fazer reverência a seus súditos (HORMAZÁBAL, 2006).

As “Janelas em Sacada” são associadas principalmente à arquitetura vitoriana, por sua extensa utilização nessa época, sendo desenvolvidas principalmente no século XIX na Inglaterra. Seu uso estava baseado em um elemento ornamental da conformação das fachadas das habitações na cidade, e a idéia de ver a paisagem desde as janelas, levaram a dar um valor significativo na conformação do desenho arquitetônico (BECKETT, GODFREY, 1978). Nessa época a casa não só refletia na posição social de seu ocupante, mas também poderia fazer pensar na posição social para a qual ele aspirou (DIXON, 2001). Assim as pessoas com

mais dinheiro lograram distinguir-se por meio de decorações visíveis (AHI, 2005). Desde esta época as casas já não seriam julgadas pelos seus refinamentos de desenho nas fachadas: “elas seriam declarações sobre as pessoas que as construíram e viveram nelas” (SHEPPARD, 1951).

Produto dos avanços tecnológicos dos materiais, as “Janelas em Sacada” foram popularizadas de planta curva ou semi-hexagonal, de altura de 2 ou 3 andares, com uma janela central, de forma quadrada ou retangular, rodeada por janelas estreitas com uma única subdivisão vertical e tantas horizontais como a janela central (ver Figura 1-08,a) (SHEPPARD, 1951).

Por outro lado, a arquitetura Vitoriana não só utilizava a “Janela em Sacada” para dar volumetria às fachadas, mas também com implicações interiores, destacando um espaço interior pela iluminação, em que se iluminavam as salas principais das casas, como a sala de recepção e os quartos superiores (ver Figura 1-08,b) (DIXON, 2001).

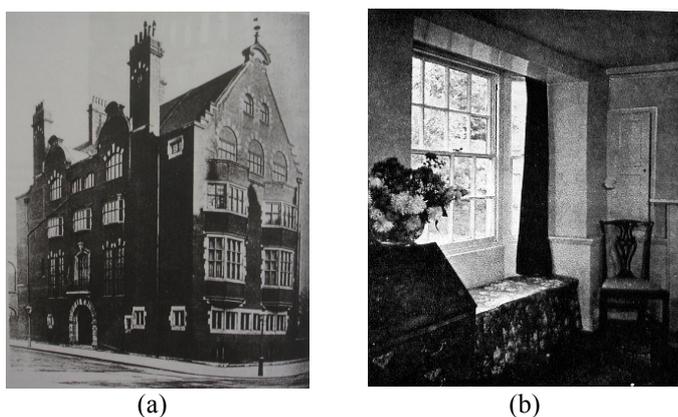


Figura 1-08 – O “Bow window” na arquitetura do século XVIII.

Fonte: Furneaux (1966) (a), <http://www.jimandellen.org> (b).

Segundo Wikipedia (2007) as “Janelas em Sacada” dão a ilusão de um quarto maior, e aumentam o fluxo da luz natural nos interiores, entregando uma sensação de amplitude do

espaço. Por estas razões que se tornaram um produto importante na arquitetura em São Francisco, EUA, uma cidade de espaço limitado.

Desde o ano 1906, a “Janela em Sacada”, importada da Inglaterra, foi desenvolvida em massa em São Francisco, Califórnia, EUA (BARROS, 2006). Nessa cidade, este espaço adquiriu um novo nome: “Bay Window”, nomeada assim pela morfologia de baía que possuía a cidade: “The Bay Área”, e sendo desenvolvida com uma forma semi-hexagonal.

O uso desta tipologia de janela, nessa latitude, baseava-se no estreito espaço que apresentavam as moradias. O lote de subdivisão predial de São Francisco era profundo, com uma frente apertada, e moradias coladas umas a outras, deixando uma fachada típica de 2,6m de largura aproximadamente, como mostra a Figura 1-09, permitindo ganhar espaço e luz para os interiores (HORMAZÁBAL, 2006).



(a)



(b)

Figura 1-09 – A “Janela em Sacada” desenvolvida em São Francisco, EUA: o “Bay window”.

Fonte: <http://galeria.forocoche.com> (a), <http://protos.dis.ulpgc.es> (b).

Nos mesmos anos, em Valparaíso, Chile, também foi desenvolvida a “Janela em Sacada”, como uma importação inglesa, tomando uma direção muito diferente. Neste lugar aparece a “galeria” como espaço de ganho térmico e luminoso, e como uma proteção aos ventos predominantes (ver Figura 1-10), podendo ganhar espaço interior com este espaço intermédio protegido. Embora, para o caso de Valparaíso, não seja crucial o ganho luminoso, porque os tamanhos das habitações tiveram outras dimensões (HORMAZÁBAL, 2006).

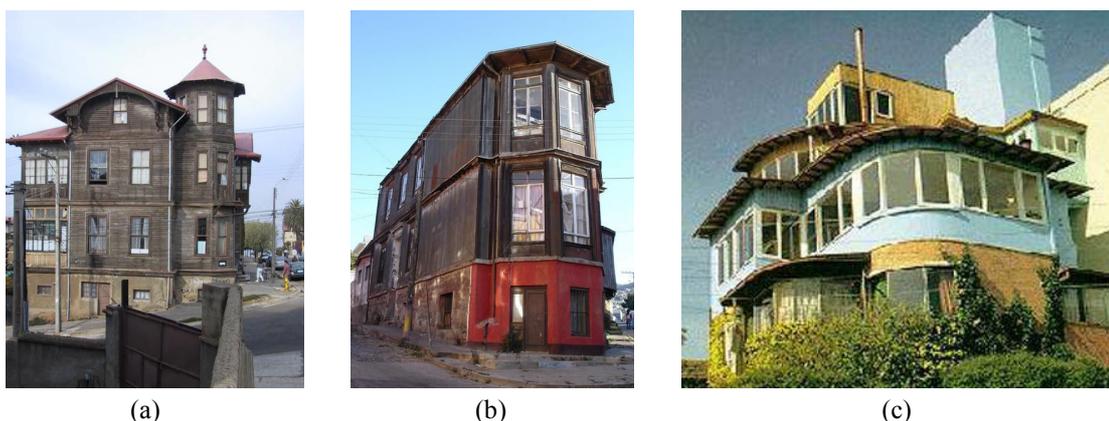


Figura 1-10 – A tipologia de “Janela em Sacada” desenvolvida em Valparaíso: a “Galeria”.
 Fonte: www.elmiradordevalparaiso.cl (a), <http://acel92.mettre-put-idata.over-blog.com> (b), <http://www.iglesia.cl> (c).

No caso do Chile, este espaço de transição seguiu sendo desenvolvido e multiplicado ao longo dos anos por todo o território nacional, e acabou sendo configurado, hoje em dia, em um balcão suspenso de vidro que tem um desenho de linhas mais simples, usando grandes planos do cristal, herança direta da arquitetura moderna (ver Figura 1-11).



Figura 1-11 – O desenho da “Janela em Sacada” desenvolvida atualmente no Chile.
 Fonte: arquivo pessoal da autora (a, b), <http://www.geosal.cl> (c).

A evolução, sucesso e fascinação da “Janela em Sacada”, na atualidade, foram conseqüências de seu bom comportamento em relação ao clima local. É normalmente usada como um captador luminoso, em orientação Norte, e baseia seu uso na idéia de ganhar espaço, principalmente nas estreitas habitações atuais, como uma forma de aumentar o tamanho dos recintos, por meio de uma superfície não considerada na normativa legal (BARROS, 2006;

HORMAZÁBAL, 2006). A normativa atual no Chile só contabiliza a superfície horizontal de corpos salientes se sua altura livre interior for igual ou superior a 1,60m. Portanto, uma “Janela em Sacada” na forma como é projetada na atualidade, e pela normativa vigente, não contabiliza sua superfície horizontal (OGUC, 2007).

Por todo o território chileno, pode-se observar uma multiplicidade de formas e dimensões das “Janelas em Sacada”, onde cada projetista ou proprietário desenhou seu modelo em relação ao gosto próprio, como mostra a Figura 1-12.



Figura 1-12 – A diversidade de “Janelas em Sacada” no Chile. Fonte: arquivo pessoal da autora.

No caso do Brasil, também podemos encontrar esta tipologia de janela, por exemplo, no condomínio de fim de semana “Serras Azuis”, na Chapada dos Guimarães, a 60 km de Cuiabá, no Mato Grosso, onde são utilizadas as “Janelas em Sacada” em cada uma das fachadas principais destas habitações (ver Figura 1-13).



Figura 1-13 – A “Janela em Sacada” na Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso, Brasil.

Fonte: Prof. Dr. Geraldo Majela Gaudêncio Faria.

Especificamente na cidade de Maceió, Brasil, pode-se encontrar esta tipologia de janela em diferentes configurações, usada em habitações, como mostra a Figura 1-14.



Figura 1-14 – A “Janela em Sacada” em diferentes configurações, Maceió-AL, Brasil: uso em habitações.
Fonte: arquivo pessoal da autora.

Também existe uma outra tipologia de “Janela em Sacada” sendo desenvolvida em Maceió, Brasil. Pela consequência do fechamento de varandas de apartamentos, é gerado um novo espaço de transição, um novo tipo “Janela em Sacada” (ver Figura 1-15).



Figura 1-15 – A “Janela em Sacada”, Maceió-AL, Brasil: uma transformação das varandas.
Fonte: arquivo pessoal da autora.

Este elemento arquitetônico encontra-se também em projetos atuais de arquitetura internacional, como por exemplo no caso do projeto das “Offices of Babcock&Brown” em São Francisco, Califórnia, EUA, em que Ellis (1993) fundamenta seu uso ao explicar que: “Os planos transparentes de uma “Janela em Sacada” oferecem visões múltiplas do exterior, e a luz sempre cambiante traz modelos extraordinários de luz solar e sombras profundas no interior”.

Por outro lado, na atualidade pode-se encontrar a “Janela em Sacada” também como um produto comercial ofertado na internet, por empresas de decoração e construção, principalmente para o público norte-americano. Ali, a “Janela em Sacada” é apresentada como um elemento arquitetônico que revaloriza as fachadas e provê uma maior quantidade de luz aos interiores. Seu uso é fundamentado desta forma:

- “As “Janelas em Sacada” entregam um espaço adicional, mais luz e uma maior área de visão externa. Tendo uma “Janela em Sacada” você dará a sua casa um olhar novo, bonito, elegante e distintivo”.
(CALDERWOOD, 2007)
- “Uma “Janela em Sacada” entrega espaço extra e luz do dia ao volume primário, assim como também pode avivar uma fachada externa”.
(HUTCHISON, 2005)
- “Uma “Janela em Sacada” permite aumentar ao máximo o espaço e aproveita visões múltiplas, como também faz um quarto parecer mais aberto e espaçoso e aumenta o fluxo de luz em uma casa”.
(ANDERSENWINDOWS.COM, 2007)

Deste modo podemos observar que a “Janela em Sacada” é um elemento reinventado no transcurso do tempo, atualizado e projetado no mundo todo, pois suas propriedades estéticas, espaciais e luminosas ainda se encontram atuais.

Algumas definições recentes desta tipologia de janela são:

1. "Janela com uma expressão externa formada dentro de uma estrutura, sendo uma fenda interior feita pela projeção exterior de uma parede. O propósito de um "Bay window" é admitir mais luz que uma janela na linha da parede".

(ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA ONLINE, 2007)

2. "Os Bay Window são normalmente utilizados para prover uma ilusão de um ambiente maior, como também para aumentar o fluxo de luz natural em interiores limitados".

(WIKIPEDIA, 2007)

1.2.2 Um Gosto Popular

A utilização de uma "Janela em Sacada" não só obedece a um requerimento espacial, aumentando o volume dos ambientes de uma habitação, ou a um requerimento luminoso, permitindo "a entrada de uma maior quantidade de luz em um ambiente". Sua utilização também obedece a fatores subjetivos, os quais se relacionam com valores estéticos que influem no projeto, dimensão e localização deste tipo de janela.

Le Corbusier (1964) explica que nossos olhos são feitos para ver as formas sob a luz, assim este os elementos arquitetônicos, que produzem modelos que destacam a luz e a sombra, desenham volumes que configuram e destacam um espaço.

Segundo Pereira Apud Graziano (2000), houve muita valorização da arquitetura do volume externo, do formal e da volumetria em prejuízo do conforto do ambiente e da arquitetura de interior. Esta valoração estética fundamenta-se principalmente nos conceitos de volume e distinção.

A valorização do conceito de distinção, definido por Furneaux (1966) explica que uma habitação é uma declaração exterior e visível sobre seu dono, donde o dono, em certo sentido, também pertence a um contexto temporal. Por conseguinte, a casa, sendo um espaço "privado", é também um fenômeno social, quiçá mais que qualquer das formas arquitetônicas.

Sendo a "Janela em Sacada" um elemento com um enorme potencial de desenho do espaço arquitetônico, entende-se seu uso como uma forma de distinção na volumetria da

fachada, procurando a individualidade dos espaços próprios. Deste modo, é muito importante enfocar qual é o uso desejado para projetar, sendo consciente das implicações estéticas, espaciais e climáticas, principalmente quanto ao conforto, em que se podem produzir conseqüências posteriores, durante sua ocupação.

1.2.3 O Uso em Massa

Especificamente na situação do Chile, as imobiliárias habitacionais têm desenvolvido a “Janela em Sacada” em massa, construindo conjuntos habitacionais projetados com esta tipologia de janela em cada habitação proposta, baseando seu uso na valorização estética e espacial do volume, onde não são estudadas as implicações luminosas, térmicas e acústicas.

Estas janelas são localizadas, dentro dos projetos habitacionais, nos ambientes comuns da habitação, como a sala de estar e dormitórios principais, e suas dimensões são uma resultante do sistema construtivo. O lugar e a dimensão de uma destas “Janelas em Sacada” sempre são similares nas diferentes localizações e orientações. Na atualidade, as localizações destes projetos imobiliários, principalmente, situam-se desde a latitude 29°S (no Centro-Norte do país) à latitude 43°S (no Sul do país), usando as mesmas condicionantes de desenho (ver Figura 1-16), sem apresentar diferenças relevantes do projeto desta janela em diferentes latitudes, apesar de existirem diferenças climáticas (GODOY, 2007).

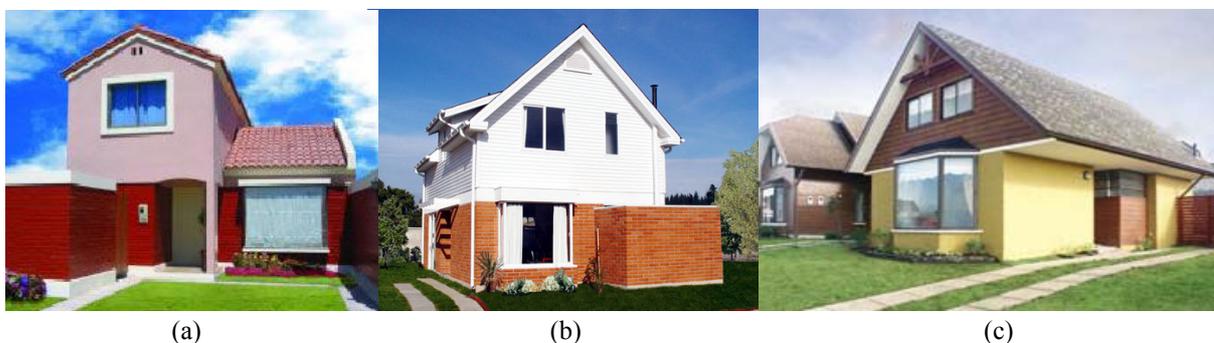


Figura 1-16 – A “Janela em Sacada” utilizada em condomínios: na cidade de La Serena, na latitude 29°54` (a), na cidade de Valparaíso, na latitude 33°05` (b) e na cidade de Puerto Montt, na latitude 41°28` (c), no Chile. Fonte: <http://www.geosal.cl> (a,c), Marcela Godoy (b).

1.3 Protetor Solar: o Beiral

Para evitar que a presença da luz natural, no interior dos ambientes, se torne desconfortável, por ofuscamento ou superaquecimento, são utilizados elementos de proteção solar, com o objetivo de bloquear a entrada de radiação direta no espaço interior. Estes protetores solares controlam a entrada da luz natural e suas posteriores conseqüências; e no caso das proteções exteriores, RIVERO (1986) explica que têm uma maior efetividade em comparação com as interiores, já que a proteção evita a entrada da radiação solar pelo vidro, e sua posterior absorção.

O beiral pode ser um elemento constitutivo da configuração de uma “Janela em Sacada”, na forma de extensão da superfície superior, como mostra a Figura 1-17.



Figura 1-17 – O Beiral: uma proteção solar para uma “Janela em Sacada”.

Fonte: Macarena Barrientos.

Embora não sejam universalmente tão úteis quanto outros dispositivos, os beirais simples provêm sombra de acordo com a estação do ano, e para controlar as radiações solares diretas pode ser a melhor solução em algumas condições (LAM, 1986).

Mendizábal (1988) explica que os dispositivos de controle solar controlam a passagem da luz natural para um espaço interno, em que especificamente as proteções externas bloqueiam a radiação direta antes de esta penetrar pelo vidro, evitando a entrada da radiação luminosa e térmica. Os protetores solares também permitem evitar o ofuscamento no interior de uma sala

ao limitar a visão do céu, ao mesmo tempo em que reduz o efeito estufa (HOPKINSON et al., 1980).

Assim como a posição relativa do Sol é de vital importância para prever a iluminação natural, também é necessária para desenhar os protetores solares, dependendo da geometria solar para excluir o Sol de ângulo alto. Portanto, o beiral, como dispositivo externo fixo, é a forma mais simples de um dispositivo de sombreamento seletivo e é a proteção mais adequada se houver um dimensionamento que garanta a redução da incidência da radiação solar direta, quando necessária, sem interferir na luz natural (LAMBERTS et al., 2004; BAKER, STEEMERS, 2002).

Deste modo, o Beiral, que depende do azimute e da altitude solar, protege as fachadas Norte e Sul em latitudes tropicais e temperadas, onde existe radiação direta com ângulos altos ao longo do dia. Por outro lado, uma janela voltada para Este ou para Oeste, nestas latitudes, nunca poderá ser inteiramente protegida por um dispositivo fixo horizontal, porque o Sol é baixo no céu nestas orientações, Portanto, tornando-se necessário um dispositivo vertical que seja orientado em relação à posição do Sol (HOPKINSON et al., 1980; LAM, 1986; BAKER, STEEMERS, 2002).

Portanto, ao utilizar protetores solares, deve-se pensar na influência sobre a luz natural nos ambientes interiores e em sua visibilidade ao exterior, podendo-se projetar beirais horizontais superiores ou verticais laterais, como mostra a Figura 1-18, dependendo dos requerimentos e da trajetória solar (MENDIZÁBAL, 1988).

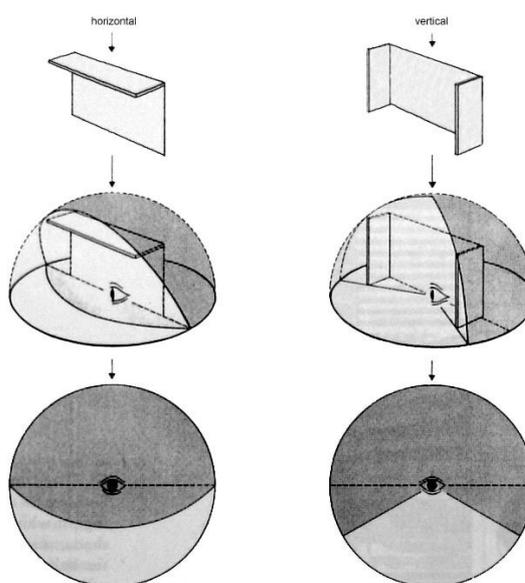


Figura 1-18 – Proteção mediante de dispositivos fixos: horizontal superior e vertical lateral.

Fonte: Lam (1986).

No caso da configuração de uma “Janela em Sacada”, também pode-se projetar proteções solares verticais, por meio da opacidade de seus planos laterais, podendo proteger das radiações solares em diferentes orientações.

No caso do beiral horizontal, deve-se dimensionar o tamanho da saliência de tal modo que permita a entrada do Sol quando for necessário. No caso do clima de Maceió, requer-se do controle da radiação direta em todas as fachadas, segundo orientação e período do ano, reduzindo sua captação a partir da abóbada celeste, além de proteger contra os raios diretos do Sol que chegam às quatro fachadas (LAMBERTS et al., 2004; CABÚS, 2002; BITTENCOURT, CÂNDIDO, 2006). Portanto o beiral precisa ser dimensionado de forma de não permitir a entrada da luz no ambiente em todo período do ano. Observa-se que nas regiões tropicais o uso de protetores solares é uma técnica largamente usada para evitar ofuscamento luminoso e o desconforto térmico, originados pela entrada de radiação solar direta no ambientes internos.

No caso do clima de Valparaíso, o uso do beiral será restringido às fachadas que recebem Sol no verão, onde é preciso o controle da radiação direta, evitando assim os ganhos luminosos e térmicos excessivos nesta época do ano e permitindo a entrada de luz direta durante o inverno, quando o clima é frio, e a radiação direta é aconselhável (ver Figura 1-19) (MENDIZÁBAL, 1988; CABÚS, 2004; HORMAZÁBAL, 2007).

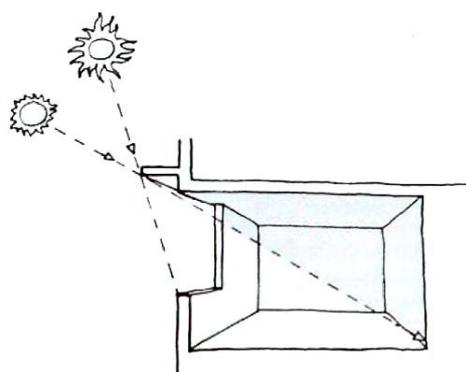


Figura 1-19 – O Beiral como proteção solar no verão, deixando entrar o Sol no inverno.
Fonte: Mendizabal (1988).

Como o beiral, ao deter a passagem da luz solar, escurece o interior dos ambientes, pode-se usar a luz refletida no entorno, como uma forma complementar a iluminação do interior. Por exemplo, pode-se usar a superfície do solo exterior, como mostra a Figura 1-20a, ou, no caso dos edifícios de vários andares, o beiral de uma janela inferior pode ser suficientemente grande para ser utilizada como superfície refletiva para o andar superior, como se observa na Figura 1-20b (LAM, 1986).

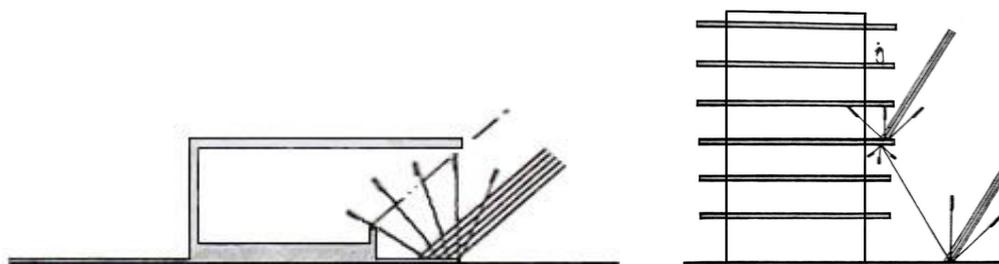


Figura 1-20 – O Beiral como protetor solar e o aproveitamento da luz refletida do exterior (a) e edifícios que controlam a radiação direta e geram radiação refletiva em seus planos inferiores (b).

Fonte: Lam (1986) (a, b).

Portanto, para um bom resultado, os dispositivos exteriores requerem um estudo de desenho e localização em relação às diferentes orientações de fachadas. Assim como entender que a obstrução de parte do céu, produzido pelo beiral, reduz a quantidade total de fluxo luminoso que entra na sala, tanto do céu difuso como também do Sol direto, quando o tem presente (MENDIZÁBAL, 1988; BAKER, STEEMERS, 2002).

1.4 Perfil Climático das Cidades de Maceió, Brasil e Valparaíso, Chile

1.4.1 O Clima de Maceió: Clima quente úmido

Maceió é a capital da região de Alagoas, situada no nordeste de Brasil, e possui uma população aproximada de 800 mil habitantes (Censo 2002 apud CABÚS, 2002) (ver Figura 1-21,b).

A cidade está localizada na costa do oceano Atlântico, de Latitude 9°40' ao Sul do Equador e de longitude 35°42' ao Oeste do Meridiano de Greenwich, e está localizada entre os 4m e 80m de altura do nível do mar (ver Figura 1-21,a).

Maceió tem *um clima quente úmido com um período chuvoso entre março e agosto, no inverno, e períodos secos durante setembro e fevereiro (no verão), influenciados diretamente pela sua localização geográfica, por massas de ar marítimas tropicais e sistemas de brisas de mar/terra (CABÚS, 2002 e DE SOUZA et al., 2005).*



Figura 1-21 – Localização de Maceió no mundo (a) e a cidade de Maceió (b).

Fonte: <http://www.sociedadcivil.cl> (a) <http://www.portuguesonline.com> (b).

▪ Parâmetros climáticos

Os dados conseguidos para este estudo foram obtidos de Cabús (2002), com base nas Normais Climatológicas dos anos 1961 a 1990 da cidade de Maceió, com sua estação meteorológica situada mesma localidade e a uma Altitude 64,5m.

- Temperatura

A temperatura média anual da cidade de Maceió é de 24,8°C, e tem uma amplitude térmica anual de 6°C e amplitudes térmicas diárias de 8°C no verão, e 6,5°C no inverno.

A temperatura média mensal mais alta é de 26,3°C e ocorre em fevereiro, enquanto a mais baixa é de 23,5°C e acontece em agosto. O Gráfico 1-01 descreve a temperatura média mensal em Maceió, em comparação com as médias mensais mais altas e mais baixas de cada mês. As temperaturas máximas médias variam entre 27,0°C em julho e 30,4°C em fevereiro, enquanto as mínimas médias estão entre 20,2°C em agosto e 22,7°C em março.

Observam-se temperaturas máximas e mínimas absolutas durante o tempo de medição, a máxima absoluta foi de 38°C em janeiro do ano 1982 e a mínima absoluta foi de 11,3°C em junho de 1980.

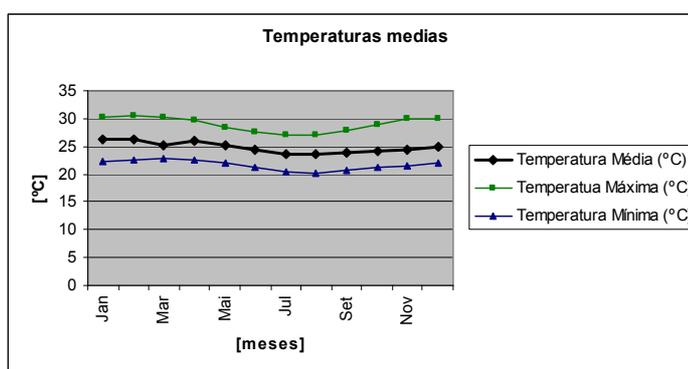


Gráfico 1-01 – Temperatura média mensal, Maceió.

Fonte: Cabús (2002).

- Umidade Relativa

A umidade relativa anual é de 78,3%. Em maio ela apresenta sua maior porcentagem, quando chega a uma média mensal de 82,6%, enquanto novembro apresenta uma média menor, com 74,7%. O Gráfico 1-02 mostra essa variação mensal. É possível observar que a umidade relativa não tem uma variação significativa ao longo do ano, quando apresenta valores maiores nos períodos chuvosos, com uma baixa no mês de junho, e as menores

porcentagens de umidade relativa durante o fim do ano, no primeiro período da estação de verão.

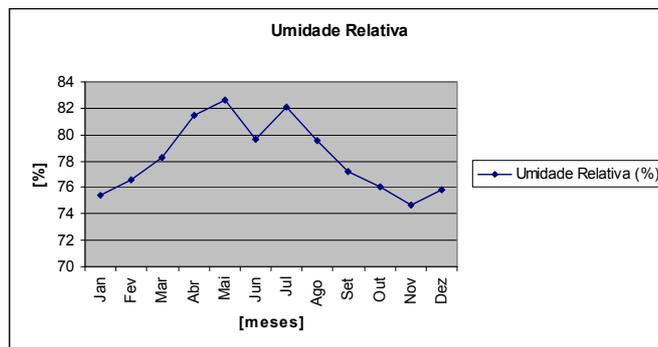


Gráfico 1-02 – Umidade Relativa, Maceió.

Fonte: Cabús (2002).

▪ Ventos

Maceió situa-se na costa do oceano Atlântico, com orientação predominantemente Leste, sendo o vento atmosférico com direção do Sudeste (S.E.) predominante durante o ano todo. Analisando os ventos em Maceió durante a totalidade do ano, a direção Sudeste é dominante, com uma frequência de 36,04%. A direção Leste adota relevância, com um 31,73% de frequência, com uma predominância durante a época de verão. As direções Sul e Nordeste também são importantes, elas ocupam 16,89% e 9,98% das frequências anuais, respectivamente (TOLEDO, 2006). Especificamente nos primeiros meses de verão, entre novembro e janeiro, registra-se um marcado domínio do vento Leste, com uma alta ocorrência, e entre os meses de fevereiro para outubro o vento Sudeste é predominante, sendo acompanhado entre os meses de maio e agosto por uma alta frequência do vento Sul, como assim podemos observar no Gráfico 1-03.

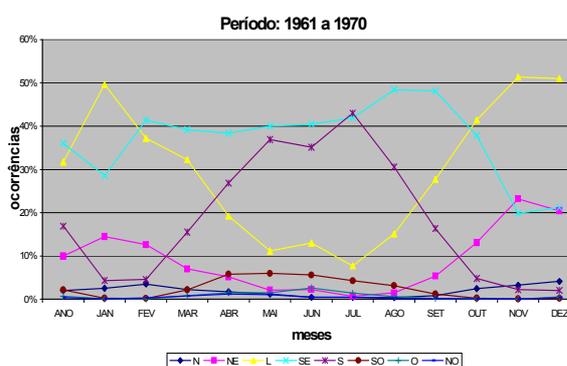


Gráfico 1-03 – Frequência de ventos, Maceió.

FONTE: Goulart et. al., Apud Toledo (2006).

- Precipitação

A precipitação anual média na cidade de Maceió é de 2.167,7mm, com aproximadamente 60% da precipitação de todo o ano se concentrando entre os meses de abril e julho, sem existência de meses secos, como se observa no Gráfico 1-04.

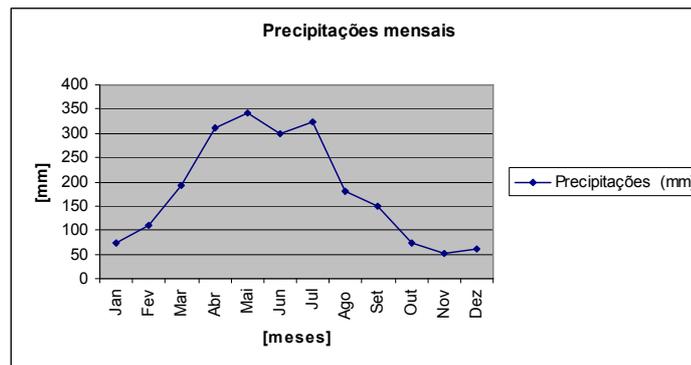


Gráfico 1-04 – Precipitações mensais, Maceió.
Fonte: Cabús (2002).

- Nebulosidade

A nebulosidade é mostrada no Gráfico 1-05, por uma média mensal com taxa 1:10. É possível observar que a nebulosidade é maior entre os meses de abril a julho, coincidindo com o mesmo período da estação chuvosa; contudo ela é também considerável durante todo o ano (CABÚS, 2002).

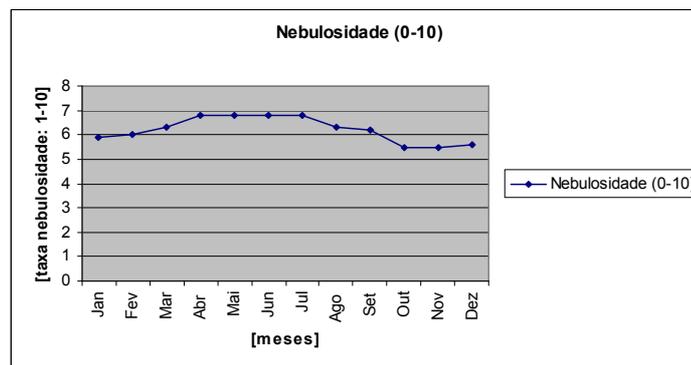


Gráfico 1-05 – Nebulosidade mensal, Maceió.
Fonte: Cabús (2002).

- Insolação

Maceió tem sua localização em $09^{\circ} 40'$ Latitude Sul, e $35^{\circ} 42'$ Longitude Oeste. Na Figura 1-22 pode-se observar o diagrama solar da cidade de Maceió.

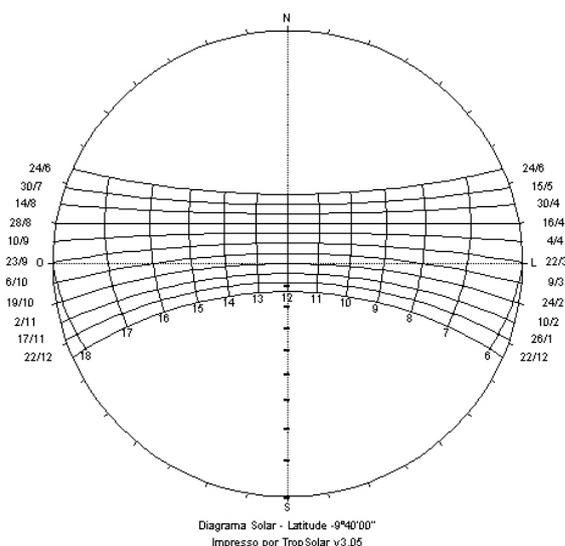


Figura 1-22 – Carta solar de Maceió.

Fonte: Figura gerada pelo software TropSolar, Cabús (2007).

Sendo uma localidade menos afastada do Equador, o diagrama mostra uma forma mais simétrica em relação ao diagrama de Valparaíso, observando-se que existe radiação solar direta durante todo o dia na orientação Norte nas épocas de primavera, inverno e outono, e na orientação Sul durante a época de verão. Também o gráfico revela que a diferença entre os dias de maior e menor duração – respectivamente, solstício de verão e solstício de inverno – não é expressiva, sendo um pouco maior que uma hora (CABÚS, 2002). Deste modo, o dia mais curto do ano, o 21 de junho, em pleno solstício de inverno, tem 11 horas 26 minutos aproximadamente, e o dia mais longo do ano, o 21 de dezembro, em pleno solstício de verão, tem 12 horas 34 minutos aproximadamente.

Quanto à sua Latitude, com o diagrama solar é possível definir os ângulos de altura solar para a cidade de Maceió. Na Figura 1-23 mostra-se os ângulos de altura dos raios solares nas datas de equinócios e solstícios de inverno e verão: 21 de março, junho, setembro e dezembro.

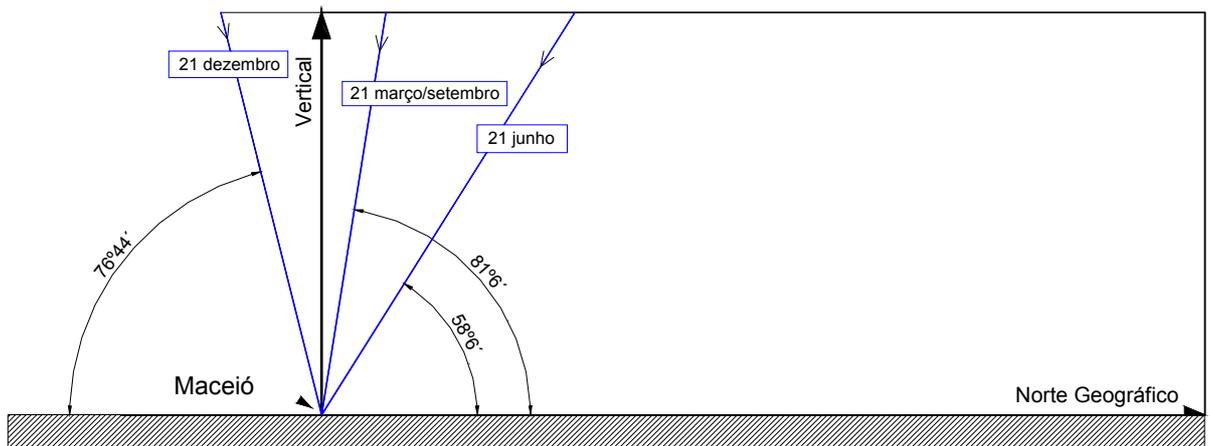


Figura 1-23 – Ângulos de altura solar ao meio-dia em Maceió.

Quando comparada à nebulosidade, a insolação exibe uma curva com uma tendência inversa. A partir do Gráfico 1-06 é possível notar que a insolação, mostrada em meses médios, é maior durante a estação de verão que no período de inverno, apresentando a maior alta nos meses de outubro a janeiro, e a maior baixa nos meses de maio a julho.

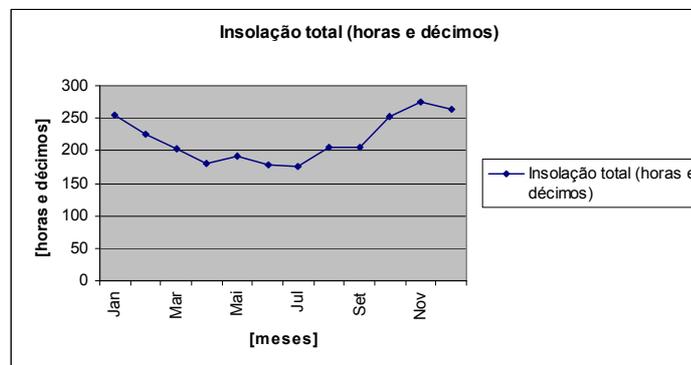


Gráfico 1-06 – Insolação mensal total, Maceió.

Fonte: Cabús (2002).

Deste modo, e como o índice de frequência de distribuição de clareza o indica, a região de Maceió é tipicamente dominada por dias parcialmente nublados, observando que as frequências de dias claros e encobertos são pequenas (DE SOUZA et al., 2005).

1.4.2 O Clima de Valparaíso: Clima temperado mediterrâneo com chuvas inverniais

Valparaíso é a capital da região de Valparaíso, situada no centro do Chile. É uma cidade localizada na costa do oceano Pacífico, de latitude 33°05' ao Sul do Equador e de longitude 71°63' ao Oeste do Meridiano de Greenwich, encontrando-se a 70m de altura do nível do mar (ver Figura 1-24,a). Possui um *clima temperado mediterrâneo com chuvas inverniais, estação seca prolongada (7 a 8 meses) e grande nebulosidade*. A grande quantidade de nebulosidade observada no ano inteiro, e com mais intensidade no inverno, associada a nevoeiros e chuviscos que produzem baixas amplitudes térmicas (DIR. GERAL. DE AERONÁUTICA CIVIL, 2007).

Valparaíso tem uma população aproximada de um milhão de habitantes (censo 2002) e desenvolve-se desde o mar até as alturas dos morros que a circundam (ver Figura 1-24,b).



Figura 1-24 – Localização do Valparaíso no mundo (a) e a cidade do Valparaíso (b).

Fonte: <http://www.sociedadcivil.cl> (a) e <http://www.pictureninja.com> (b).

- Parâmetros climáticos

Os dados conseguidos para este estudo foram obtidos das publicações de Serrano (2006) e Sarmiento (1999), baseadas em 40 anos de obtenção de informação meteorológica do arquivo solarimétrico da estação meteorológica do Laboratório de Avaliação Solar da Universidad Técnica Federico Santa María, localizado na costa da cidade de Valparaíso.

- Temperatura

"Valparaíso apresenta um quadro interessante de temperaturas, por exemplo, em 40 anos não tem registrado temperaturas abaixo de zero e a máxima anotada é 35°C. Isto indica que comparativamente com outras cidades do mundo, a cidade de Valparaíso apresenta uma condição de habitabilidade climática que não exige muito das suas construções. Também não há neve, nenhum tornado, nem existem tufões ou furacões" (SERRANO, 2006).

A temperatura média anual da cidade de Valparaíso é de 14,8°C e tem baixas amplitudes térmicas: uma amplitude térmica anual de 6°C, e amplitudes térmicas diárias de 7°C no verão e 5°C no inverno.

A temperatura média mensal mais alta é de 18°C e ocorre em janeiro, enquanto a mais baixa é de 11,8°C e acontece em julho, podendo-se observar no Gráfico 1-07 a temperatura média mensal em Valparaíso.

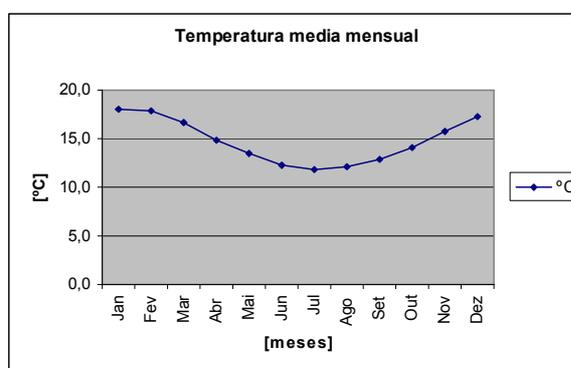


Gráfico 1-07 – Temperaturas médias, Valparaíso.

Fonte: Sarmiento (1999).

A temperatura horária característica mais alta durante o ano é de 22,05°C e ocorre em janeiro às 14h00min, enquanto a mais baixa, de 8,07°C, acontece em julho às 07h00min. O Gráfico 1-08 descreve a temperatura horária característica para os meses de março, junho, setembro e dezembro em Valparaíso.

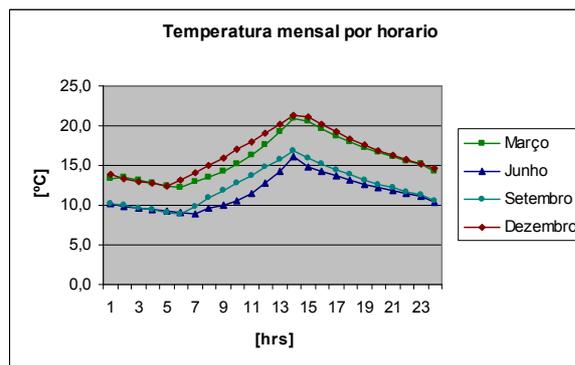


Gráfico 1-08 – Temperaturas horárias, Valparaíso.

Fonte: Sarmiento (1999).

▪ Umidade Relativa

Valparaíso é, por consequência de sua posição litorânea, uma cidade úmida. Para as temperaturas médias anuais, sua umidade é bastante confortável ao meio-dia, mas o ano inteiro amanhece com umidade alta (SERRANO, 2006).

De acordo com a temperatura diária, a umidade relativa varia com as horas do dia: Valparaíso amanhece com uma alta umidade relativa e durante as manhãs é possível achar breves névoas litorais.

A umidade relativa anual é de 82%. Nos meses de março a abril apresenta seus maiores valores, chegando a uma média mensal de 87% durante a manhã, e em dezembro apresenta a menor média, com 61% durante a tarde.

O Gráfico 1-09 mostra a variação durante o dia, em três horários: 7h00min, 13h00min e 18h00min. Pode-se observar que a umidade relativa tem uma variação ao longo do dia, os valores maiores de umidade são nas manhãs durante todo o ano, e os valores menores são durante as tardes, no verão, e ao meio-dia durante o inverno.

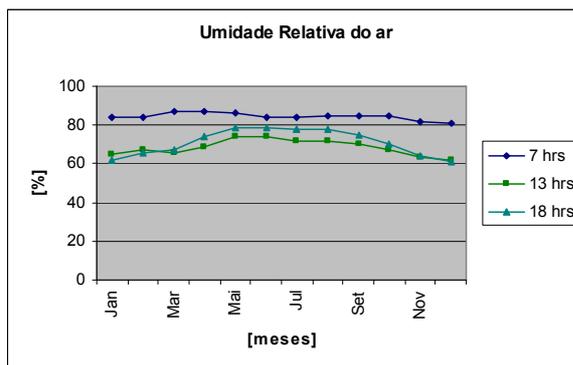


Gráfico 1-09 – Umidade Relativa, Valparaíso.

Fonte: Sarmiento (1999).

▪ Ventos

Valparaíso, em sua bacia principal, é uma baía com preponderante orientação Norte, que possui vento atmosférico dominante com direção Sudoeste (S.O.) durante o ano.

Especificamente, os primeiros quatro meses do ano registram um marcado domínio dos ventos Sul e Sudoeste. Sem embargo, o mês de maio registra uma notável mudança nas frequências e as direções dominantes, imperando o vento Norte e o Sudoeste. O vento Norte só se mantém predominante até os meses de junho e julho, quando o vento dominante das direções S.O. aparece novamente em agosto, sendo definitivo em setembro. Finalmente, os últimos três meses do ano se assemelham muito aos três primeiros, por sua dominância de ventos Sul e Sudoeste (ver Gráfico 1-10).

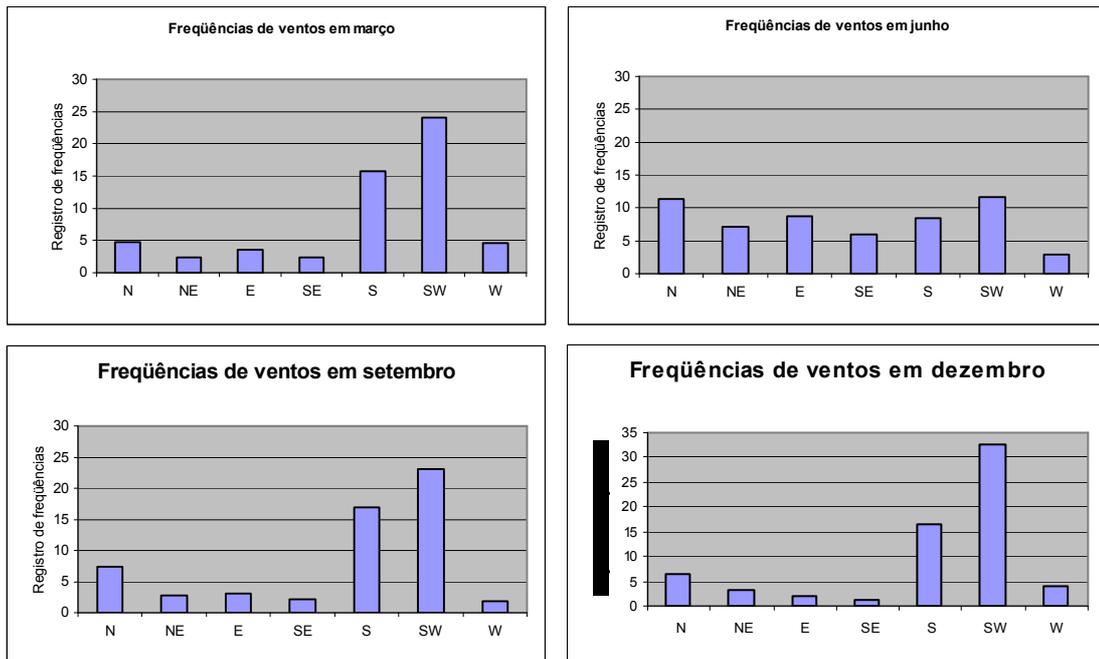


Gráfico 1-10 – Freqüência de ventos, Valparaíso.

Fonte: Serrano (2006).

▪ Precipitação

A precipitação anual média, na cidade de Valparaíso, é de 372,5mm, com aproximadamente 80% da precipitação de todo o ano concentrando-se entre os meses de maio a agosto, produzindo 8 meses secos, no verão; observam-se estas precipitações totais por mês no Gráfico 1-11.

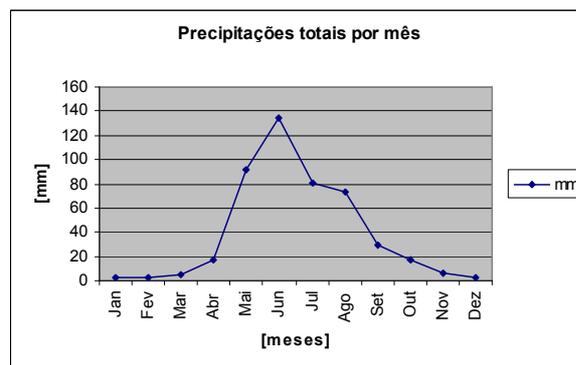


Gráfico 1-11 – Precipitações, Valparaíso.

Fonte: Serrano (2006).

- Nebulosidade

A nebulosidade mensal é mostrada no Gráfico 1-12, onde é possível observar que apesar de possuir nebulosidade alta entre os meses de maio a setembro, no inverno, coincidindo com o período da estação chuvosa, as manhãs têm uma tendência a apresentar maior nebulosidade, inclusive em janeiro no período de verão. Os meses que apresentam nebulosidades a toda hora são desde maio a setembro, e os dias de verão apresentam uma maior insolação direta desde o meio-dia à tarde.

O Gráfico 1-12 mostra a porcentagem de nebulosidade que apresentam os céus de Valparaíso durante todos os meses do ano observados em 3 horários. A medição desta informação toma-se de forma íntegra e é obtida uma porcentagem de nublado ou de Sol direto. A informação estatística está qualificada de 0 a 10, onde 0 significa céu totalmente aberto (céu claro) e 10 totalmente nublado.

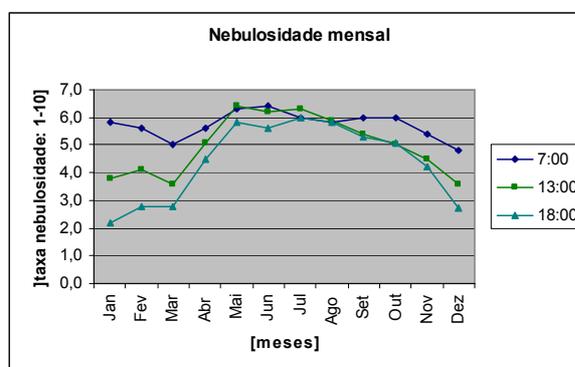


Gráfico 1-12 – Nebulosidade mensal para 3 horários do dia, Valparaíso.

Fonte: Serrano (2006).

- Radiação e Insolação

Para cada latitude corresponde um diagrama (carta) solar específico. O diagrama solar apresenta representações gráficas da trajetória solar na abóbada celeste da Terra, que vai variar em função da época do ano e, principalmente, da latitude que terá o local de estudo, onde azimute e a altura solar são coordenadas angulares que permitem localizar qualquer posição do Sol na abóbada celeste (BITTENCOURT, 2004).

Assim, a carta solar mostrada na Figura 1-25 permite observar o diagrama solar da cidade de Valparaíso, encontrando-se a altura solar e o azimute nos diferentes períodos do dia e do ano.

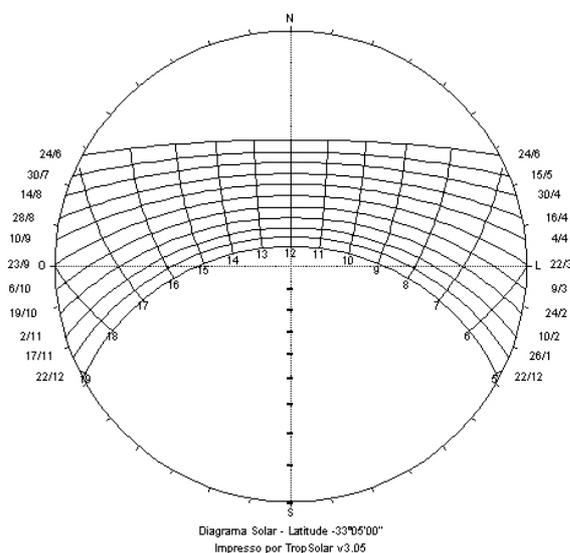


Figura 1-25 – Carta solar de Valparaíso.
Fonte: Figura gerada pelo software TropSolar, Cabús (2007).

Valparaíso tem sua localização em 33° 05' Latitude ao Sul do Equador, e 71° 63' ao Oeste do Meridiano 0 (Greenwich). Sendo uma localidade mais afastada do Equador (de latitude maior), o diagrama mostra uma forma completamente assimétrica. Observa-se que existe radiação solar direta durante todo o dia na orientação Norte, nas épocas de primavera, inverno e outono, e somente no meio-dia na mesma orientação e durante as manhãs e tardes na orientação Sul (na época de verão). Os dias de inverno são evidentemente mais curtos que os de verão, calculando-se que o dia mais curto do ano é o 21 de junho e tem 9 horas 58 minutos 4 segundos em pleno inverno, e o dia mais longo do ano é o 21 de dezembro, em pleno verão, e tem 14 horas 20 minutos 21 segundos (SERRANO, 2006).

Em termos de sua Latitude, com o diagrama solar também é possível definir os ângulos de altura solar, ângulo formado pelo Sol e pelo plano horizontal do observador (BITTENCOURT, 2004). Na Figura 1-26 pode-se observar os ângulos de altura dos raios

solares para as datas de equinócios e solstícios de inverno e verão: 21 de março, junho, setembro e dezembro.

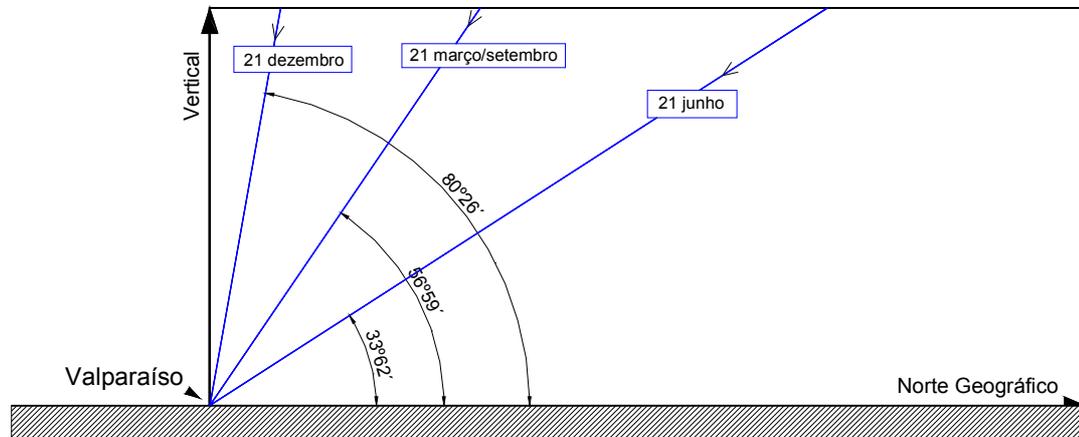


Figura 1-26 – Ângulos de altura solar ao meio-dia no Valparaíso.

No Gráfico 1-13 é possível notar a quantidade de Radiação (MJ/m^2) que possui a cidade de Valparaíso, sendo mostrada em meses do ano. A maior radiação ocorre durante o verão, na estação seca, com um máximo de $681 \text{ MJ}/\text{m}^2$ no mês de janeiro, e a menor radiação no período de inverno, na estação chuvosa, apresentando o valor mínimo de $175 \text{ MJ}/\text{m}^2$.

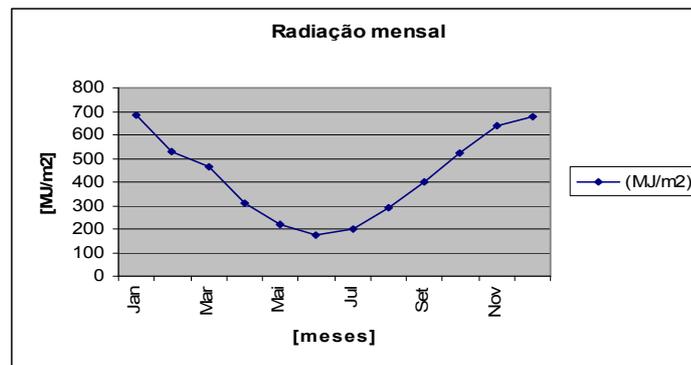


Gráfico 1-13 – Radiação mensal [MJ/m^2], Valparaíso.

Fonte: Sarmiento (1999).

1.4.3 Adequação Climática para os Climas Quente Úmido e Temperado

Para Hopkinson et al. (1980), o primeiro requisito de um projeto de luz natural é adquirir uma idéia clara das condições climáticas em função da iluminação disponível, da distribuição da luminância do céu e da frequência da insolação. Deste modo, a iluminação natural interior deverá ser proporcionada por luz natural direta e refletida nas condições de climas temperados, e só por luz solar refletida nos climas tropicais.

Ambas as cidades, Maceió e Valparaíso, têm uma localização de costa, com altitudes similares de 0m a 80m, ambas semelhantes na posição topográfica, embora uma esteja no litoral do oceano Atlântico e a outra na costa do oceano Pacífico, respectivamente.

Produtos de sua localização geográfica, as duas cidades possuem climas diferentes, com baixa oscilação térmica durante o dia e o ano. Apesar de que ambas as cidades tem uma umidade similar: a cidade de Maceió apresenta uma temperatura média superior em 7°C à cidade de Valparaíso.

Na procura de condições de conforto para cada clima, a arquitetura define padrões diferenciados e aponta respostas diferentes aos requerimentos de cada uma destas cidades, apresentando configurações arquitetônicas diferenciadas de acordo com os diferentes contextos climáticos:

No caso das zonas tropicais, elas possuem céus parcialmente nublados na maioria do tempo e recebem grandes quantidades de radiação solar ao longo do ano, tendo como resultado mínimas flutuações sazonais das temperaturas, em que não existe uma estação de inverno diferenciada. Assim, no *Clima Quente Úmido*, a melhor solução para encontrar o conforto ambiental para esta situação é utilizar as estratégias de resfriamento passivo por meio da ventilação natural e o bloqueio total da radiação direta, em cada orientação (LAMBERTS et al., 2004; CABÚS, 2002).

Deste modo, e como explica Hopkinson et al. (1980), no clima quente úmido, não só influi seu céu extremadamente brilhante, que constitui uma fonte importante de calor por irradiação, mas também influem as altas temperaturas. Portanto, nestas regiões, as construções devem evitar ganhos de calor proveniente da radiação solar, enquanto dissipam o calor produzido internamente. Produto disto é que a proteção à radiação solar direta, com elementos opacos e densos, é fundamental para produzir uma redução da produção de calor, do ganho de radiação e promover a perda de evaporação, mantendo a área da janela para uma ventilação necessária (OLGYAY, 1973; BITTENCOURT, CÂNDIDO, 2006).

Especificamente para as condições que enfrenta o clima de **Maceió**, Bittencourt e Cândido (2006) expõem que as estratégias anteriormente numeradas constituem o meio mais eficiente para se atingir o conforto térmico com baixo consumo de energia elétrica. A ventilação natural possui, então, duas finalidades complementares. A primeira é resfriar a estrutura da edificação, aquecida pela radiação solar e por ganhos internos de calor, e a segunda é obter o chamado resfriamento fisiológico por meio da evaporação do suor e das trocas de calor por convecção, quando correntes de ar entram em contato com o corpo humano (PEIXOTO, BITTENCOURT, 2003).

O *Clima Temperado* estabelece que, como os períodos frios e calorosos existem em parte significativos durante o ano, deveria ser estabelecido um equilíbrio, promovendo uma base estacional da produção de calor, radiação e efeitos de convecção (OLGYAY, 1973).

Serra (1998) explica que a luz solar direta é freqüente em climas mediterrâneos, e o efeito térmico e sua distribuição particular de luminâncias são desejáveis no inverno, mas indesejáveis no verão. Segundo Moore (1985), com o recente interesse no aquecimento solar passivo, o uso das janelas em orientações que só recebem luz solar indireta é criticado, por causa das grandes perdas de calor durante o inverno, sendo favorecidas as orientações que

apresentam radiação direta controlada, aumentando o ganho de calor solar durante o inverno e sendo controlado durante o verão (no caso de Valparaíso: a orientação Norte).

Especificamente, para a situação de **Valparaíso**, Serrano (2006) explica que esta cidade, privilegiadamente orientada para o Norte, é regulada por um oceano estável em temperatura: “É um desses estranhos lugares onde é possível projetar arquitetura climaticamente passiva, Portanto, de acordo com um bom desenho, orientação, qualidade de envolventes, controle da luz e uso inteligente das energias locais, obtendo trabalhos confortáveis sem ter que recorrer à energia ativa”.

1.5 Métodos de Modelagem e Avaliação do Objeto de Estudo

O estudo dos ambientes e a forma como a radiação solar incide neles é indispensável para determinar a intensidade e a distribuição da radiação que chega a um determinado ambiente. Deste modo, pode-se ajudar o desenhista a escolher ou conferir o critério para encontrar uma solução particular. Um estúdio fotométrico ajuda no estudo da iluminação em um ambiente, o que permite determinar seu grau de habitabilidade e colaborar com a sua melhoria. Conseguise assim, com o auxílio dos modelos, obter uma idéia clara da natureza da iluminação e do aspecto do interior muito antes da construção (HOPKINSON et al., 1980; RIVERO, 1986; TREGENZA, LOE, 1998).

No estudo do comportamento da iluminação natural nos ambientes, algumas das ferramentas mais utilizadas são: os modelos em escala reduzida, as ferramentas simplificadas e as simulações computacionais.

1.5.1 Modelos em Escalas Reduzidas

Para Moore (1985), os modelos físicos são um meio de prever com precisão a iluminação natural no interior dos ambientes. O estudo da iluminação, por meio destes modelos reduzidos, tem uma grande vantagem, uma vez que não requer nenhuma correção de escala, diferentemente dos estudos térmicos e acústicos que, testados sob condições de céu idênticas, rendem resultados idênticos (GRAZIANO, 2000).

Um modelo em escala reduzida é rigorosamente conforme com a escala e completamente detalhado do interior de um edifício, como mostra o exemplo da Figura 1-27. O requisito principal de um modelo é que deve ter uma real semelhança fotométrica em todas as suas superfícies internas principais, sendo as características ópticas (refletâncias) correspondentes às da sala-protótipo. De igual modo, os elementos constitutivos da janela devem ser reproduzidos no modelo (HOPKINSON et al., 1980; BAKER, STEEMERS, 2002).

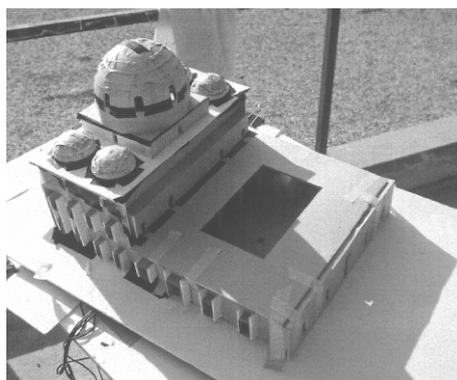


Figura 1-27 – Exemplo de um modelo em escala reduzida. Fonte: www.usc.edu.

Segundo Hopkinson et al. (1980), a escala do modelo não tem importância em um que seja projetado para medições, mas o tamanho desse é limitado pelo do foto-receptor a ser utilizado nas medições e pela quantidade total de fotocélulas a ser usada. Existem medições com uma única fotocélula, em um dispositivo telecomandado, e medições com uma série de fotocélulas em posições pré-determinadas, que, por meio de um interruptor múltiplo, consegue-se obter uma grande quantidade de informações em um tempo relativamente curto. Na prática, isto se reflete no uso generalizado de modelos à escala de 1:10 a 1:20, dependendo das dimensões originais da sala.

Conforme Moore (1985), algumas das vantagens do uso dos modelos em escalas reduzidas incluem:

- Resultados precisos (quantitativos);
- Facilidade para realizar comparações, podendo mudar componentes do desenho;
- Familiaridade para construir e usar os modelos;
- Oportunidade para avaliação qualitativa (como identificação de potenciais problemas de ofuscamento) por observação visual ou fotografias.

É essencial, para o estudo da iluminação natural mediante estes modelos, que a exposição de céu e a geometria de obstrução sejam precisos. Para conseguir isto, os modelos podem ser

iluminados sob um céu real, ou, para conveniência e padronização, sob um céu artificial (MOORE, 1985).

Existem simuladores de céu, céus artificiais que, através de uma superfície luminosa com uma distribuição de luminâncias conhecida e controlada, representa o céu para estudos de projetos de iluminação natural. A vantagem principal desses simuladores é que oferecem reproduções fidedignas da iluminação do dia. Algumas das desvantagens são: a estrita relação de tamanho do modelo e do céu, e a dificuldade em conseguir um nível de luminância de céu comparável com o do céu brilhante do verão, no caso do simulador hemisférico (ver Figura 1-28,a) (HOPKINSON et al., 1980).

O uso de distribuições de iluminâncias de céu padrões, como são os modelos de céu CIE, torna possível comparar a iluminação natural projetada nos estudos levados a cabo por diferentes simuladores, como por exemplo, o simulador de céu hemisférico: “cúpula de céu” ou o “céu de espelho”, o simulador retilíneo mais usado e de menor custo (ver Figura 1-28) (BAKER, STEEMERS, 2002).

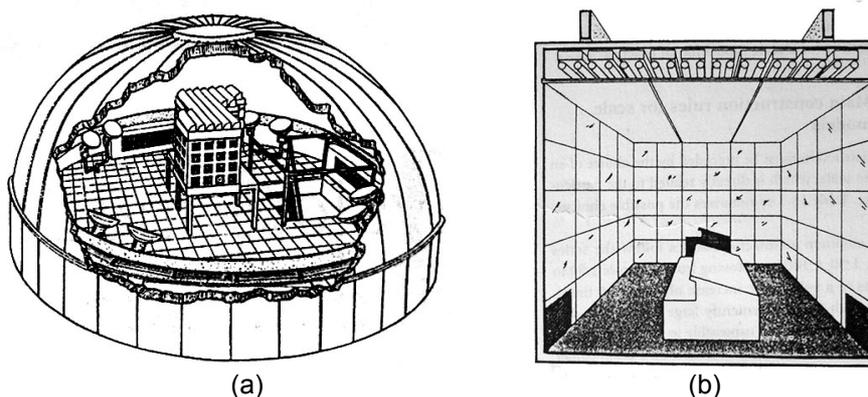


Figura 1-28 – Simuladores de Céu: a vista de uma “Cúpula de Céu” ou “Sky Dome” (a) e a vista de um Simulador “Céu de Espelho” ou “Mirror Sky” (b). Fonte: Baker e Steemers (2002) (a, b).

No caso em que não seja viável proporcionar estudos em que se use céu natural e Sol, e seja preciso estudar os efeitos do Sol, pode ser necessário simular um Sol artificial. Segundo Hopkinson et al., (1980) existem dois tipos básicos de instrumentos que mostram a incidência

do Sol: os que estudam os movimentos relativos do Sol e da superfície da Terra, e as suas posições relativas instantâneas. O “Heliodon” é um dispositivo que serve igualmente para ambos os fins, mediante um Sol simulado pela lâmpada de um projetor que pode ser deslocado verticalmente em função dos meses do ano (ver Figura 1-29). O Relógio de Sol atua como comparador da localização do Sol relativamente ao modelo dos edifícios em estudo, e é suficiente para o estudo dos problemas inerentes às posições fixas do Sol.

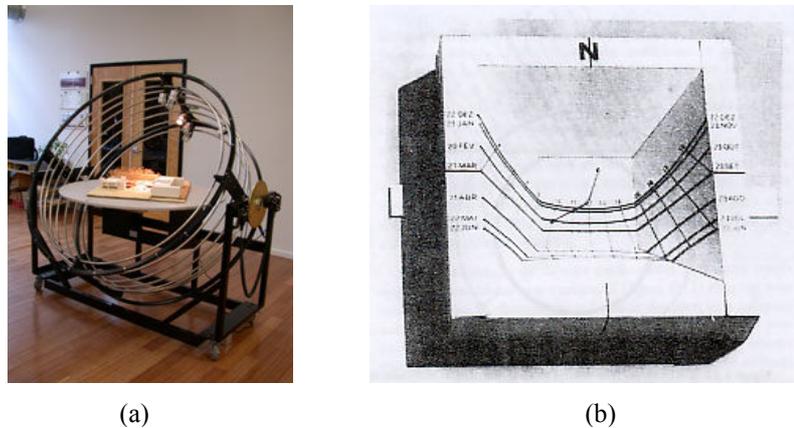


Figura 1-29 – Simuladores do Sol: o “Heliodon” (a) e o Relógio de Sol (b).
 Fonte: www.philau.edu (a), Baker e Steemers (2002) (b).

1.5.2 Ferramentas Simplificadas

As ferramentas simplificadas, segundo Cabús (1997), permitem estudar o comportamento da luz natural mediante uma avaliação rápida e aproximada, utilizando cálculo manual ou diagramas. Estas ferramentas utilizam desde regras simples, como cálculos matemáticos, tabulares, nomogramas e métodos gráficos, como os diagramas, até elaborados equipamentos físicos (OLGYAY, OLGAYAY 1957; BAKER, STEEMERS, 2002).

A pesar de ser uma avaliação rápida, as ferramentas simplificadas só chegam a resultados aproximados que podem ter erros significativos de avaliação. Por esta razão, estas ferramentas são adequadas na fase de anteprojeto, ajudando na compreensão dos espaços, já que têm o

inconveniente de ser adequadas ao cálculo da componente direta e apresentarem limitações quanto à componente indireta (CABÚS, 1997).

Para Cardoso (2006) os cálculos matemáticos têm dificuldade no estudo das componentes refletivas, como a parcela do entorno, as múltiplas reflexões entre as paredes, o piso e o teto, onde seus cálculos ficam extremamente complicados. Portanto, os métodos gráficos serão preferidos nestes casos (OLGYAY, OLGAYAY, 1957).

No caso dos *métodos gráficos*, mostram a geometria da iluminação mediante a parcela visível da abóbada celeste e os ângulos de obstrução. Existe uma variedade deles disponível para calcular a iluminância interior devido à iluminação natural, que inclui: transportadores, nomogramas, curvas isolux (“pegadas da luz do dia”) e diagrama de pontos (ver Figura 1-30). Estes métodos apresentam um formato fácil de utilizar, o gráfico, ajudando o desenhista no processo do projeto (MOORE, 1985; CARDOSO, 2006).

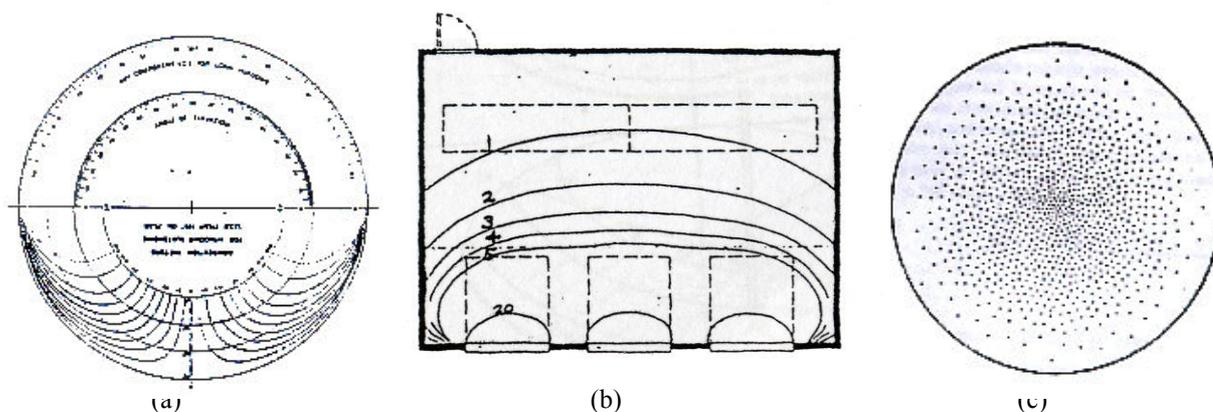


Figura 1-30 – Alguns Métodos Gráficos: o Transportador (a), a Curva Isolux (b) e o Diagrama de Pontos (c). Fonte: Moore (1985).

1.5.3 Simulações Computacionais

Como explica Serra (1998), a ferramenta computacional faz uso do cálculo no computador para estudar os resultados da luz alcançados em cada ponto, produto de aberturas e reflexões interiores. De fato, eles aplicam o sistema de "ponto por ponto" com todas as repetições necessárias para obter menor incerteza. Deste modo, podem-se analisar um maior número de

modelos, orientações e alternativas do objeto de estudo. São ferramentas que permite agilidade na construção dos modelos, e outorga rapidez e precisão.

Cabús (2002) afirma esta estratégia, e explica que três fatores-chave determinam o uso de um software para o estudo de iluminâncias: o custo crescente da energia, o crescimento da consciência ecológica e a disponibilidade de computadores cada vez mais rápidos. Devido ao tempo de processamento e ao espaço de armazenagem requerido, tornou-se possível o cálculo da iluminação, baseado em métodos antes inviáveis. Desse modo, foram simplificadas as simulações de diferentes distribuições de céu e padrões de luz do Sol, tornando possível simular a iluminação natural diária e anual em uma edificação, incluindo as tipologias de edifícios tropicais, como os protetores solares.

Existem diversos softwares computacionais que levam em consideração a iluminação local e a iluminação global, alguns deles são: Adeline, Prolight, TSB13, Radiance, Anglia Daylight, Quicklite, Genelux, Hevacomp, Facet, Wis, Kandala, Lightproject, Luznat, DOE-2, Dial, Lumenmicro, Lightscape e TropLux (GRAZIANO, 2000; BAKER, STEEMERS, 2002; CABÚS, 2005).

Baker e Steemers (2002) explicam que os softwares Radiance e Genelux são semelhantes nas suas capacidades, e ambos podem analisar a iluminação natural e elétrica. No caso do Radiance, ele é um sistema completo de visualização de iluminação e provê resultados numéricos e imagens realistas, utilizando os céus normandos pela CIE e entrega aos usuários a possibilidade de definir seu céu. O software Genelux também modela o Sol e o céu, e pode definir as superfícies e introduzir o espectro para a análise de cor.

1.5.3.1 O software TroLux

O software TropLux foi criado no ano 2002 por o professor Dr. Ricardo Cabús (CABÚS, 2002). O software TropLux versão 3.12beta, mostrou ser uma ferramenta adequada para pesquisas em iluminação natural em uma diversidade de climas e latitudes (CABÚS, 2005). Permite simular satisfatoriamente a iluminação natural nos trópicos, onde a maioria dos programas disponíveis não conseguia — quer seja por limitações nos padrões de distribuição de luminâncias do céu ou por dificuldades em simular as complexas geometrias da arquitetura tropical, com suas diversas formas de se proteger da radiação solar (CABÚS, 2005).

Dentre outras características, o programa permite processar arquitetura com geometria complexa; distribuições de luminância de céu, configuráveis pelo usuário, bem como as padronizadas pela CIE e IES; e iluminância separada para contribuição solar e de céu em até 4 componentes, em função da trajetória da luz entre a fonte e o alvo (CABÚS, 2002).

O programa, para ser executado, precisa da entrada da geometria da sala, planos, janelas e características dos materiais, além da localização geográfica da cidade (ver Figura 1-31). É permitida a entrada de geometria complexa, porém todas as superfícies devem ser formadas por planos. O programa tem uma margem de erro preferente de 5%, e um nível de confiança de 95% (CABÚS, 2002; 2005).



Figura 1-31 – O software TropLux: entrada da informação. Fonte: Cabús (2008).

No menu de utilitários, além de rotinas para simplificar processamentos, o TropLux disponibiliza a geração automática de protetores solares tipo marquise, prateleira de luz e brises verticais e horizontais (ver Figura 1-32).

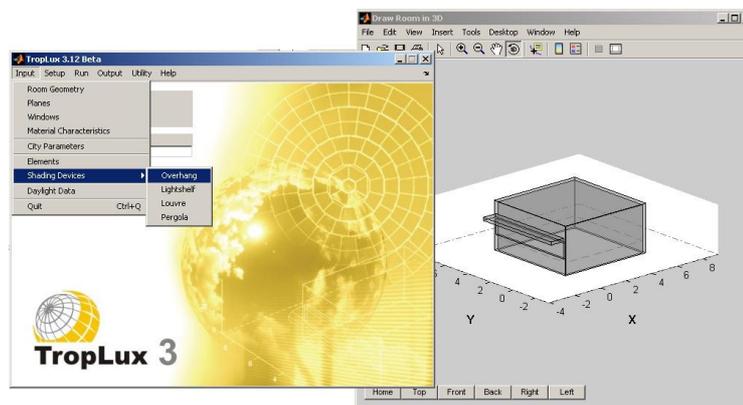


Figura 1-32 – O software TropLux: geração automática de uma marquise. Fonte: Cabús (2008).

O TropLux permite uma série de saídas, em que se mostram os resultados obtidos por meio de tabelas e gráficos, além de agrupá-los de formas diversas. As tabelas são mostradas em relação aos componentes de Sol e céu versus azimute, dia e hora e tipo de céu (ver Tabela 1-33). E os gráficos podem ser exportados mediante 5 formas que conjugam os fatores das componentes de Sol e céu: os gráficos 1-34-a e b, mostram a iluminância global segundo linha e barra por variável escolhida, o gráfico 1-35-a apresenta as iluminâncias segundo componente: 1 - luz direta do céu, 2 - luz refletida do céu, 3 - luz direta do Sol e 4 - luz refletida do Sol, o gráfico 1-35-b, a contribuição do Sol e céu por percentagem; e o gráfico 1-35-c mostra a contribuição da radiação direta e refletida segundo percentagem, também.

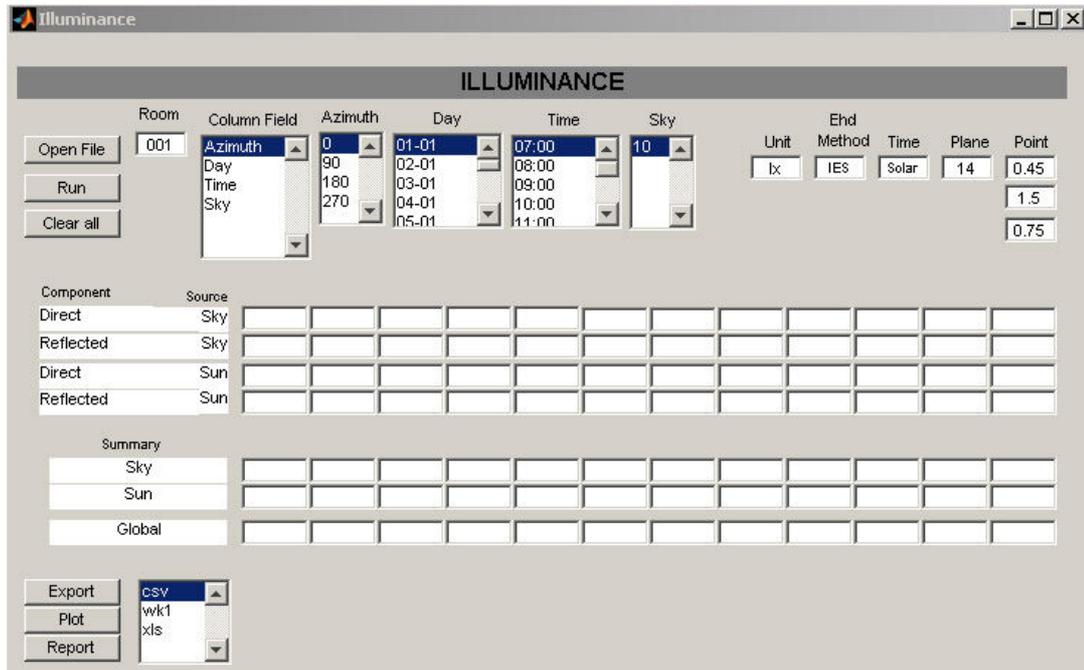
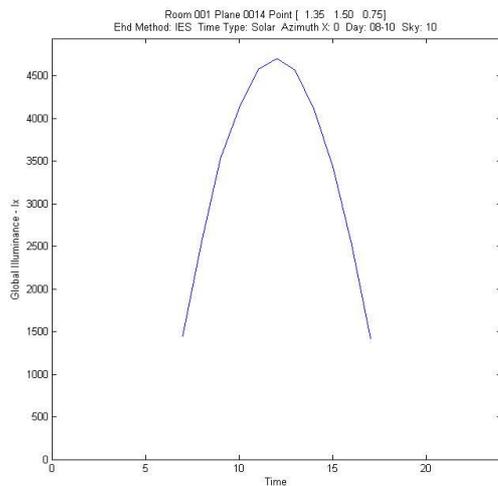
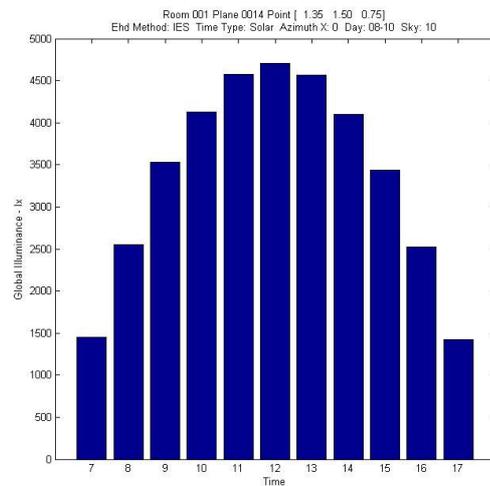


Tabela 1-01 – O software TropLux: saídas da informação, exportadas como tabelas.

Fonte: Cabús (2008).



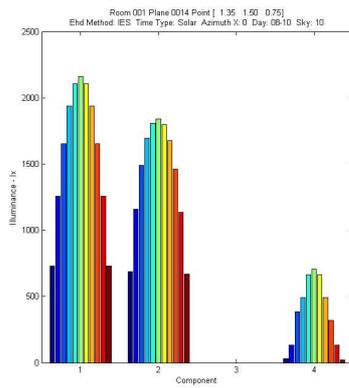
(a)



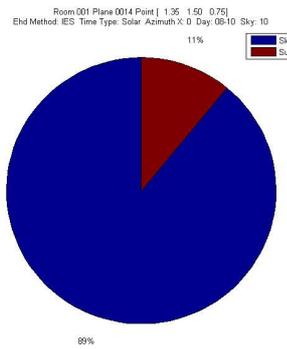
(b)

Gráfico 1-14 – O software TropLux: saídas da informação, exportadas como gráficos de iluminância global, segundo linha (a) e barra (b).

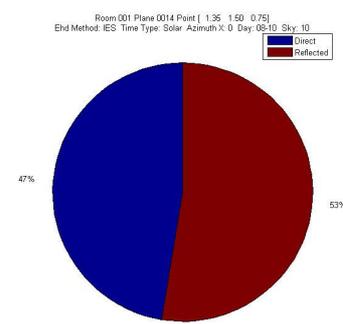
Fonte: Cabús (2008).



(a)



(b)



(c)

Gráfico 1-15 – O software TropLux: saídas da informação, exportadas como gráficos segundo componente: as quatro componentes separadas (a), as componentes de Sol e céu (b) e as componentes diretas e refletidas (c).

Fonte: Cabús (2008).

A validação do software TropLux foi feita em três estágios: dois relativos ao erro – para comprovar a credibilidade dos seus resultados – e um ligado ao tempo gasto para processamento padrão, para avaliar sua viabilidade. Deste modo, o TropLux mostrou ser uma ferramenta adequada ao cálculo de iluminação natural, não apenas para os trópicos, mas de uma forma geral (CABÚS, 2005).

2. METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos, de modo de avaliar, através da comparação de algumas tipologias de janela e “Janela em Sacada”, o desempenho luminoso destes espaços de transição em espaços interiores de habitações.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa, baseia-se em um estudo comparativo do desempenho luminoso da “Janela em Sacada”. Portanto estabelecem-se 3 etapas de simulações com 5 modelos de estudo: uma janela simples, uma janela simples com beiral, uma “Janela em Sacada”, uma “Janela em Sacada” com protetores solares laterais, e uma “Janela em Sacada” com um protetor solar tipo beiral. A pesquisa estabeleceu o céu parcialmente nublado para seu desenvolvimento, as quatro orientações principais (Norte, Sul, Leste e Oeste) e os 3 períodos característicos do ano (inverno, primavera e verão). O estudo será desenvolvido em dois ambientes climáticos diferentes: clima quente úmido de litoral e clima temperado mediterrâneo, situados nas cidades de Maceió, Brasil e Valparaíso, Chile, respectivamente.

Os modelos da sala e das “Janelas em Sacada” foram criados por intermédio de um estudo da tipologia de espaços interiores e “Janelas em Sacada” em habitações de empresas construtoras existentes em diferentes cidades do Chile, pelo seu uso massivo e padronizado. Foi utilizada, para o estudo da influência luminosa destes espaços de transição, a ferramenta computacional TropLux (CABÚS, 2008), e o plano de trabalho definiu uma linha de 5 pontos no eixo da sala.

2.1 Definição dos Modelos

2.1.1 Características da Sala de Referência

O uso das “Janelas em Sacada” no Chile é massivo, assim como diverso no desenho de cada um deles, sua configuração é tão variada que é quase impossível chegar a um padrão comum (ver Figura 2-01). Por isto foi escolhido, para desenvolver a pesquisa, um modelo de sala e de “Janela em Sacada” de uma empresa construtora, entendendo que uma construtora desenvolve modelos padronizados para a maioria de seus projetos.



Figura 2-01 – Diversidade de modelos de “Janela em Sacada” no Chile: modelo na cidade (a), modelo na montanha (b) modelo na costa (c).

Fonte: arquivo pessoal da autora (a, b), <http://www.pumahuen.cl> (c).

Atualmente, o uso das “Janelas em Sacada”, na indústria construtora, tem-se desenvolvido em uma grande quantidade de projetos de conjuntos habitacionais, e têm projetado dimensões sempre semelhantes para esta tipologia de janela e seu ambiente. Para o estudo de caso, foram escolhidos os modelos de habitações de uma empresa local (“Construtora GEOSAL”, pertencente ao consórcio SALFA CORP) que possui uma das maiores produções de conjuntos habitacionais do Norte ao Sul do Chile, desde o ano 1997. Tem produzido modelos novos de habitações nos últimos anos, gerando projetos que incluem a “Janela em Sacada” em cada um deles (ver Figura 2-02). O uso das “Janelas em Sacada” em projetos de habitação é baseado nos estudos de mercado que a empresa realiza, onde é observado que a existência deste espaço é de gosto popular e, conseqüentemente, faz aumentar suas vendas (GODOY, 2007) (ver item 1.2.2).

Para esta pesquisa adotou-se um modelo de sala com dimensões e materiais de uma sala de estar padrão (proposta de um projeto imobiliário), onde esse tipo de “Janela em Sacada” normalmente é usado em sua configuração (ver Figura 2-02).



Figura 2-02 – Localização de uma “Janela em Sacada” em uma sala de estar.

Fonte: <http://www.geosal.cl>. Acesso em: junho 2007

O modelo de sala utilizado tem todas as suas dimensões constantes, tanto em seu comprimento, largura, altura e espessura das paredes, para todas as simulações. A dimensão e a localização do vão da janela — tanto para a “Janela em Sacada”, como para a janela simples — também são considerados fatores constantes no estudo.

As dimensões desta sala e do vão são padrões dentro dos projetos de habitação estudados, concluindo o estudo nas seguintes dimensões (ver Figura 2-03):

- Comprimento interior: 4,50m.
- Largura interior: 3,00m.
- Altura interior: 2,30m.
- Espessura da parede: 0,15m.
- Vão da localização da janela: 1,60m de altura e 2,00m de largura.
- Peitoril: 0,50m.

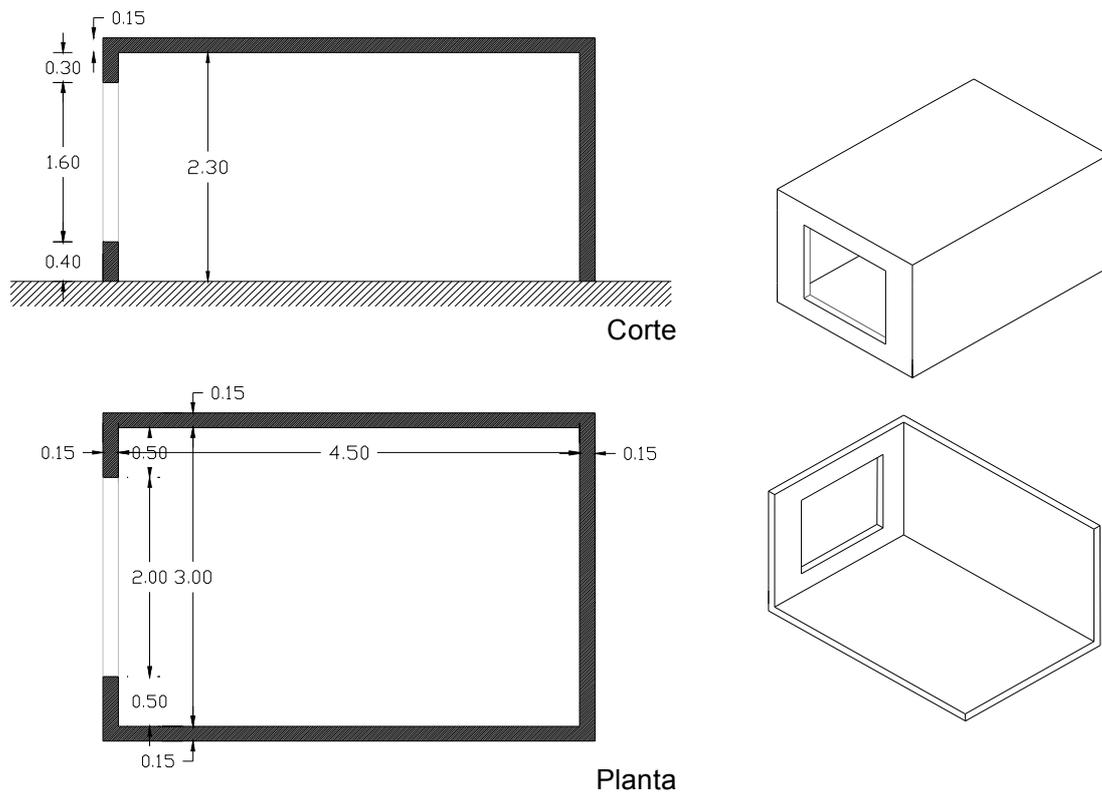


Figura 2-03 – Sala de referência em corte longitudinal, planta e isométrica, externa e interna, mostrando as dimensões e configurações da sala.

2.1.1.1 Refletâncias das superfícies internas da Sala

Os materiais da sala são outro fator constante neste estudo, onde são observados três tipos. Um material de cor creme, em cerâmicas, correspondente ao piso, outra cor é a pintura branca sobre gesso que corresponde ao teto e às paredes internas, e um terceiro, que é geral para todas as superfícies externas, da cor da pintura branca velha (ver Tabela 2-01). E, finalmente, o plano do solo possui uma refletância média de 0,2, cujo valor é padronizado pelo programa computacional utilizado.

Tabela 2-01 – Refletâncias dos materiais empregados na sala de referência.

	PLANOS	CORES	REFLETÂNCIAS
Interior	Piso	Azulejo creme	0,45
	Teto	Pintura Branca sobre gesso	0,80
	Paredes internas	Pintura Branca sobre gesso	0,80
Exterior	Cobertura	Pintura Branca velha	0,55
	Paredes externas	Pintura Branca velha	0,55

Fonte: Baker e Steemers (2002).

Como este estudo é hipotético e utiliza uma sala padrão, definiram-se valores de refletâncias dos materiais propostos em relação às tabelas de refletâncias indicadas por Baker e Steemers (2004) (ver Tabela 2-01).

2.1.2 Características da “Janela em Sacada”

Foi observado que o desenho da “Janela em Sacada” é semelhante em cada projeto imobiliário (no caso da empresa escolhida), sendo usado este modelo de “Janela em Sacada” do Norte ao Sul do país (Chile), em todas as orientações, sem apresentar variações significativas na sua configuração. As diretrizes que geraram este projeto são principalmente baseadas na modulação construtiva da habitação. O bloco de concreto (material principal destas habitações) é um elemento modulador que definiu o comprimento, a largura e a altura do vão. A esta modulação somam-se outras exigências: a altura inferior é definida por um peitoril de 40 cm, gerando uma superfície para se sentar, e a altura superior, chega até a superfície inferior da viga no alto do muro, localizada nos 2 m. Na posição, o vão deve estar localizado no eixo central do espaço da sala. Deste modo, pode-se observar que: “as dimensões desta janela são resultantes de uma soma de exigências, limitadas por um sistema construtivo” (ver Figura 2-04) (GODOY, 2007).



Figura 2-04 – Projeto de habitação para a cidade de Valparaíso, latitude 33°05’.

Fonte: <http://www.geosal.cl>. Acesso em: junho 2007.

Assim as dimensões do vão e a profundidade da sacada da “Janela em Sacada” em estudo são constantes em todas as simulações (ver Figura 2-05).

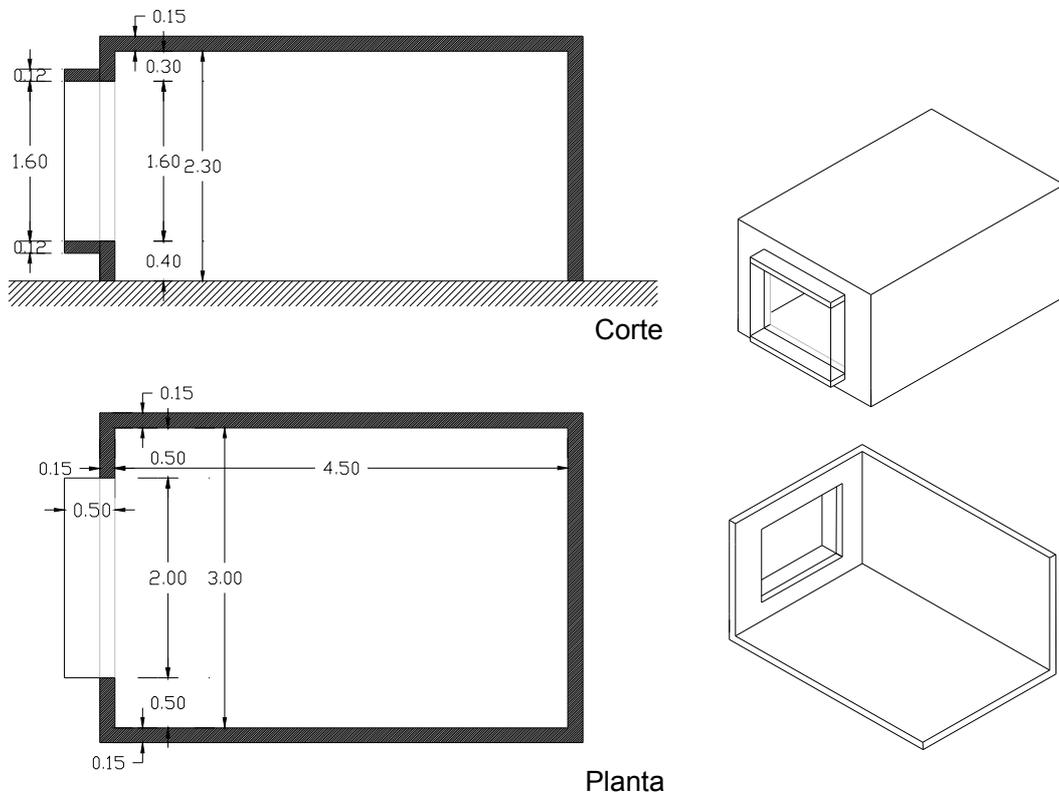


Figura 2-05 – Localização e dimensões da “Janela em Sacada”, mostradas em corte longitudinal, planta e isométrica externa e interna.

Para avaliar o comportamento luminoso com o uso de protetores solares neste tipo de janelas (ver item 1.3), são geradas duas fases de simulações que incluem protetores solares laterais e um beiral (ver Figura 2-06 e 2-07).

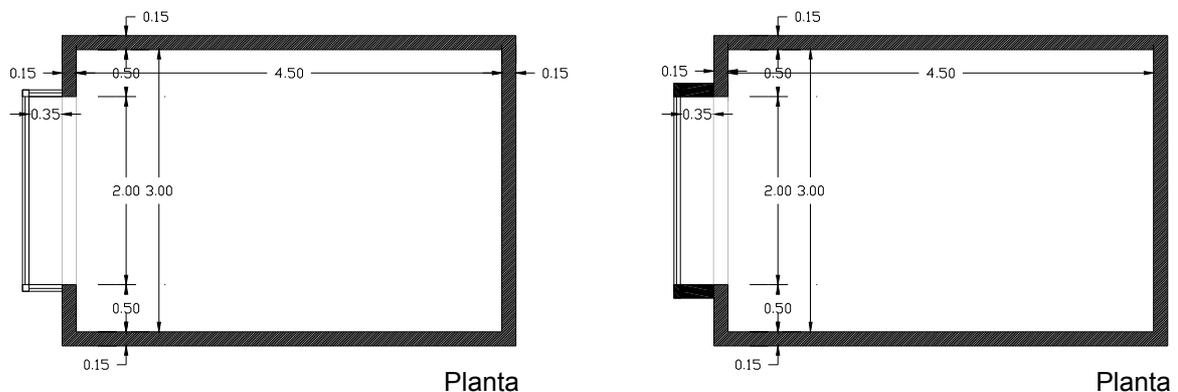


Figura 2-06 – Transparência ou opacidade dos planos laterais da “Janela em Sacada”, em planta.

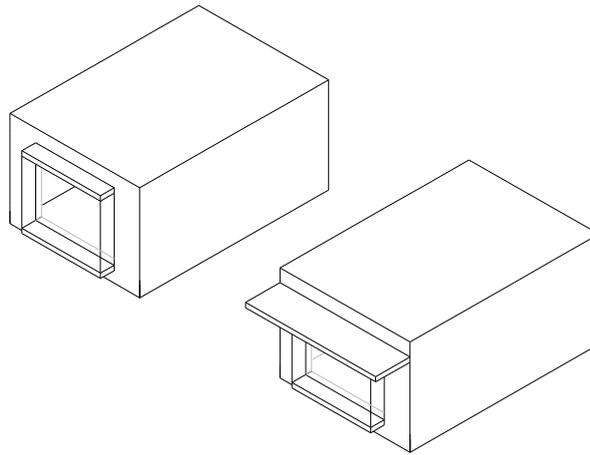


Figura 2-07 – “Janela em Sacada” sem e com o protetor solar, em isométrica.

2.1.2.1 Refletâncias das superfícies internas da “Janela em Sacada”

As propriedades das superfícies do plano superior e inferior da sacada são constantes. Ambos planos são opacos (com refletância difusa) e tem cor de pintura branca sobre gesso no plano superior (mesma características para o modelo com beiral) e com cor de madeira clara no plano inferior. Por outra parte, baseando-se na janela como um elemento de materialidade simples e econômica, é utilizado o vidro simples transparente de 6 mm para o plano frontal, em todos os modelos. As superfícies exteriores dos planos opacos que compõem o volume da sacada são de cor de pintura branca velha.

O único fator variável dos materiais da “Janela em Sacada” é a característica dos planos laterais que compõem o volume da sacada. São definidas duas possibilidades, a primeira vidro 6mm (planos transparentes) e a segunda cor de pintura branca sobre gesso (planos opacos) (ver Tabela 2-02).

Tabela 2-02 – Refletâncias e transmitâncias dos materiais empregados na "Janela em Sacada".

	MATERIAIS	CORES	REFLETÂNCIAS		TRANSMITÂNCIAS	
			Difusa	Especular	Difusa	Regular
Interior	Plano superior	pintura branca sobre gesso	0,80	-	-	-
	Plano inferior	madeira clara	0,35	-	-	-
	Plano frontal	vidro simples 6mm	-	0,08	-	0,88
	Plano lateral* transp.	vidro simples 6mm	-	0,08	-	0,88
	Plano lateral* opaco	pintura branca sobre gesso	0,80	-	-	-
Exterior	Plano superior	pintura branca velha	0,55	-	-	-
	Plano inferior	pintura branca velha	0,55	-	-	-
	Plano lateral* opaco	pintura branca velha	0,55	-	-	-

Fonte: Baker e Steemers (2002).

As refletâncias dos materiais utilizados na configuração da "Janela em Sacada" também foram definidas por meio de valores das tabelas indicadas por Baker e Steemers (2002).

2.2 Seleção da Ferramenta de Simulação: o Programa TropLux

Para realizar os estudos de iluminação, foi escolhida a simulação computacional. Foi escolhido o software TropLux versão 3.12beta, atualizado no ano 2008 (CABÚS, 2008).

A metodologia aproveita principalmente algumas características do software como o processamento da arquitetura com geometria complexa, as distribuições de luminância de céu padronizadas pela IES e CIE (Comissão Internacional de Iluminação, padrão utilizado nesta pesquisa); e a obtenção de valores da iluminância separada segundo a fonte de contribuição, solar e de céu, em até 4 componentes, em função da trajetória da luz entre a fonte e o alvo (CABÚS, 2006). Isto permite um maior detalhamento para a análise dos modelos, assim como uma maior precisão nos resultados obtidos.

Além disso, o TropLux permite que se configure o tipo de refletância das superfícies, podendo ser criadas superfícies difusas, especulares e mistas, bem como opacas, transparentes e translúcidas (CABÚS, 2005). No presente trabalho, com exceção do vidro de janela simples,

e o vidro da “Janela em Sacada”, a reflexão de todas as superfícies é configurada como perfeitamente difusa, cujas propriedades já foram descritas no item 2.1.1.1 e 2.1.2.1.

Para as simulações foi definida uma margem de erro de 5% no processamento, para entregar os resultados com maior de confiança (CABÚS, 2002, 2005).

As saídas do software mostram os resultados por meio de tabelas definidas por variáveis de azimute, dia do ano, hora do dia e tipo de céu, indicando o valor global de iluminâncias, além de seus componentes. (ver Tabela 2-03). Os resultados também podem ser exportados mediante 5 tipos de gráficos. O gráfico utilizado para a análise nesta pesquisa foi o de iluminâncias segundo componentes (ver Gráfico 2-01). Os resultados entregues pelo software foram utilizados para a elaboração de novas tabelas e gráficos.

Tabela 2-03 – Saídas do programa TropLux v3.12beta: em forma de tabelas.

Fonte: Cabús (2008).

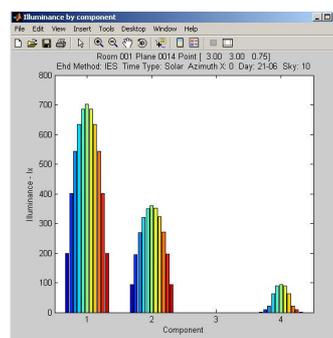


Gráfico 2-01 – Saídas do programa TropLux v3.12beta: resultados mostrados na forma de gráfico de iluminâncias versus componente. Fonte: Cabús (2008).

2.3 Parâmetros das simulações

2.3.1 Modelos de estudo

Os resultados são apresentados de forma sequencial, segundo a cidade correspondente, e cada um deles está subdividido nas três fases de simulação apresentadas na metodologia (ver item 2.3). Deste modo, obtê-se um estudo global em cada cidade e, ao final, é apresentada uma comparação do desempenho luminoso entre as duas situações climáticas no capítulo das Conclusões.

A tipologia descrita na metodologia estabeleceu três fases de simulação que definiram: 1 sala de estudo, 1 janela simples, 1 janela simples com beiral, 4 tipologias de “Janela em Sacada” e 1 tipologia de “Janela em Sacada” com beiral (ver item 1.3) (ver Tabela 2-04).

Tabela 2-04 – Fases de Simulação e os Modelos estabelecidos.

FASES DE SIMULAÇÃO E MODELOS ESTABELECIDOS								
Simulação	Características							
	Modelos	Dimensões			Dimensões Beiral			Características especiais
		comprimento	largura	altura	comprimento	largura	altura	
S1	Janela Simples	–	2,00m	1,60m	–	–	–	
	Janela Simples com Beiral	–	2,00m	1,60m	2,00m	0,35m	0,12m	
	Janela em Sacada (a)	0,35m	2,00m	1,60m	–	–	–	Ambos os planos laterais transparentes.
S2	Janela em Sacada (a)	0,35m	2,00m	1,60m	–	–	–	Ambos os planos laterais transparentes.
	Janela em Sacada (b)	0,35m	2,00m	1,60m	–	–	–	Ambos os planos laterais opacos.
S3	Janela em Sacada (a)	0,35m	2,00m	1,60m	–	–	–	"Janela em Sacada" simples sem beiral.
	Janela em Sacada (c)	0,35m	2,00m	1,60m	3,30	1,42m	0,12m	"Janela em Sacada" simples com beiral.

2.3.2 Cidades em estudo

Todas as simulações foram realizadas para as cidades de: Maceió, Brasil (latitude 9°40`S e longitude 35°42`O) e Valparaíso, Chile (latitude 33°05`S e longitude 71°63`O).

2.3.3 Padrão de Céu escolhido: céu parcialmente nublado

A escolha do tipo de céu foi baseada no estudo climático das cidades de Maceió e Valparaíso, onde, segundo a bibliografia referenciada, o céu predominante é o parcialmente nublado (ver item 1.4 e Anexo A). Para isto foi adotado o modelo de céu CIE 10 para a totalidade das simulações, segundo a pesquisa de Cabús (2002).

2.3.4 Azimute

Procurando estudar as principais orientações, foram escolhidas quatro orientações para a realização das simulações 1 e 2, em todos seus modelos de janelas: Norte, Oeste, Sul e Leste (relacionados aos Azimutes 180, 90, 0 e 270, respectivamente). No entanto, no caso da Simulação 3, determinou-se a realização do estudo só nas orientações Norte e Sul (Azimutes 180 e 0) para Maceió e só na orientação Norte para Valparaíso (Azimute 180) (ver item 1.3).

2.3.5 Data

Em razão da rapidez de cálculo do software TropLux v3.12beta, desenvolveram-se as simulações para 3 períodos do ano: inverno, primavera e verão. O período de outono foi eliminado já que é observada a mesma trajetória solar e iguais resultados em relação ao período da primavera. Com a finalidade de enfatizar as qualidades luminosas e fazer uma leitura mais clara dos resultados observados, os períodos do ano foram definidos agrupando os dias em torno do solstício de inverno (21/06), do equinócio (21/09) e o solstício de verão (21/12), sendo aproximadamente 45 dias antes e 46 dias depois das datas. Com esta distribuição, e como o ano tem 365 dias, ficou o período de inverno com um dia a mais, mas

como o calculado é a média dos valores do período, este dia a mais não apresenta influência significativa.

2.3.6 Horário

O horário estabelecido para as simulações, no software TropLux 3.12, é relacionado com o tempo solar, de modo que a pesquisa foi feita por meio do estudo da disponibilidade de luz do Sol, sem ter importância a diferença de horário entre temporada de verão e inverno, ou entre as cidades estudadas. Portanto, os horários escolhidos são das 07 até às 17 horas, procurando atingir a maior quantidade de horas com disponibilidade de luz natural em ambas as cidades, o que ajudou no estudo comparativo final desta pesquisa.

2.3.7 Plano de Trabalho

O estudo realiza-se em uma linha formada por 5 pontos equidistantes a uma distância de 0,9m, localizada no eixo central do ambiente, numa altura de 0,75m no plano de trabalho, como mostra a Figura 2-08. A definição do plano de trabalho se dá de acordo com o que foi assinalado por Hopkinson et al., (1980), como um plano de estudo normalmente horizontal e com uma altura escolhida que dependerá da natureza da tarefa visual; no caso deste estudo, a altura de uma mesa.

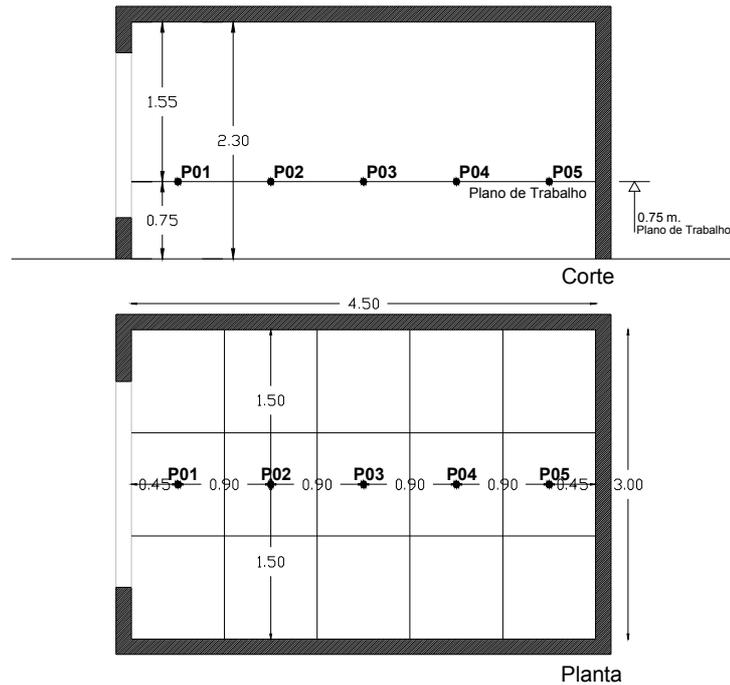


Figura 2-08 – Localização do plano de trabalho e organização da malha de pontos para realização das simulações, no corte e na planta.

A linha de pontos, que se mostra no corte transversal da Figura 2-08, é definida pela seguinte nomenclatura: P01, P02, P03, P04 e P05, que relaciona de modo correlativo a distância do ponto com a janela, segundo a Tabela 2-05.

Tabela 2-05 – Nomenclatura dos pontos segundo a distância.

Ponto	P01	P02	P03	P04	P05
Distância	0,45m	1,35m	2,25m	3,15m	4,05m

2.4 Etapas de Simulações

As simulações são realizadas em 3 etapas detalhadas a seguir:

2.4.1 Simulação 1: “Janela em Sacada” versus Janela simples

A simulação 1 corresponde ao desempenho luminoso da “Janela em Sacada” simples (ver Figura 2-09,a) e de os dois modelos de janela simples. O primeiro é uma janela simples (ver Figura 2-09,b) e o segundo, uma janela simples com beiral (ver Figura 2-09,c). Isto permite comparar o comportamento do desempenho luminoso dos modelos de janelas propostos, por meio das iluminâncias e sua distribuição nos pontos que compõem o eixo de estudo.

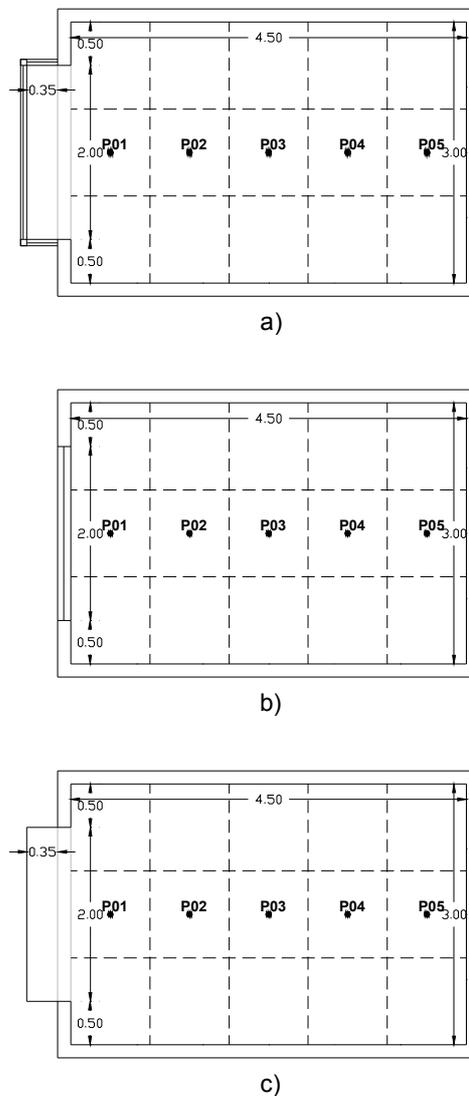


Figura 2-09 – Modelos para simulações: “Janela em Sacada” versus janela simples e “Janela em Sacada” versus janela simples com beiral: Planta Modelo de “Janela em Sacada”, com malha de estudo de 5x1 (a); Planta Modelo de janela simples, com malha de estudo 5x1 (b); Planta Modelo de janela simples com beiral, com malha de estudo 5x1 (c).

2.4.2 Simulação 2: "Janela em sacada" com planos laterais opacos

Na simulação 2 realiza-se a comparação do desempenho luminoso de uma "Janela em Sacada" com planos laterais opacos (refletividade difusa) e uma "Janela em Sacada" com planos laterais transparentes (vidro simples 6 mm). Isto permite estudar as variações do desempenho luminoso, decorrente da utilização de protetores solares laterais, entre os modelos de "Janelas em Sacada" propostos (ver Figura 2-10).

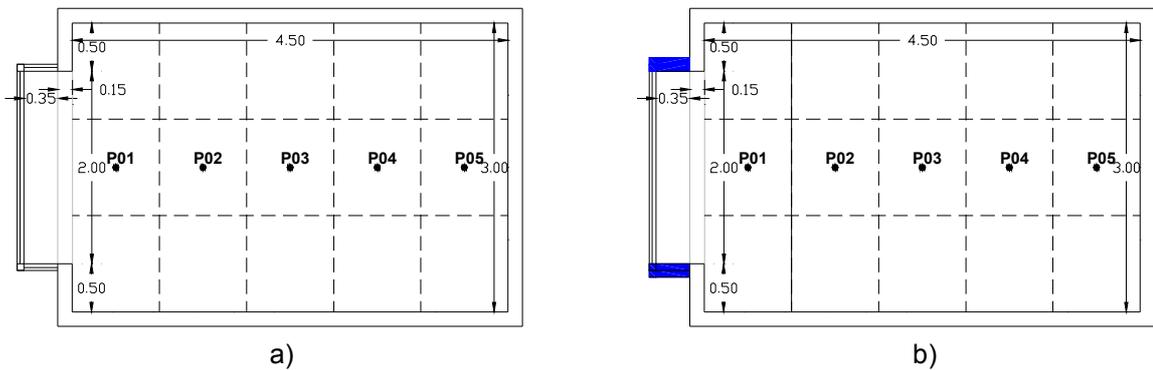


Figura 2-10 – Modelos para simulações: 2 exemplos com diferente materialidade nos planos laterais. "Janela em Sacada" com ambos os planos laterais transparentes (a); "Janela em Sacada" com ambos os planos laterais opacos (b).

2.4.3 Simulação 3: "Janela em sacada" com beiral

Na simulação 3 estuda-se o desempenho luminoso relativo de uma "Janela em Sacada" com beiral. Portanto, realiza-se a comparação do desempenho luminoso entre uma "Janela em Sacada" com beiral e uma "Janela em Sacada" (ver Figura 2-11).

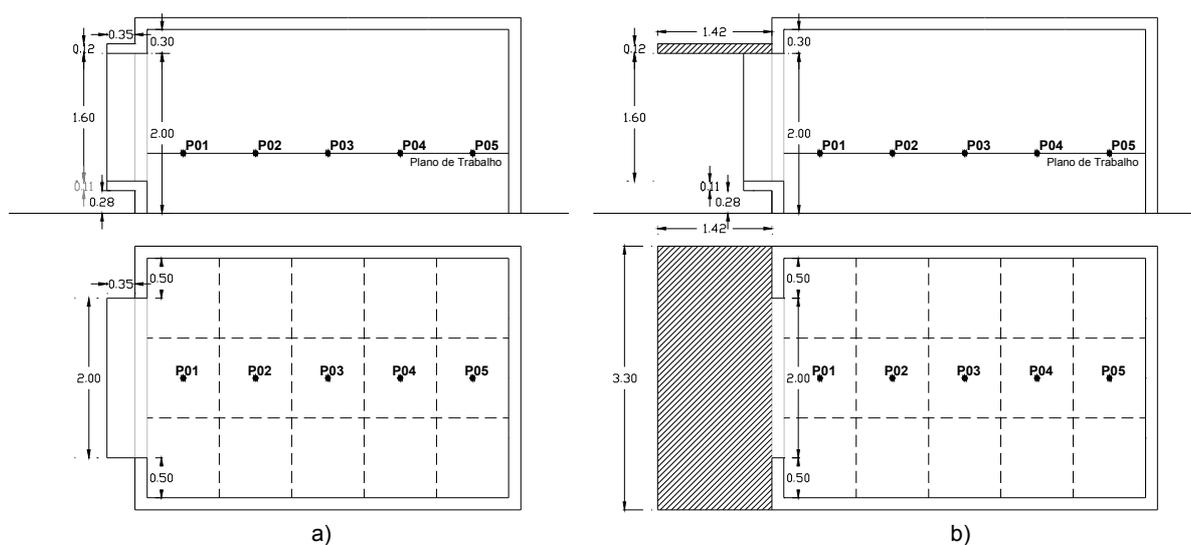


Figura 2-11 – Modelos de “Janela em Sacada” simples e “Janela em Sacada” com beiral para a fase 3 das simulações (corte e planta). “Janela em Sacada” sem beiral (a), “Janela em Sacada” com beiral (b).

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi escolhido o beiral como dispositivo de proteção solar horizontal e vertical, podendo ser um elemento constitutivo da configuração de uma “Janela em Sacada”, na forma de extensão da superfície superior.

O beiral é uma estratégia de proteção solar efetiva unicamente nas Orientações Norte e Sul, segundo a latitude. Na cidade de Maceió, estas orientações correspondem às trajetórias solares predominantes nos períodos de inverno e verão, respectivamente. Por outra parte, as trajetórias solares para a latitude da cidade de Valparaíso são observadas na orientação Norte, sendo útil a utilização deste elemento de controle solar só nesta orientação. Assim, e segundo o anteriormente descrito, são simulados e analisados os modelos de “Janela em Sacada” com beiral só nas orientações Norte e Sul para a cidade de Maceió, e só na orientação Norte para a cidade de Valparaíso; descartando o estudo nas orientações Leste e Oeste (ver item 1.3 e 1.4).

Para efeitos das simulações, definiu-se uma dimensão fixa de comprimento de beiral. Esta dimensão foi determinada pelo estudo da trajetória solar, de modo a gerar uma proteção ao ambiente da radiação direta, nos horários ao redor do meio-dia. Deste modo, o ângulo da altura solar observado na cidade de Maceió, no solstício de inverno (menor altura solar do ano

todo) na orientação Norte, foi definidor da dimensão da sacada do beiral, garantindo a proteção do ambiente no mesmo período do dia para todo o ano nesta cidade, além da proteção do ambiente no período de verão para a cidade de Valparaíso (ver Figura 2-12).

Portanto, o beiral de 1,42m de largura é útil para proteger nas orientações Norte e Sul nos horários em torno do meio-dia para a cidade de Maceió, como mostra a Figura 3-13. Esta largura também garante a proteção solar nos horários do meio-dia da cidade de Valparaíso no período de primavera e verão (ver Figura 2-12), segundo os requerimentos estabelecidos no item 1.3 .

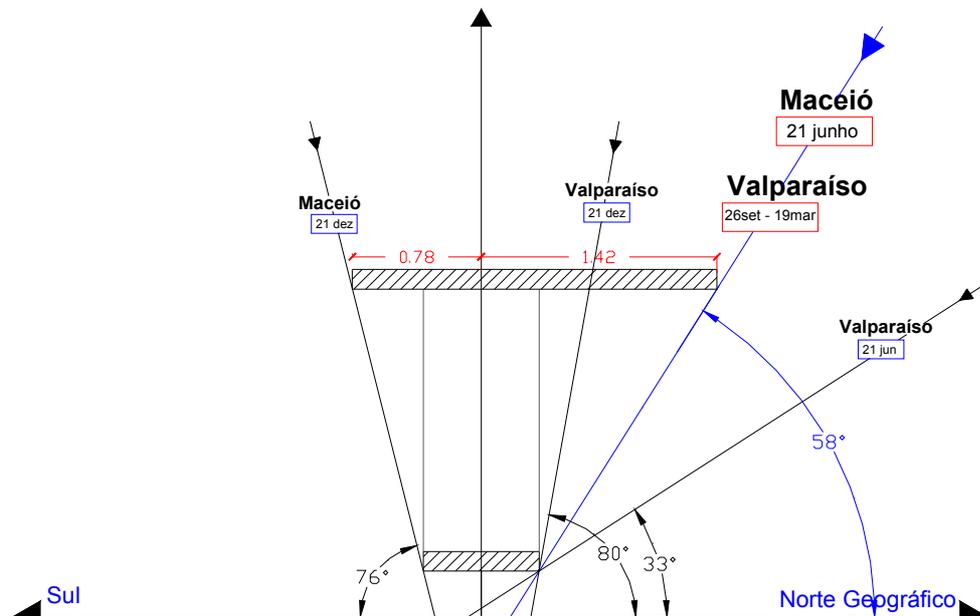


Figura 2-12 – Angulo de proteção solar às 12h nas orientações Norte e Sul, e dimensões do beiral da “Janela em Sacada” para a cidade de Maceió e Valparaíso.

2.5 Apresentação dos Resultados

As tabelas e gráficos são gerados após exportar e tabular os resultados das tabelas de saída de iluminâncias, geradas pelo programa TropLux v3.12beta (CABÚS, 2008) (ver Tabela 2-03 e Gráfico 2-01). Os resultados são analisados quanto ao ponto da seção anteriormente estabelecida (ver Figura 2-13), e separados segundo a orientação, horários e período do ano definidos na metodologia (ver capítulo 2.3).

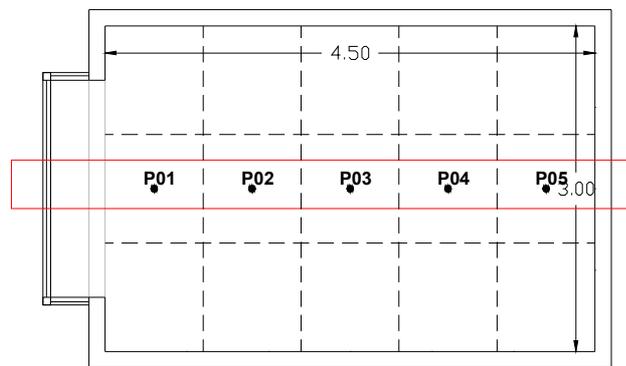


Figura 2-13 – Seção transversal escolhida para o estudo dos modelos.

Para compreender a influência da utilização da “Janela em Sacada” na iluminação natural na sala escolhida, foram geradas tabelas e gráficos da variação percentual entre as iluminâncias das janelas estudadas, segundo a seção transversal no centro do ambiente (ver Figura 1-13, Tabela 2-03 e Gráfico 2-01). Para estabelecer a variação percentual relativa entre as janelas estudadas, utilizou-se a seguinte equação:

$$VP(\%) = [(a/b) - 1] * 100 \quad [\text{Eq. 3-01}]$$

Onde se definem **VP**: variação percentual; **a**: a janela em estudo (“Janela em Sacada”, sem e com protetores solares); **b**: a janela referenciada.

Para cada etapa de simulação são apresentados os gráficos e tabelas discutidos a seguir:

A primeira tabela apresenta o desempenho luminoso anual médio e as respectivas variações percentuais, observadas entre duas janelas, segundo a distância do ponto à abertura, nas orientações escolhidas (ver Tabela 2-06).

Tabela 2-06 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre janelas, nas orientações e pontos estudados.

	NORTE					LESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela 1										
Janela 2										
variação										
	SUL					OESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela 1										
Janela 2										
variação										

Posteriormente, apresentam-se quatro gráficos (ver Gráfico 2-02) que mostram, de forma separada para cada orientação, a informação anual da tabela anterior segundo o período do ano, indicando as variações percentuais da média diária das iluminâncias entre duas janelas segundo o ponto de avaliação.

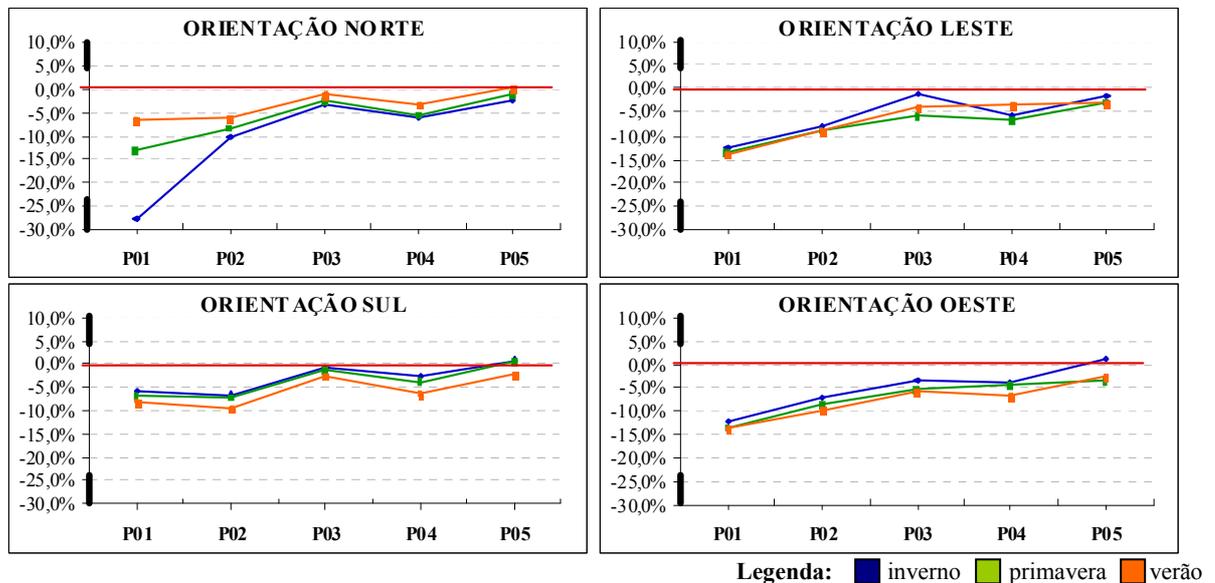


Gráfico 2-02 – Exemplo de gráficos da variação percentual do desempenho luminoso entre janelas, mediante a média das horas do dia por período do ano, nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.

A segunda tabela gerada apresenta a variação do desempenho luminoso relativo para dois tipos janelas segundo as médias das iluminâncias do período do ano, segundo as horas do dia e os pontos do eixo (ver Tabela 2-07). As maiores variações de desempenho são destacadas com cores, para uma melhor leitura e análise da tabela.

Tabela 2-07 – Tabela do acréscimo percentual do desempenho luminoso relativo entre duas janelas segundo as orientações escolhidas x período do ano, hora e ponto.

ORIENT.	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00															
8:00															
9:00															
10:00															
11:00															
12:00															
13:00															
14:00															
15:00															
16:00															
17:00															

Para complementar a informação, em anexo são apresentados gráficos que indicam o valor e comportamento, na seção central da sala, com base nas iluminâncias médias do período do ano por hora do dia (ver Gráfico 2-03). Estas informações são selecionadas por tipologia de janela e orientação.

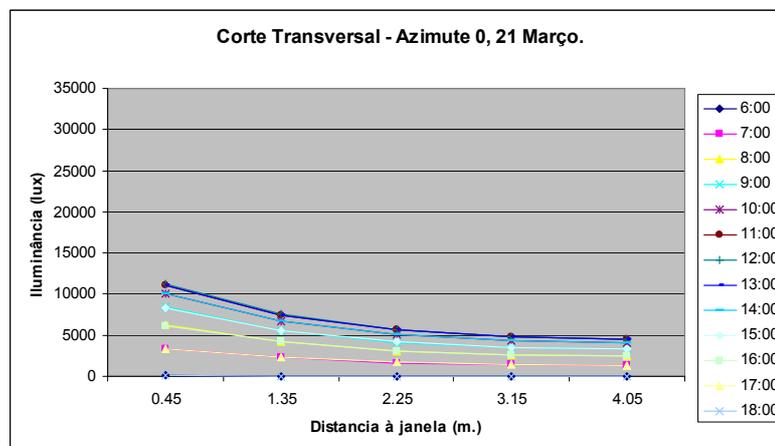


Gráfico 2-03 – Modelo (exemplo) de gráfico de iluminâncias na seção transversal da sala, observando-se a distribuição e o valor das iluminâncias.

Com a finalidade de possibilitar um entendimento mais detalhado dos resultados, utilizaram-se também gráficos de detalhamento segundo os componentes das iluminâncias observadas nos pontos analisados, de apenas só três deles: ponto P01, P03 e P05. Estes gráficos são apresentados segundo o dia característico de cada período: solstício de inverno (21/06), equinócio (21/09) e solstício de verão (21/12). Deste modo, pode-se analisar a ausência e a presença da componente direta do Sol no ambiente, assim como também visualizar as iluminâncias através de seus componentes: 1 - luz direta do céu, 2 - luz refletida do céu, 3 - luz direta do Sol e 4 - luz refletida do Sol (ver Gráfico 2-04).

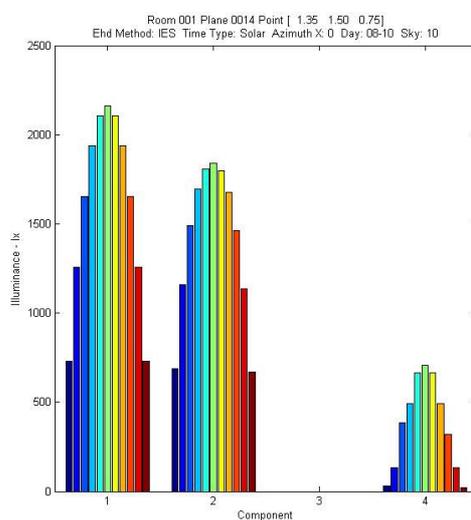


Gráfico 2-04 – Exemplo de gráfico de detalhamento das componentes da luz, segundo a Tabela 3-04, para cada ponto da malha, observando-se a presença e os níveis de luz direta de céu (1), refletida de céu (2), direta de Sol (3) e refletida de Sol (4).

Fonte: Cabús (2007).

3. RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados das simulações estabelecidas, segundo a metodologia escolhida. Deste modo, busca-se estabelecer a influência luminosa das “Janelas em Sacada” em espaços interiores de habitações em dois climas: quente semi-úmido e temperado mediterrâneo, mediante a comparação destas com uma janela simples e uma janela com beiral. E ainda far-se-á o mesmo trabalho aqui mencionado em modelos da “Janela em Sacada” com protetores solares verticais e horizontais.

O presente capítulo está dividido em duas etapas. A primeira etapa apresenta e analisa os dados coletados na cidade de Maceió, Brasil, e a segunda etapa apresenta os dados da cidade de Valparaíso, Chile. Cada uma destas etapas está subdividida em três fases de estudo: simulação 1, 2 e 3, da forma em que foram apresentadas na metodologia (ver item 2.3 do capítulo anterior).

3.1 Etapa 1: O desempenho luminoso de uma “Janela em Sacada” na cidade de Maceió, Brasil

Nesta etapa, são apresentados e analisados os resultados das simulações feitas na cidade de Maceió, através do software TropLux versão 3.12. Os dados analisados procuram realizar uma avaliação do desempenho luminoso de uma “Janela em Sacada” em três fases de simulações.

Na primeira fase, o estudo estabelece uma comparação entre o desempenho luminoso de uma “Janela em Sacada” e uma janela simples, assim como também de uma janela com beiral, com o mesmo tamanho e posição da abertura. A segunda fase analisa a influência dos protetores solares verticais em uma “Janela em Sacada”, utilizando planos opacos em ambos os planos laterais da configuração da “Janela em Sacada”. A terceira fase estuda a influência

dos protetores solares horizontais, mediante a análise do desempenho luminoso de uma “Janela em Sacada” com beiral.

Para cada fase, os valores obtidos (iluminâncias) foram relacionados de forma percentual, obtendo-se sua variação, por meio de gráficos e tabelas, entre as janelas estudadas. Primeiro analisou-se a média anual das iluminâncias e sua variação percentual, nas quatro orientações escolhidas, a fim de facilitar a análise comparativa dos dados. A partir desses agrupamentos, analisaram-se também as relações percentuais da média das horas do dia dos três períodos característicos do ano (inverno, primavera e verão), segundo as orientações escolhidas. E, finalmente, apresentaram-se as médias dos períodos segundo as horas para as quatro orientações estudadas.

Estes resultados simplificados e suas respectivas análises estão apresentados a seguir.

3.1.1 Simulação 1: “Janela em Sacada” versus Janela simples

A “Janela em Sacada” foi comparada com duas janelas, uma simples e uma simples com beiral.

3.1.1.1 “Janela em Sacada” versus Janela simples

A Tabela 3-01 apresenta as médias anuais das iluminâncias da “Janela em Sacada” e a janela simples e suas relações percentuais, segundo o ponto no plano de trabalho (em relação à distância da janela).

Nela, mostra-se, como é esperado, que ambas as janelas apresentam maiores iluminâncias na área perto da abertura, que diminuem à medida que aumenta a distância da janela. Entretanto, a variação percentual sempre é negativa, com um maior decréscimo percentual na área perto da abertura (entre -8,1% e -30,4%), e ocorre uma elevação do desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” à medida em que o ponto se afasta da janela (até -

1%). Os decréscimos ocorrem pela obstrução da radiação solar direta que produz o plano superior da “Janela em Sacada” e a perda de visão de céu que causa esta configuração de janela.

A orientação Norte apresenta os maiores decréscimos e a orientação Sul os menores.

Tabela 3-01 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” e a janela simples, nas orientações e pontos estudados.

	NORTE					LESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada	7785	3483	2373	1812	1687	9461	4423	2666	2024	1872
janela simples	11187	3839	2459	1941	1728	12305	4827	2792	2162	1929
variação	-30,4%	-9,3%	-3,5%	-6,6%	-2,3%	-23,1%	-8,4%	-4,5%	-6,4%	-3,0%
	SUL					OESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada	5949	2962	2025	1564	1471	9451	4413	2607	2014	1859
janela simples	6474	3220	2067	1644	1486	12283	4822	2754	2134	1908
variação	-8,1%	-8,0%	-2,0%	-4,9%	-1,0%	-23,1%	-8,5%	-5,3%	-5,6%	-2,6%

O Gráfico 3-01 mostra a relação percentual das iluminâncias médias por período entre uma “Janela em Sacada” e uma janela simples, versus os distanciamentos em relação à abertura, nas quatro orientações estabelecidas. Dele, pode-se observar que em geral todos os períodos, por orientação, têm um desempenho semelhante, com um maior decréscimo nos primeiros pontos e um menor nos últimos, corroborando com a variação anual mostrada na Tabela 3-01.

Em geral, os maiores decréscimos que se mostram no ponto 01, ocorrem entre -5,5% e -13%, com um comportamento fora do padrão, no inverno da orientação Norte, de -28%. No entanto, no ponto 05, os decréscimos apresentam-se desde -3,6% até pequenos acréscimos de 1,2%. Nas orientações Norte e Sul os períodos com maiores decréscimos relacionam-se com a disponibilidade de radiação solar direta (pelo bloqueio que faz o plano superior da “Janela em Sacada”), no inverno e na primavera na orientação Norte e no verão na Sul. Já nas orientações Leste e Oeste, o desempenho é semelhante entre os períodos do ano, com maiores decréscimos na primavera na orientação Leste e no verão na Oeste (ver Apêndice A).

Portanto, a “Janela em Sacada” tem, em geral, um menor desempenho luminoso relativo ao da janela simples, em todos os períodos, exceto no ponto final da sala em alguns deles.

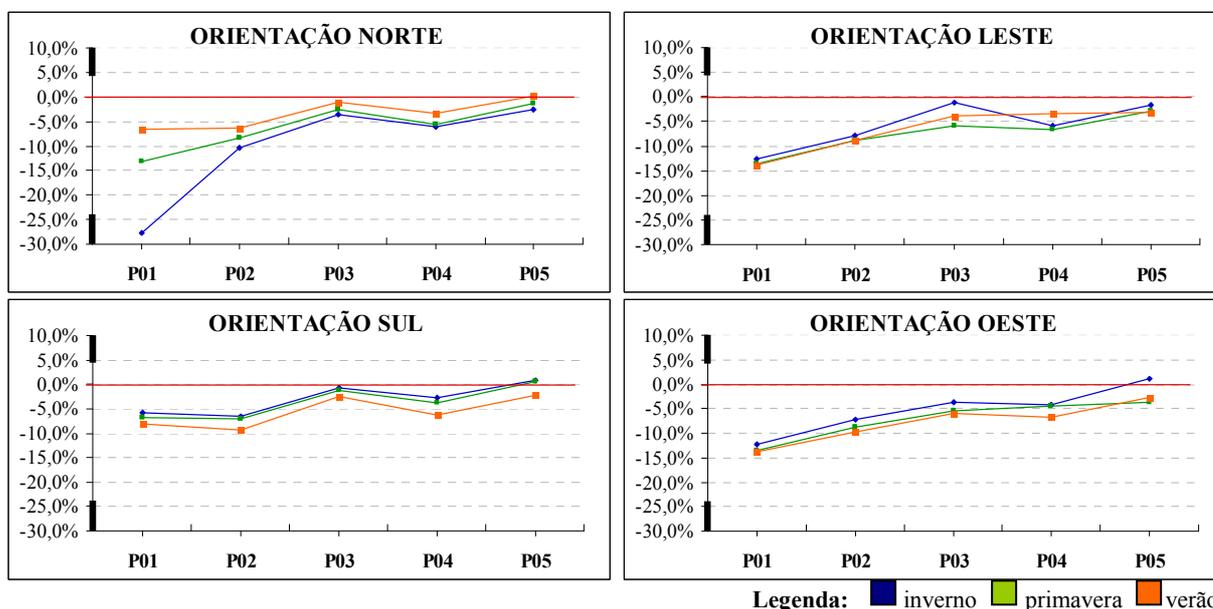


Gráfico 3-01 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” e a janela simples por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.

Na Tabela 3-02 mostra-se os valores médios por horário, do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” relativo à janela simples, orientada ao Norte, segundo o ponto de distanciamento até a janela. Esta orientação apresenta os maiores decréscimos médios desta fase de simulação.

Nela observa-se que os decréscimos, menores de -10%, ocorrem sobretudo nas horas em torno do meio-dia, nos pontos mais próximos da abertura, principalmente nos períodos de inverno e de primavera. Esta diminuição ocorre nos pontos próximos à abertura e, nestes períodos, pela obstrução da radiação solar direta devido ao plano superior desta janela, a radiação que entra na sala no caso da janela simples. O máximo decréscimo chega a 68,5% ao meio-dia de inverno no ponto 01, e relaciona-se com os 12.933lx da “Janela em Sacada” e os 41.101lx da janela simples.

No entanto, os valores positivos apresentam-se nas horas da manhã e da tarde, principalmente nos pontos do final da sala, em todos os períodos, observando-se também nos

primeiros pontos no período de inverno. Isto pode ser produto da reflexão da radiação solar no plano inferior da “Janela em Sacada” e nas paredes da sala. O máximo acréscimo chega a 7,6%, na manhã da primavera no ponto 05, de acordo com a relação entre os 1.265lx observados para a “Janela em Sacada” e os 1.175lx para janela simples (ver Tabela 3-02 e Apêndice C).

Tabela 3-02 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada”, comparada com uma janela simples na orientação Norte versus período, hora e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-2,0	-5,3	-0,5	-1,3	1,0	-3,5	-6,1	0,0	-2,4	1,2	-4,3	-6,4	-0,8	-2,3	0,8
8:00	-0,7	-11,8	-0,8	-3,7	0,9	-3,4	-6,4	2,0	-4,2	7,6	-4,4	-6,1	0,5	-3,1	0,6
9:00	5,8	-10,5	-2,1	-5,7	-7,2	-5,1	-8,7	-1,6	-1,6	-2,9	-5,6	-1,7	-1,0	-0,4	0,6
10:00	-63,1	-11,0	-2,4	3,7	0,6	-25,4	-10,0	-7,7	-9,0	-5,3	-7,7	-6,7	-1,1	-4,2	-0,3
11:00	-67,9	-12,7	-14,0	-7,9	-2,6	-17,7	-8,8	-3,8	-9,9	-4,6	-9,5	-8,2	-3,1	-6,0	-1,8
12:00	-68,5	-12,4	-5,1	-19,0	-5,9	-16,9	-10,4	-6,8	-8,3	-8,9	-9,0	-6,9	-1,7	-4,8	-0,8
13:00	-68,2	-17,9	-2,0	-14,6	-1,7	-29,5	-11,3	-7,3	-13,4	-3,6	-9,0	-8,0	-2,8	-5,7	-1,5
14:00	-47,8	-11,3	-5,5	-10,4	-12,0	-30,8	-9,7	-1,5	-7,2	-0,3	-9,5	-9,3	-3,4	-3,3	-1,9
15:00	6,4	-8,6	-3,9	-5,0	2,3	-5,2	-7,3	-1,4	-2,0	-0,4	-5,2	-3,9	-0,6	-1,5	1,3
16:00	3,7	-5,8	-4,1	-2,5	-5,4	-2,7	-5,2	-0,2	-2,2	0,6	-4,1	-5,4	2,6	-2,3	3,4
17:00	-1,6	-7,1	-0,4	-0,4	2,4	-3,2	-7,2	-0,2	-1,6	2,4	-4,3	-6,4	0,5	-2,5	2,0

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; 00: n.º máx e mín da tabela; 00: n.º máximo do período, positivo e negativo; 00: n.º mínimo do período, positivo e negativo.

Na orientação **Sul**, os maiores decréscimos ocorrem em torno do meio-dia nos primeiros pontos da sala. Os maiores valores se produzem no verão pela obstrução da radiação solar direta que produz o plano superior da “Janela em Sacada”; no entanto, no caso do inverno, os decréscimos são menores e mais uniformes pela presença só de radiação refletida.

O máximo de decréscimo ocorre às 13h no ponto 01 no verão, e tem um valor de -14,5% (10.023lx da “Janela em Sacada” versus 11.727lx da janela simples).

Os acréscimos situam-se entre os valores de 0,2% a 10%, e apresentam-se principalmente nas manhãs e tardes no centro e final da sala, nos períodos de primavera e verão, e durante todo o dia no inverno (ver Tabela 3-03). Os maiores acréscimos podem produzir-se pela

reflexão da radiação solar direta, no plano inferior da “Janela em Sacada” (no caso das manhãs e tardes, na primavera e verão).

Exemplo disto é que no verão também é observado o maior acréscimo, de 10%, durante a tarde no ponto 05 (1.524lx da “Janela em Sacada” versus 1.385lx da janela simples) (ver Tabela 3-03 e Apêndice C).

Tabela 3-03 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Sul versus período, hora e ponto.

Sul	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-4,6	-7,3	-0,6	-2,5	1,7	-3,6	-7,3	0,0	-1,7	2,2	-2,9	-7,1	-3,2	-3,1	2,1
8:00	-5,0	-7,1	-0,5	-2,5	1,4	-3,6	-4,6	1,0	-1,7	1,6	-2,7	-6,8	-2,8	-4,2	-2,9
9:00	-5,6	-6,7	-0,6	-2,4	1,2	-5,6	-6,3	-0,7	-0,2	1,8	-7,7	-8,8	-2,7	-4,5	-3,1
10:00	-6,4	-6,5	-0,7	-2,7	0,9	-9,5	-8,7	-3,0	-4,8	-3,0	-12,6	-10,8	1,3	-5,5	2,3
11:00	-7,0	-6,4	-0,8	-2,8	0,7	-10,3	-8,8	-3,4	-8,8	-1,6	-14,1	-10,1	-6,4	-13,6	-1,1
12:00	-7,2	-6,4	-0,9	-2,9	0,6	-10,3	-8,0	-2,5	-5,2	-1,3	-13,2	-9,6	-5,4	-2,7	-10,8
13:00	-7,1	-6,3	-0,9	-2,9	0,6	-10,8	-9,7	-3,2	-7,3	-2,0	-14,5	-9,5	-4,4	-8,4	-8,5
14:00	-6,5	-6,3	-0,9	-2,8	0,6	-8,2	-7,1	-3,1	-4,3	-0,6	-9,6	-11,9	-9,9	-13,3	-7,6
15:00	-5,3	-6,2	-1,0	-2,8	0,3	-6,0	-4,6	-0,2	-0,4	1,8	-4,5	-12,3	0,2	-1,9	-6,6
16:00	-5,0	-6,5	0,8	-3,0	0,5	-3,7	-5,9	1,2	-3,4	6,2	-4,6	-8,3	3,0	-6,7	10,0
17:00	-4,8	-6,8	-0,8	-2,6	0,9	-3,7	-6,2	-0,1	-2,5	1,5	-3,4	-8,0	3,8	-4,3	0,1

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

As Tabelas 3-04 e 3-05 apresentam os valores por horário e período, das orientações *Leste* e *Oeste*.

Os maiores decréscimos, em ambas as orientações, ocorrem nas horas com radiação direta, em todos os períodos: nas manhãs em toda a sala, na orientação Leste, e nas tardes, também em toda a sala, na orientação Oeste. Os maiores decréscimos produzem-se pela obstrução da radiação que produz o plano superior da “Janela em Sacada”. Também se apresentam decréscimos maiores a -10% nas horas com radiação refletida, mas só na área perto da janela, pela perda de radiação direta do céu e refletida do Sol.

Nestas orientações também se apresentam acréscimos, e ocorrem, em sua maioria, também nas horas com radiação direta, em toda a área da sala e em todos os períodos, porque reflete no plano inferior da “Janela em Sacada” (ver Tabela 3-04 e 3-05).

O decréscimo máximo é de -78,9% (relação percentual entre 7.431lx da “Janela em Sacada” e 35.185lx da janela simples) e se apresenta na orientação Oeste durante a tarde, no ponto 01 do verão (valor semelhante na orientação Leste na manhã, também no ponto 01 do verão). E o maior acréscimo, de 10,7%, também na orientação Oeste, que ocorre de tarde, mas no ponto 05 no inverno, com os 1.378lx e os 1.245lx de ambas as janelas, respectivamente (na orientação Leste apresenta-se um valor máximo de 6,9% de manhã no ponto 04 do verão) (ver Tabela 3-04, 3-05 e Apêndice C).

Tabela 3-04 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Leste versus período, hora e ponto.

LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-4,8	-6,9	-1,9	-3,5	2,0	-3,1	-3,2	-0,6	0,0	0,6	-2,8	-0,2	5,6	4,3	-3,5
8:00	-2,9	0,0	3,4	-1,6	3,9	0,8	-0,9	-19,1	-1,5	-6,9	-0,1	1,7	-1,4	6,9	-7,5
9:00	0,2	-8,9	2,9	-13,8	-7,9	1,3	-6,9	-6,1	-6,5	-6,9	3,5	-11,5	-12,1	-13,9	2,9
10:00	-71,6	-7,5	-4,0	-11,9	-15,3	-78,0	-12,1	-2,5	-18,6	-5,9	-78,7	-14,2	-0,6	6,0	-14,8
11:00	-9,8	-10,1	4,0	-4,9	2,7	-9,8	-7,9	-4,8	-8,3	-3,6	-9,7	-5,7	-2,1	-10,1	-5,2
12:00	-8,1	-3,7	-2,0	-8,0	1,0	-11,6	-9,6	-3,9	-11,6	-2,9	-12,0	-9,7	-4,1	-6,5	-2,7
13:00	-11,7	-7,7	0,5	-3,3	-2,3	-13,9	-10,4	-4,1	-6,6	-2,1	-14,5	-11,0	-4,7	-6,5	-2,3
14:00	-12,0	-11,3	-4,3	-5,2	-1,6	-15,4	-12,3	-4,7	-5,5	-1,3	-15,7	-12,1	-4,7	-4,8	-1,1
15:00	-8,0	-11,8	-4,6	-4,9	-0,9	-10,5	-14,2	-6,5	-5,3	-1,3	-11,2	-13,8	-6,3	-4,8	-0,8
16:00	-5,3	-10,0	-4,6	-4,2	-0,4	-6,4	-12,2	-7,7	-5,1	-0,9	-6,7	-12,6	-6,8	-4,4	-0,5
17:00	-3,9	-8,2	-3,6	-3,8	0,0	-4,2	-9,0	-5,2	-4,6	-0,2	-4,2	-8,9	-4,7	-3,4	0,2

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
00: n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Tabela 3-05 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Oeste versus período, hora e ponto.

OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-3,2	-7,9	-3,7	-2,5	0,7	-4,2	-9,0	-5,2	-4,4	-0,1	-4,6	-9,2	-5,2	-4,5	-0,4
8:00	-4,8	-9,9	-5,1	-3,6	0,6	-6,3	-12,1	-7,6	-4,9	-0,8	-7,0	-12,9	-7,0	-5,1	-1,0
9:00	-7,7	-11,8	-4,9	-4,0	0,1	-10,5	-14,2	-6,6	-5,0	-1,0	-11,4	-14,0	-6,1	-5,6	-1,4
10:00	-11,6	-11,0	-3,8	-3,9	-0,1	-15,3	-12,2	-4,7	-4,9	-1,0	-15,8	-12,1	-4,6	-5,7	-1,4
11:00	-11,0	-9,3	-2,8	-4,3	-0,7	-14,0	-10,5	-4,1	-6,1	-2,0	-14,7	-10,9	-5,1	-7,5	-2,8
12:00	-9,4	-8,6	-2,4	-4,1	0,2	-11,6	-9,2	-5,2	-6,0	-2,5	-11,2	-9,6	-2,3	-17,7	-0,4
13:00	-8,6	-4,8	-2,0	-4,2	-1,2	-9,8	-7,2	-3,3	-6,0	-9,0	-9,8	-8,8	-8,6	-10,5	-7,7
14:00	-73,5	-6,2	-3,5	1,4	6,5	-78,0	-11,4	-6,7	-3,8	-12,3	-78,9	-15,6	1,0	-18,2	-1,6
15:00	2,2	-2,5	-6,2	-11,8	-3,9	1,8	-6,5	-8,1	-7,8	-2,6	2,5	-11,6	-12,1	-8,9	-8,3
16:00	-2,2	-1,4	-5,4	-6,7	10,7	0,3	0,0	-6,3	-0,4	-8,4	2,4	-2,1	-13,0	1,6	0,5
17:00	-4,6	-6,2	-1,9	-1,4	0,7	-2,8	-3,7	-1,2	-0,6	0,0	-3,7	-0,7	-1,1	7,7	-4,1

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Dos resultados obtidos, observa-se que o desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” apresenta variações percentuais principalmente negativas, portanto, e em geral, apresenta um menor desempenho luminoso relativo à janela simples.

Em relação às variações percentuais médias dos períodos do ano, onde os maiores decréscimos apresentam-se no primeiro ponto com valores entre -5,5% e -13%, observa-se um comportamento fora do padrão, no inverno da orientação Norte, de -28%. Há uma redução no último ponto desde -3,6% até pequenos acréscimos de 1,2%.

Em todas as orientações, os maiores decréscimos ocorrem nos períodos com radiação solar direta. Nas orientações *Norte* e *Sul*, estes decréscimos apresentam-se principalmente na área perto da janela em torno do meio-dia. Entretanto, na orientação *Leste* e *Oeste*, os maiores valores negativos observam-se em toda a sala nas horas com presença de luz direta do Sol, e na área perto da janela nas horas com presença de luz refletida em todos os períodos. Isto se produz pela perda de visão de céu e a obstrução da radiação solar direta que gera seu plano superior.

Por outra parte, esta janela contribui, mediante acréscimos menores de 10% (especificamente entre 2% e 10% nos períodos e orientações com radiação solar direta, e entre 2% e 7% nos períodos com radiação refletida) que se apresentam no fundo da sala, de manhã e de tarde (na área e horas com menor iluminâncias) nas orientações *Norte* e *Sul*. Além disso, aumenta a iluminação em alguns pontos da sala, nas horas com radiação direta do Sol nas orientações *Leste* e *Oeste*. Esta elevação pode ser produto da reflexão no plano refletor (inferior) da janela e nas paredes da sala.

Portanto, pode-se concluir que em todas as orientações a “Janela em Sacada” reduz o ganho de luz na área com maiores iluminâncias (na área perto da abertura).

3.1.1.2 “Janela em Sacada” versus Janela simples com beiral

A Tabela 3-06 mostra a relação percentual das iluminâncias médias anuais entre a “Janela em Sacada” e uma janela simples com beiral. Nesta análise sempre ocorrem acréscimos. Nela comprova-se que, com ambas as janelas, as salas têm maiores iluminâncias na área perto da janela e diminuem quando aumenta a distância. Do mesmo modo, a variação percentual entre elas tem maiores acréscimos na área perto da abertura (entre 7,5% e 10,5%) e diminui à medida em que aumenta a distância da janela (até 4%). Estes acréscimos ocorrem pela presença do plano inferior da “Janela em Sacada”, que pode atuar como refletor da luz.

Tabela 3-06 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” e a janela simples com beiral, nas orientações e pontos estudados.

	NORTE					LESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada	7785	3483	2373	1812	1687	9461	4423	2666	2024	1872
janela simples com beiral	7044	3229	2218	1711	1609	8801	4176	2489	1912	1800
variação	10,5%	7,9%	7,0%	5,9%	4,9%	7,5%	5,9%	7,1%	5,9%	4,0%
	SUL					OESTE				
Janela em sacada	5949	2962	2025	1564	1471	9451	4413	2607	2014	1859
janela simples com beiral	5442	2751	1910	1475	1409	8793	4171	2465	1895	1786
variação	9,3%	7,7%	6,0%	6,0%	4,3%	7,5%	5,8%	5,8%	6,3%	4,1%

O Gráfico 3-02, que apresenta a relação percentual das iluminâncias médias por período, mostra que em todas as orientações e seus períodos do ano, o maior acréscimo ocorre na área perto da abertura e vai diminuindo mediante o aumento da distância em relação à janela.

Em geral, no ponto 01 observam-se os maiores acréscimos, entre 8% e 10%. No caso do inverno, na orientação *Norte*, estes valores chegam a 12% pela incidência de radiação solar direta. Já no ponto 05, os acréscimos são semelhantes para todas as orientações, observam-se valores entre 3,5% e 6% (ver Apêndice A). Nas orientações *Norte* e *Sul*, os períodos com maiores acréscimos relacionam-se com a presença de radiação solar direta (no inverno e na primavera na orientação *Norte*, e no verão na *Sul*). Mas, nas orientações *Leste* e *Oeste*, os acréscimos dos três períodos têm desempenhos diferentes, segundo o ponto na sala.

Todos estes acréscimos se produzem pela contribuição que a radiação refletida no plano inferior da “Janela em Sacada” faz nas iluminâncias da sala. Portanto, a “Janela em Sacada” tem um maior desempenho luminoso relativo ao da janela simples com beiral em todos os períodos.

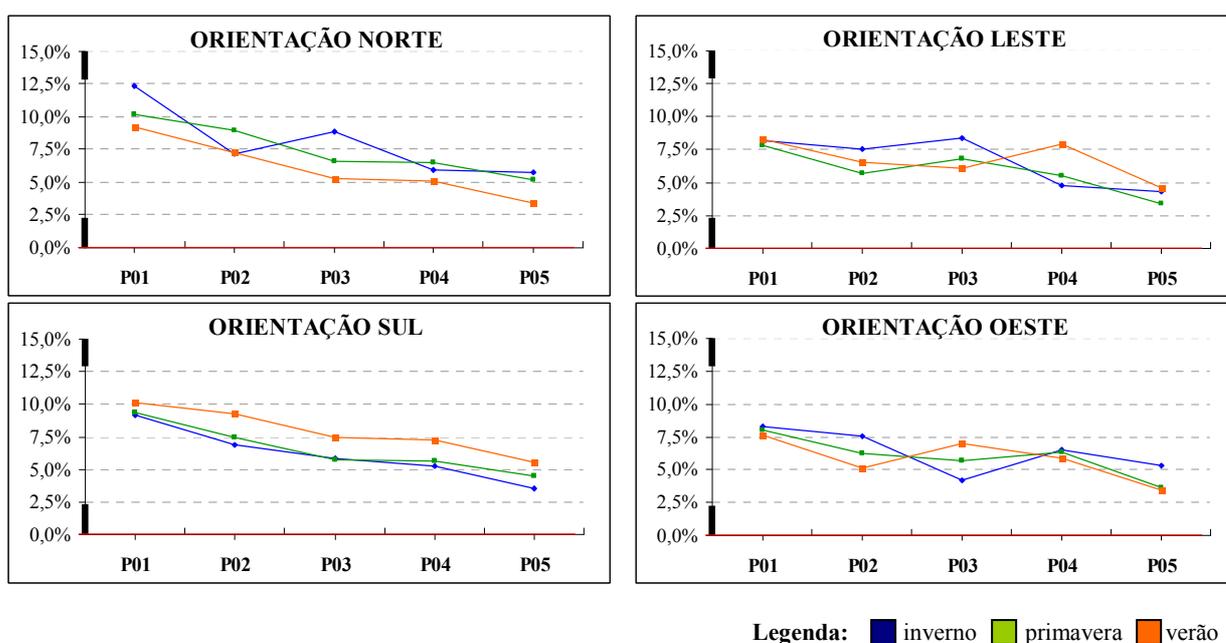


Gráfico 3-02 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” e a janela simples com beiral por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.

Na Tabela 3-07 mostram-se os valores por horário na orientação **Norte**. Nela pode-se observar que existe um só decréscimo; portanto, é irrelevante em relação à média dos valores observados nesta tabela. Entretanto, os maiores acréscimos ocorrem o dia todo, principalmente entre o início e centro da sala nos períodos de inverno e primavera, e, nas manhãs e tardes, na área perto da janela no verão (luz refletida). No inverno, os acréscimos são maiores pela presença de luz solar direta refletida, no plano inferior da “Janela em Sacada” (ângulo solar menor), porém, na primavera, estes valores são menores pelo maior ângulo solar, que é obstruído em alguns dias e horas pelo plano superior de ambas as janelas. No verão apresentam-se os menores acréscimos, pela presença predominante de radiação do céu e refletida do Sol.

O maior acréscimo, de 20,6% (4.418lx da “Janela em Sacada” e 3.664lx da janela simples com beiral), observa-se no começo da tarde, no ponto 03, no inverno (ver Tabela 3-07 e Apêndice C).

Tabela 3-07 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Norte versus período, hora e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	11,3	7,8	6,6	6,4	4,6	11,0	7,6	6,8	5,3	5,2	10,6	7,7	6,3	6,1	4,1
8:00	16,5	7,0	10,7	4,5	7,7	11,8	9,6	8,0	5,3	11,3	10,5	7,3	6,9	5,0	3,7
9:00	13,9	4,1	12,7	4,3	4,0	11,2	7,1	10,3	5,9	3,4	9,7	11,8	4,7	7,8	3,7
10:00	12,4	9,0	10,6	9,3	5,9	9,4	8,1	3,8	7,4	4,1	8,2	5,8	4,5	3,9	2,7
11:00	8,6	10,5	4,0	8,8	15,9	8,2	10,8	6,1	2,5	4,7	8,4	5,9	4,1	3,6	2,5
12:00	11,2	3,7	12,9	6,1	5,5	10,8	8,0	7,4	7,0	2,5	8,0	5,7	3,8	3,3	2,2
13:00	8,9	2,1	20,6	6,8	8,5	8,4	6,7	3,2	6,6	4,4	8,9	6,2	4,4	3,8	2,7
14:00	13,5	9,1	7,7	2,1	-3,7	7,5	10,1	9,1	5,1	6,5	6,0	3,0	2,1	4,7	0,9
15:00	13,4	10,4	0,4	5,5	6,6	11,6	9,5	3,2	9,8	6,6	10,3	9,7	5,3	6,6	4,0
16:00	15,0	7,4	4,7	3,5	5,0	11,3	12,8	9,0	9,7	3,5	10,5	8,4	8,8	5,7	6,0
17:00	11,0	7,6	6,9	8,5	3,6	10,7	8,0	6,4	6,5	4,9	10,1	8,2	7,4	5,8	4,7

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Da mesma forma que a tabela anterior, na orientação **Sul**, não são observados decréscimos. E os maiores acréscimos ocorrem na área perto da janela em todo o dia no inverno, e pela manhã e tarde na primavera. No caso do verão, os maiores acréscimos (valores

acima do 10%) apresentam-se principalmente em toda a sala nas manhãs e tardes, quando o Sol ainda tem uma altura solar que permite refletir parte da radiação no plano inferior da “Janela em Sacada” (ver Tabela 3-08). Nesta orientação, o maior acréscimo ocorre no verão, tem um valor de 16,4% (3.074lx versus 2.641x) e é observado de manhã no ponto 02 (ver Tabela 3-08 e Apêndice C).

Tabela 3-08 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Sul versus período, hora e ponto.

SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	9,9	7,6	6,6	5,9	4,5	10,5	7,9	6,4	6,5	5,1	10,5	8,0	4,1	5,5	4,1
8:00	9,6	7,1	6,3	5,7	4,1	10,9	11,3	8,3	8,2	4,4	11,1	16,4	12,0	12,7	1,6
9:00	9,2	6,7	5,7	5,4	3,8	10,0	8,4	5,6	8,6	5,7	12,4	9,0	1,5	9,5	7,0
10:00	8,8	6,5	5,4	5,1	3,4	7,1	5,2	4,4	5,0	2,4	6,3	11,2	12,4	5,6	7,8
11:00	8,6	6,3	5,2	4,9	3,2	8,3	6,4	5,4	3,8	3,5	8,7	7,0	4,1	6,5	6,4
12:00	8,5	6,3	5,1	4,8	3,1	8,1	5,9	4,2	3,8	2,5	10,8	9,5	5,9	12,0	1,9
13:00	8,5	6,4	5,1	4,9	3,0	8,4	5,6	5,3	4,5	3,4	8,2	9,3	5,2	5,3	5,5
14:00	8,8	6,7	5,2	5,1	3,1	7,9	5,5	4,4	3,8	2,4	9,9	8,8	2,6	9,7	5,8
15:00	9,0	6,8	5,0	5,2	2,9	10,0	9,1	5,7	7,4	4,5	12,6	6,0	16,2	4,8	1,3
16:00	9,5	7,3	7,7	5,4	3,5	11,3	8,8	7,3	5,4	9,7	11,0	11,5	7,8	5,4	12,5
17:00	10,0	7,7	6,7	6,0	4,2	10,8	7,6	6,4	5,4	5,2	10,1	5,5	9,8	2,5	7,3

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

As Tabelas 3-09 e 3-10 apresentam os valores por horário e por período do ano nas orientações *Leste* e *Oeste*.

Nestas orientações, os decréscimos não são relevantes. Entretanto, os maiores acréscimos observam-se nas horas de radiação solar direta. De manhã em toda a sala, na orientação Leste, e de tarde, também em toda a sala, na orientação Oeste (ver Tabela 3-09 e 3-10).

Os valores máximos apresentam-se no período de verão. O maior acréscimo, de 24,3%, ocorre na orientação Oeste, de tarde no ponto 03 (com um valor máximo de 23,7% na orientação Leste, de manhã no ponto 05). Este valor é a relação percentual entre os 3.456lx da “Janela em Sacada” e os 2.781lx da janela simples com beiral (ver Tabela 3-09, 3-10 e Apêndice C).

Tabela 3-09 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Leste versus período, hora e ponto.

LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	8,7	5,6	4,5	6,1	3,9	7,1	5,4	4,6	5,4	1,6	7,5	8,7	4,4	8,8	-6,6
8:00	3,8	3,3	11,8	9,0	13,2	6,3	1,8	3,7	4,0	3,2	6,1	3,9	2,2	13,9	23,7
9:00	4,9	9,6	18,1	4,3	6,3	4,4	10,4	12,5	7,8	2,3	6,9	-2,2	9,2	10,3	5,7
10:00	20,7	10,6	8,2	-0,4	-6,8	13,0	3,0	19,0	5,5	6,4	15,5	12,2	15,4	17,2	4,4
11:00	5,0	11,8	14,2	4,6	7,5	10,0	8,0	4,2	9,2	5,1	8,3	13,2	6,3	1,8	4,9
12:00	9,2	11,9	6,6	4,4	7,3	7,9	5,8	5,8	3,1	4,1	8,1	5,7	4,0	3,7	2,5
13:00	7,2	7,0	7,8	6,0	1,9	8,5	6,3	4,9	4,2	3,1	8,2	6,1	4,8	4,7	3,2
14:00	8,0	5,7	4,9	4,6	3,3	7,8	6,0	5,7	5,3	3,6	8,0	6,3	5,5	6,0	3,8
15:00	7,9	6,1	5,9	4,8	4,0	7,3	5,7	5,6	5,6	3,5	7,6	6,0	5,3	6,6	3,7
16:00	7,4	5,6	5,4	4,9	3,8	7,0	5,2	4,8	5,6	2,8	7,2	6,0	4,6	6,9	3,2
17:00	7,5	5,5	4,7	4,8	3,1	6,9	5,1	4,5	5,4	1,9	7,2	6,1	4,6	6,8	1,7

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Tabela 3-10 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Oeste versus período, hora e ponto.

OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	7,4	6,3	4,6	6,8	1,7	6,9	5,2	4,5	5,5	1,7	7,2	5,1	4,7	5,0	2,9
8:00	7,7	6,6	4,5	7,2	3,1	7,0	5,5	4,7	6,1	2,7	7,1	5,1	5,3	5,3	3,3
9:00	8,1	6,5	4,9	7,0	3,9	7,4	5,9	5,3	6,3	3,5	7,4	5,7	5,9	5,3	3,6
10:00	8,6	6,5	5,6	6,5	4,0	7,9	6,2	5,6	5,9	3,8	7,9	6,2	5,9	5,2	3,7
11:00	8,6	6,2	4,8	5,1	3,3	8,2	6,0	4,7	4,5	3,0	8,4	6,8	5,1	4,4	3,2
12:00	7,3	4,2	5,4	4,0	3,3	8,0	5,6	3,8	3,8	2,1	7,3	4,7	7,9	1,8	5,5
13:00	9,1	10,4	4,4	5,3	5,1	9,1	9,5	5,0	6,9	4,6	10,3	9,2	1,0	10,9	3,1
14:00	13,9	9,4	7,5	8,8	7,4	14,9	11,1	12,1	12,4	6,5	10,6	0,3	24,3	6,3	9,0
15:00	6,2	11,7	-4,6	7,2	6,5	5,2	6,4	11,6	10,9	2,8	4,7	7,5	3,9	-0,9	5,5
16:00	5,8	9,2	4,3	8,4	17,9	6,2	2,8	1,0	3,9	7,4	6,7	-0,1	11,9	13,9	1,9
17:00	8,3	6,3	5,0	5,6	2,7	7,5	4,8	3,9	3,5	2,4	6,8	5,7	1,5	7,8	-3,2

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Dos resultados obtidos, observa-se que o desempenho luminoso da “Janela em Sacada” sempre é maior que o desempenho luminoso da janela simples com beiral.

Em relação aos acréscimos médios dos períodos do ano, em geral os maiores acréscimos apresentam-se no primeiro ponto, entre 8% e 12%, e diminuem até 3,5% e 6% no último ponto (os maiores acréscimos relacionam-se com a presença de radiação solar direta e a reflexão desta no plano inferior da “Janela em Sacada”).

Especificamente nas orientações *Norte* e *Sul*, apresentam-se principalmente no início e centro da sala em quase todo o dia. Entretanto, na orientação *Leste* e *Oeste*, os maiores valores positivos mostram-se nas horas da manhã e tarde, segundo a orientação com presença de luz direta do Sol, em todos os períodos e em toda a sala.

Portanto, nesta fase, a “Janela em Sacada” produz um incremento na quantidade de luz que entra na sala. Este acréscimo nas iluminâncias produz-se pela contribuição de radiação refletida que faz o plano inferior da “Janela em Sacada”.

3.1.2 Simulação 2: ”Janela em sacada” com planos laterais opacos

Na fase da Simulação 2, estuda-se a influência luminosa da “Janela em Sacada” com protetores solares laterais, mediante a opacidade de seus planos laterais. Por conseguinte, foi comparada uma “Janela em Sacada” com seus planos laterais opacos com uma “Janela em Sacada” com seus planos laterais transparentes.

A Tabela 3-11 mostra que ambas as salas têm maiores iluminâncias na área perto da janela e diminuem quando aumenta a distância. Porém, nas orientações Norte e Sul, a variação percentual entre elas, que sempre é negativa, tem maiores decréscimos na área perto da abertura (entre -17,7% e -22,7%) e diminui à medida em que aumenta a distância da janela (até -12%). Entretanto, nas orientações Leste e Oeste estes decréscimos são mais uniformes (de -10,5% até -13,8%), com pequenos aumentos no centro da sala.

Estes decréscimos ocorrem pela perda de visão de céu e a obstrução da radiação solar direta, que geram os protetores laterais.

Tabela 3-11 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes, nas orientações e pontos estudados.

	NORTE					LESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada com lados opacos	6020	3013	2050	1570	1478	8437	3960	2297	1787	1668
Janela em sacada com lados transparentes	7785	3483	2373	1812	1687	9461	4423	2666	2024	1872
variação	-22,7%	-13,5%	-13,6%	-13,3%	-12,4%	-10,8%	-10,5%	-13,8%	-11,7%	-10,9%
	SUL					OESTE				
Janela em sacada com lados opacos	4895	2550	1743	1344	1268	8410	3911	2283	1770	1645
Janela em sacada com lados transparentes	5949	2962	2025	1564	1471	9451	4413	2607	2014	1859
variação	-17,7%	-13,9%	-13,9%	-14,1%	-13,8%	-11,0%	-11,4%	-12,4%	-12,1%	-11,5%

O Gráfico 3-03 apresenta a relação percentual das iluminâncias médias por período, entre uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes.

Nas orientações *Norte* e *Sul*, seus três períodos do ano têm um desempenho semelhante, apresentam um maior decréscimo no ponto perto da janela (em torno de -18%) que diminui no ponto 02 (entre -11% e -14%) e permanece constante até o final da sala. Porém, na orientação *Norte*, no ponto 01, apresenta-se uma variação fora do padrão no período de inverno (pela incidência de radiação solar direta no plano inferior da janela), o decréscimo chega a um valor máximo de -26%. Entretanto, nas orientações *Leste* e *Oeste*, os três períodos têm um desempenho mais uniforme, com valores entre -10% e -18% (ver Apêndice A).

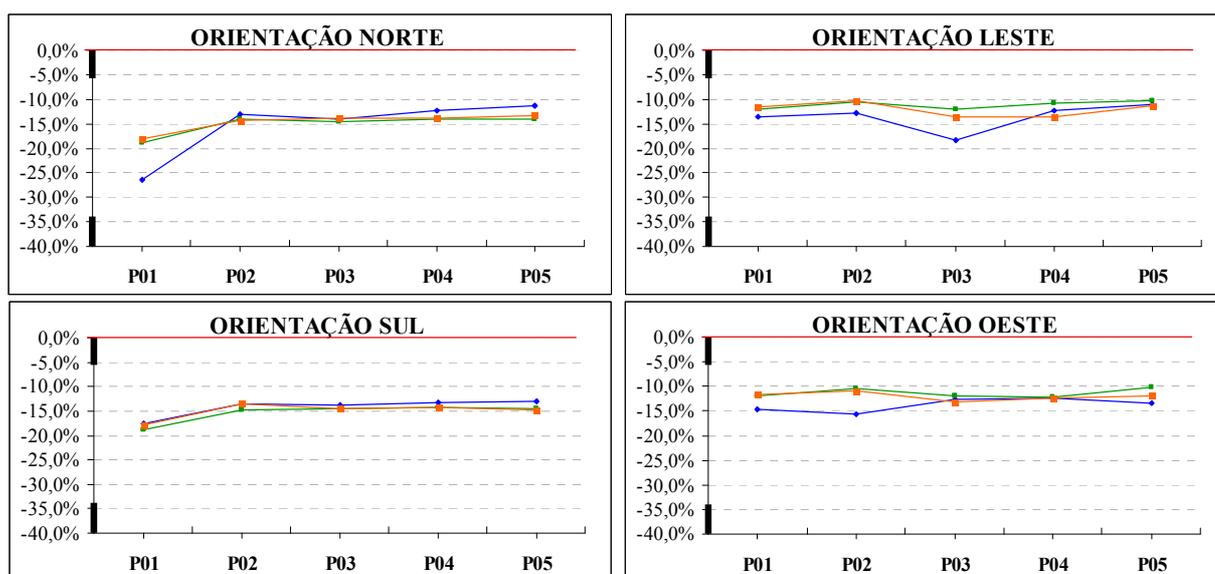


Gráfico 3-03 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.

Na Tabela 3-12 mostram-se os valores por horário, do desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” orientada ao *Norte*, segundo o ponto de distanciamento da janela.

Observa-se que os maiores decréscimos ocorrem nos pontos perto da abertura, principalmente nas horas da manhã e da tarde. Os máximos valores apresentam-se nos períodos com radiação direta do Sol (inverno e primavera). Estes decréscimos ocorrem pela obstrução que produzem os planos laterais na radiação direta do Sol e a perda de visão do céu.

O máximo decréscimo, de -65,1% apresenta-se durante a tarde, no ponto 01 no inverno, e relaciona-se com 7.335lx da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e 21.037lx da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes. (ver Tabela 3-12 e Apêndice C).

Tabela 3-12 – Tabela do acréscimo percentual media do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Norte versus período, hora e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-21,9	-14,5	-16,3	-15,1	-14,0	-21,4	-14,8	-16,5	-14,3	-14,7	-19,9	-14,5	-15,0	-14,3	-13,6
8:00	-22,0	-16,4	-20,8	-9,7	-17,2	-22,3	-15,5	-14,9	-13,9	-20,6	-19,7	-14,2	-15,3	-13,8	-13,3
9:00	-61,8	-10,3	-17,1	-8,9	-13,7	-20,0	-13,5	-17,9	-16,4	-13,6	-18,7	-17,6	-13,3	-16,2	-13,3
10:00	-17,5	-10,8	-17,0	-7,9	-7,6	-17,7	-13,4	-13,2	-14,6	-10,9	-17,1	-13,3	-13,1	-13,3	-12,6
11:00	-10,2	-16,6	-7,3	-14,9	-12,1	-14,2	-13,9	-11,2	-13,3	-11,4	-16,3	-12,9	-12,0	-12,5	-12,0
12:00	-11,9	-11,4	-11,8	-10,3	-6,8	-16,5	-12,8	-12,1	-13,0	-9,2	-15,8	-12,8	-11,8	-12,4	-11,9
13:00	-13,1	-11,5	-12,5	-14,1	-15,2	-13,7	-11,0	-9,7	-11,9	-10,2	-16,7	-13,3	-12,2	-12,4	-12,4
14:00	-12,2	-12,8	-14,6	-11,7	0,2	-16,5	-12,5	-17,3	-11,2	-16,3	-17,1	-13,7	-13,4	-15,3	-12,8
15:00	-65,1	-12,5	-11,1	-14,4	-11,5	-23,4	-14,5	-12,8	-17,5	-15,8	-19,1	-16,2	-13,4	-14,2	-13,8
16:00	-33,2	-13,0	-11,8	-15,5	-12,2	-21,3	-16,7	-17,7	-16,2	-15,7	-19,7	-15,4	-16,8	-13,6	-15,7
17:00	-21,8	-15,2	-15,8	-13,7	-15,5	-21,1	-15,3	-16,0	-13,5	-15,8	-19,6	-15,1	-16,0	-13,5	-14,6

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Na orientação **Sul**, os maiores decréscimos ocorrem na área perto da janela, durante o dia todo no inverno (pela presença de radiação refletida do Sol e do céu), e nos horários da manhã e da tarde no período da primavera (horas com radiação direta que é obstruída pelos planos laterais). Já no verão, apresentam-se os maiores decréscimos, em toda a sala de manhã e à tarde (horas com radiação direta obstruída pelos planos laterais) (ver Tabela 3-13).

Nesta análise, o maior decréscimo chega até -23% de tarde no verão, no ponto 05 (1.174lx versus 1.524lx) (ver Tabela 3-13 e Apêndice C).

Tabela 3-13 – Tabela do acréscimo percentual media do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Sul versus período, hora e ponto.

SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-19,2	-14,4	-15,4	-13,6	-14,1	-20,8	-15,3	-16,1	-13,7	-15,8	-19,3	-15,5	-13,0	-11,2	-16,4
8:00	-18,7	-14,0	-14,6	-13,3	-13,7	-20,8	-16,7	-17,2	-15,5	-15,7	-20,7	-16,2	-18,7	-18,2	-15,9
9:00	-17,8	-13,6	-13,6	-13,0	-13,2	-20,0	-15,8	-14,3	-16,2	-15,9	-19,8	-12,5	-11,2	-17,3	-15,6
10:00	-16,9	-13,3	-12,9	-12,7	-12,7	-17,2	-14,3	-14,0	-14,4	-13,3	-15,3	-11,7	-19,1	-10,2	-20,1
11:00	-16,2	-13,0	-12,4	-12,6	-12,3	-16,3	-14,1	-12,6	-12,5	-12,7	-14,2	-13,0	-8,9	-11,9	-12,0
12:00	-15,9	-13,0	-12,2	-12,6	-12,1	-15,7	-12,8	-11,9	-12,4	-11,9	-17,1	-15,0	-9,8	-18,4	-9,2
13:00	-16,1	-13,1	-12,3	-12,7	-12,2	-16,2	-12,9	-13,1	-13,2	-12,3	-13,2	-13,2	-12,8	-13,4	-11,4
14:00	-16,8	-13,3	-12,7	-13,0	-12,3	-17,6	-13,9	-13,8	-13,9	-12,8	-16,6	-11,1	-12,6	-15,4	-11,2
15:00	-17,8	-13,7	-13,4	-13,7	-12,6	-19,1	-16,5	-15,0	-16,8	-14,5	-19,3	-11,1	-20,9	-16,4	-10,9
16:00	-18,6	-14,1	-15,9	-13,7	-13,1	-21,4	-15,3	-15,1	-14,4	-18,8	-22,5	-15,9	-12,9	-13,6	-23,0
17:00	-19,2	-14,4	-15,3	-13,9	-13,6	-21,2	-14,9	-16,2	-14,3	-14,9	-19,3	-13,4	-18,9	-9,9	-16,1

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

As Tabelas 3-14 e 3-15 apresentam os valores por horário e por período nas orientações **Leste e Oeste**.

Os maiores e menores decréscimos, em geral, ocorrem em toda a sala nas horas com radiação direta do Sol: pelas manhãs e meios-dias na orientação Leste e nas tardes e meios-dias na orientação Oeste. Nos outros horários, os decréscimos são mais uniformes na sala (com um incremento na área perto da janela, no inverno), produto da presença só de radiação refletida. Nesta orientação, os acréscimos tampouco são relevantes (ver Tabela 3-14 e 3-15).

O verão é o período do ano com o máximo de decréscimo, -46,9% (1.296lx versus 2.440lx) na orientação Leste, de manhã no ponto 03; e na orientação Oeste, com um decréscimo máximo um pouco menor, o valor máximo ocorre no inverno de tarde, no ponto 02, e mostra um decréscimo de 39,4% (3.633lx versus 5.992lx) (ver Tabela 3-14, 3-15 e Apêndice C).

Tabela 3-14 – Tabela do acréscimo percentual media do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Leste versus período, hora e ponto.

LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-15,3	-11,3	-20,0	-14,0	-13,3	-12,6	-6,8	-7,0	-9,0	-8,3	-11,0	-7,5	-46,9	-29,5	-11,3
8:00	-5,3	-18,3	-38,3	-13,9	-13,8	-6,3	-2,6	-10,3	-8,7	-11,2	-4,2	-2,6	-2,0	-11,1	-15,9
9:00	-3,8	-5,8	-18,3	-7,2	-8,4	-2,7	-11,6	-18,0	-7,0	-7,7	-3,6	-5,5	-6,8	-8,3	-13,9
10:00	-17,3	-13,0	-15,6	-12,1	5,0	-15,7	-11,2	-13,2	-11,5	-10,4	-13,2	-9,8	-9,9	-16,9	-3,2
11:00	-14,5	-11,0	-20,9	-10,1	-22,3	-15,8	-13,4	-9,3	-14,7	-11,4	-14,2	-15,0	-10,6	-13,7	-12,0
12:00	-17,9	-14,7	-16,5	-7,8	-12,4	-15,9	-14,1	-12,8	-5,8	-12,9	-15,8	-12,8	-11,9	-7,1	-12,0
13:00	-17,5	-15,1	-16,8	-14,3	-11,8	-15,4	-12,7	-12,2	-10,0	-11,5	-15,0	-12,6	-11,9	-10,3	-11,8
14:00	-16,8	-12,8	-13,2	-16,9	-11,3	-13,5	-12,0	-12,3	-14,4	-11,1	-13,7	-12,2	-12,0	-14,8	-11,6
15:00	-14,8	-13,1	-13,7	-12,7	-11,1	-11,8	-11,4	-12,5	-12,3	-10,7	-12,4	-11,9	-12,2	-12,4	-11,4
16:00	-13,1	-12,8	-14,3	-13,1	-10,8	-11,0	-10,3	-12,1	-12,5	-10,1	-11,8	-11,5	-12,4	-12,8	-10,6
17:00	-12,6	-11,8	-14,1	-13,5	-10,5	-11,0	-9,9	-11,7	-12,8	-9,3	-11,9	-11,6	-13,6	-13,7	-10,8

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
00: n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Tabela 3-15 – Tabela do acréscimo percentual média do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Oeste versus período, hora e ponto.

OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-12,8	-12,7	-13,6	-13,6	-11,4	-10,9	-10,0	-11,8	-12,9	-9,4	-11,7	-11,0	-13,3	-13,2	-10,0
8:00	-13,5	-13,6	-13,4	-13,2	-12,3	-11,0	-10,5	-12,0	-12,7	-10,2	-11,7	-11,1	-12,9	-12,6	-10,4
9:00	-15,2	-13,6	-12,8	-12,5	-12,6	-11,9	-11,6	-12,2	-12,4	-11,1	-12,2	-11,6	-12,7	-12,2	-10,7
10:00	-17,1	-13,2	-12,8	-12,1	-12,7	-13,6	-12,2	-12,1	-12,2	-11,5	-13,6	-12,0	-12,3	-12,2	-11,0
11:00	-17,6	-13,2	-12,7	-12,4	-12,7	-15,2	-12,6	-12,1	-12,2	-11,8	-15,1	-13,0	-12,2	-12,4	-11,5
12:00	-18,1	-14,0	-15,2	-13,8	-14,4	-16,2	-13,4	-12,3	-12,8	-12,1	-16,0	-15,6	-13,6	-12,8	-13,7
13:00	-20,2	-20,1	-13,9	-10,5	-10,3	-14,7	-14,2	-12,3	-14,8	-11,5	-14,4	-10,5	-6,8	-14,4	-7,8
14:00	-19,6	-10,7	-18,5	-5,8	-10,4	-15,1	-11,7	-11,1	-13,9	-6,1	-14,2	-11,5	-12,3	-14,5	-14,9
15:00	-4,3	-9,4	-3,3	-10,8	-18,2	-3,1	-9,6	-14,1	-12,1	-9,5	-2,4	-11,8	-16,6	7,1	-12,4
16:00	-7,5	-39,4	-4,8	-18,6	-21,6	-5,7	-2,9	-13,3	-8,1	-10,6	-7,4	-1,8	-6,3	-13,3	-20,0
17:00	-15,1	-12,3	-17,2	-12,8	-11,8	-12,7	-6,7	-7,0	-8,5	-8,5	-10,0	-9,4	-26,5	-26,3	-9,1

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Como é de se esperar, nos resultados obtidos observa-se que o desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos sempre é menor que o desempenho da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes.

Em relação aos decréscimos médios dos períodos do ano, as orientações *Norte* e *Sul* apresentam um maior decréscimo na área perto da janela (em torno de -18%, com um valor máximo de -26% no período de inverno na orientação Norte), que diminui e permanece constante até o final da sala (entre -11% e -14%). Entretanto, nas orientações *Leste* e *Oeste*, os três períodos têm um desempenho mais uniforme na sala com valores entre -10% e -18%.

Especificamente, nas orientações *Norte* e *Sul*, os maiores decréscimos ocorrem nos períodos com radiação solar direta, principalmente na área perto da janela (área com maior iluminância), nas horas da manhã e da tarde (horas com menor altura solar e iluminância), e na mesma área, todo o dia, nos períodos com radiação solar refletida. No entanto, na orientação *Leste* e *Oeste*, decrescem os valores, maiormente, nas horas com presença de luz direta em toda a sala.

Portanto, neste estudo, ambos os planos laterais da “Janela em Sacada” não só diminuem a porção de céu visível desde os pontos analisados, como também apresentam um desempenho de protetor da incidência de radiação solar (maior responsável pelos decréscimos desta fase de simulação). Porém, estes planos também podem ser usados como refletores solares, predominantemente em períodos da manhã e da tarde, já que poderiam aumentar as iluminâncias observadas no interior do ambiente, diminuindo os decréscimos.

3.1.3 Simulação 3: ”Janela em sacada” com beiral

Na fase da Simulação 3, estudou-se a influência luminosa da “Janela em Sacada” com protetores solares horizontais. Mediante o uso de um beiral, foi comparada uma “Janela em Sacada” com beiral com uma “Janela em Sacada” simples, sem beiral.

A Tabela 3-16, como era de se esperar, mostra que ambos os ambientes têm maiores iluminâncias na área perto da abertura e diminuem quando aumenta a distância. Entretanto, a variação percentual, sempre negativa, tem valores maiores no ponto 01 (entre -38,5% e -46,1%), que diminuem à medida em que aumenta a distância da janela (até -23,9%). Nesta fase, só ocorrem decréscimos pela perda de visão de céu e pela obstrução da radiação solar direta, que produz o beiral.

A orientação Norte apresenta os maiores decréscimos e a orientação Sul os menores.

Tabela 3-16 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” com beiral e a “Janela em Sacada”, nas orientações e pontos estudados.

	NORTE					SUL				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada com beiral	4196	2264	1651	1325	1227	3658	2007	1482	1194	1119
Janela em sacada	7785	3483	2373	1812	1687	5949	2962	2025	1564	1471
variação	-46,1%	-35,0%	-30,4%	-26,9%	-27,2%	-38,5%	-32,3%	-26,8%	-23,7%	-23,9%

O Gráfico 3-04, apresenta a relação percentual das iluminâncias médias por período entre a “Janela em Sacada” com beiral e a “Janela em Sacada”.

Ambas as orientações, *Norte* e *Sul*, têm um desempenho luminoso semelhante. Na área perto da janela observam-se os maiores decréscimos, que têm valores entre -36% e -40%, e diminuem à medida em que aumenta a distância da janela (até valores entre -22% e -32%), com um decréscimo fora do padrão, no ponto 01 no inverno da orientação Norte, de -50%. Nas orientações Norte e Sul, os períodos do ano com maiores decréscimos relacionam-se com a menor disponibilidade de radiação solar direta (pelo bloqueio que faz o plano superior ou o beiral da “Janela em Sacada”), no inverno e na primavera na orientação Norte, e no verão na Sul (ver Apêndice A).

Portanto, a “Janela em Sacada” com beiral apresenta um desempenho luminoso menor relativo ao da “Janela em Sacada”.

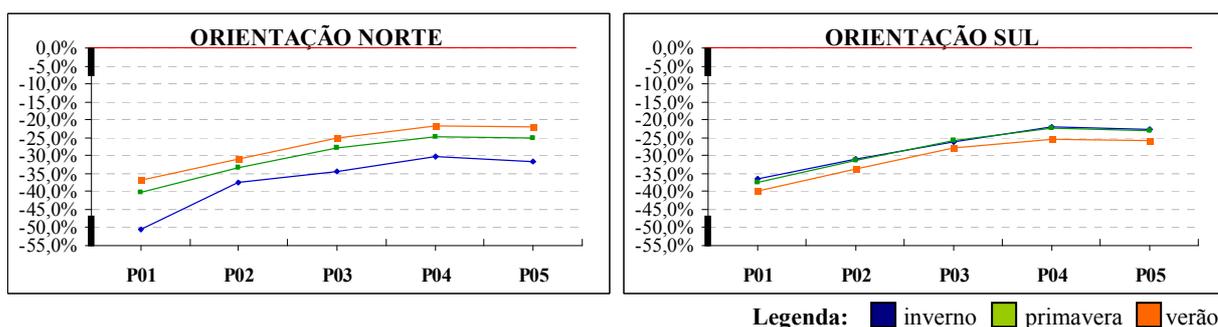


Gráfico 3-04 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” com beiral e a “Janela em Sacada” por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.

Na Tabela 3-17 mostra-se o desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral relativo ao da “Janela em Sacada” orientada ao *Norte*. Esta orientação apresenta os maiores decréscimos médios desta fase de simulação.

Os maiores decréscimos apresentam-se no inverno das 9h até às 15h, em torno do meio-dia no período da primavera, e o dia todo no verão, nos pontos mais próximos da abertura. Os máximos decréscimos produzem-se pela obstrução da radiação solar direta e a perda de visão de céu, no inverno e na primavera; no entanto, no caso do verão, os decréscimos (que são

principalmente produtos da perda de visão do céu) são menores e mais uniformes pela presença de radiação difusa. Neste caso, não se apresentam acréscimos.

O maior decréscimo, de -75,7%, ocorre às 15h no inverno, no ponto 01, e se relaciona com 5.122lx da “Janela em Sacada” com beiral e os 21.037lx da “Janela em Sacada” (ver Tabela 3-17 e Apêndice C).

Tabela 3-17 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral comparada com uma “Janela em Sacada” na orientação Norte versus período, hora e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-36,9	-32,1	-26,5	-24,1	-23,5	-37,2	-31,1	-26,0	-22,0	-23,5	-37,0	-31,0	-25,6	-22,5	-22,6
8:00	-39,7	-30,2	-29,6	-21,8	-30,3	-36,7	-31,1	-23,3	-20,6	-25,4	-35,2	-27,6	-22,6	-19,2	-19,6
9:00	-73,1	-34,6	-34,7	-27,8	-29,6	-38,6	-30,6	-28,6	-23,4	-22,9	-33,9	-29,8	-21,3	-20,8	-20,2
10:00	-48,1	-42,4	-39,1	-37,4	-35,8	-42,8	-35,7	-28,4	-27,6	-26,4	-40,3	-34,7	-29,6	-25,4	-24,9
11:00	-48,5	-43,9	-39,3	-39,6	-40,4	-43,0	-36,8	-31,3	-27,9	-26,9	-38,1	-31,5	-26,0	-22,1	-22,0
12:00	-49,6	-42,4	-41,0	-33,9	-35,6	-43,9	-35,4	-30,8	-26,8	-24,3	-37,6	-31,1	-25,4	-21,6	-21,5
13:00	-48,3	-41,3	-44,1	-38,4	-39,2	-43,0	-35,5	-29,6	-26,1	-27,2	-38,2	-31,7	-26,0	-21,5	-22,4
14:00	-63,0	-40,4	-38,4	-33,7	-29,9	-41,5	-36,2	-31,7	-25,7	-29,8	-38,9	-32,8	-27,6	-25,6	-23,8
15:00	-75,7	-38,6	-29,2	-30,3	-30,7	-40,9	-31,2	-25,7	-25,6	-23,1	-34,6	-28,4	-22,4	-18,9	-20,1
16:00	-34,9	-34,5	-29,1	-22,3	-29,0	-36,7	-31,4	-25,0	-24,5	-23,2	-34,7	-29,0	-23,9	-19,2	-22,5
17:00	-36,4	-32,1	-26,3	-24,9	-25,8	-36,6	-31,3	-25,9	-22,5	-24,9	-36,6	-31,1	-26,1	-21,5	-24,1

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Na orientação *Sul*, os maiores decréscimos ocorrem o dia todo, nos primeiros pontos da sala, em todos os períodos, com máximas variações ao meio-dia do verão, pela obstrução da radiação direta que produz o beiral, radiação existente só neste período do ano (ver Tabela 3-18). O máximo de decréscimo é -43,1% (5.520lx da “Janela em Sacada” com beiral e 9.695lx da “Janela em Sacada”) e se apresenta às 14h no ponto 01 do período do verão (ver Tabela 3-18 e Apêndice C).

Tabela 3-18 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral comparada com uma “Janela em Sacada” na orientação Sul versus período, hora e ponto.

SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-37,3	-32,1	-26,9	-22,7	-24,6	-36,6	-31,5	-26,0	-22,6	-24,9	-36,3	-32,4	-22,1	-23,4	-25,3
8:00	-36,2	-30,5	-25,6	-21,6	-23,1	-35,6	-30,5	-24,6	-22,3	-22,5	-39,0	-32,4	-24,9	-27,9	-23,4
9:00	-34,8	-28,9	-23,8	-20,2	-21,5	-35,9	-27,9	-23,5	-21,9	-21,2	-39,6	-33,7	-27,3	-27,0	-22,5
10:00	-37,2	-32,0	-27,0	-23,1	-23,6	-38,9	-32,8	-27,4	-24,3	-23,8	-41,4	-36,9	-33,8	-26,9	-32,5
11:00	-37,4	-32,2	-27,2	-23,4	-23,6	-39,4	-33,2	-27,7	-22,6	-23,8	-42,5	-35,3	-29,4	-25,2	-27,7
12:00	-37,5	-32,4	-27,3	-23,5	-23,5	-38,8	-32,1	-26,4	-22,6	-22,5	-41,6	-34,0	-26,4	-27,5	-21,9
13:00	-37,5	-32,4	-27,3	-23,5	-23,5	-39,4	-32,4	-27,8	-23,6	-23,5	-42,2	-35,8	-30,0	-27,1	-26,4
14:00	-35,3	-29,9	-24,5	-21,1	-21,5	-39,8	-33,6	-28,6	-24,3	-23,8	-43,1	-36,0	-27,2	-28,8	-28,9
15:00	-33,8	-28,2	-22,9	-20,2	-19,8	-34,9	-29,3	-23,0	-20,8	-21,5	-40,9	-30,3	-33,0	-25,4	-22,6
16:00	-35,8	-30,3	-26,4	-21,6	-22,0	-36,1	-29,9	-23,0	-20,1	-23,8	-36,9	-33,3	-22,1	-20,8	-26,6
17:00	-37,5	-32,5	-26,8	-23,0	-24,2	-37,2	-31,2	-26,0	-21,8	-23,8	-36,9	-29,6	-29,2	-21,5	-25,2

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Dos resultados obtidos, observa-se que o desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral diminui em relação ao desempenho luminoso da “Janela em Sacada”.

Observam-se nos decréscimos médios dos períodos do ano, que os maiores valores apresentam-se no primeiro ponto, em torno de -40% (que chegam até -50% só no período do inverno), e diminuem até -22% no último ponto (os maiores decréscimos observam-se nos períodos com disponibilidade de radiação solar direta).

Segundo a análise por período do ano, os maiores decréscimos apresentam-se na área perto da janela, em torno do meio-dia, nos períodos com radiação solar direta (inverno e primavera no *Norte*, e verão no *Sul*), e todas as horas nos períodos com radiação solar refletida. Isto se produz pela presença de radiação solar direta nestes meses, que é obstruída pelo beiral da “Janela em Sacada”.

3.2 Etapa 2: O desempenho luminoso de uma “Janela em Sacada” na cidade de Valparaíso, Chile

Nesta etapa, são apresentados e analisados os resultados das simulações feitas na cidade de Valparaíso, por meio do software TropLux versão 3.12. Os dados analisados procuram realizar uma avaliação do desempenho luminoso relativo de uma “Janela em Sacada” em três fases de simulação.

Na primeira fase, o estudo estabelece uma comparação entre o desempenho luminoso relativo de uma “Janela em Sacada” com uma janela simples, e também com uma janela com beiral, com o mesmo tamanho e posição da abertura. Na segunda fase, estuda-se a influência dos protetores solares verticais mediante a opacidade dos planos laterais da “Janela em Sacada”. E, na terceira fase, analisa-se a influência de protetores solares horizontais com um estudo do uso do beiral em uma “Janela em Sacada”.

Para cada fase, os valores obtidos (iluminâncias) foram relacionados de forma percentual, obtendo-se sua variação, por meio de gráficos e tabelas, entre as janelas estudadas. Primeiro, analisou-se a média anual das iluminâncias e sua variação percentual nas quatro orientações escolhidas, a fim de facilitar a análise comparativa dos dados. A partir desses agrupamentos, analisaram-se também as relações percentuais da média das horas do dia dos três períodos característicos do ano (inverno, primavera e verão), segundo as orientações escolhidas. E, ao final, apresentaram-se as médias dos períodos segundo as horas para as quatro orientações estudadas.

Estes resultados e suas respectivas análises estão apresentados a seguir.

3.2.1 Simulação 1: “Janela em Sacada” versus Janela simples

A “Janela em Sacada” foi comparada com duas janelas, uma simples e uma simples com beiral.

3.2.1.1 “Janela em Sacada” versus Janela simples

A Tabela 3-19 apresenta que ambas as janelas têm maiores iluminâncias na área perto da janela, que diminuem quando aumenta a distância. Entretanto, a variação percentual sempre é negativa, e mostra um maior decréscimo no ponto 01 (entre -7,3% e -17,5%) que diminui à medida em que aumenta a distância da janela (até -3,6%).

Este decréscimo ocorre pela perda de visão do céu e o bloqueio da radiação solar direta que produz a “Janela em Sacada” em relação à janela simples.

As orientações Norte e Leste apresentam os maiores decréscimos e a orientação Sul, os menores.

Tabela 3-19 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” e a janela simples, nas orientações e pontos estudados.

	NORTE					LESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada	10410	4201	2496	1919	1790	8356	3609	2314	1715	1601
janela simples	12623	5140	2671	2102	1891	10065	4345	2485	1875	1700
variação	-17,5%	-18,3%	-6,6%	-8,7%	-5,4%	-17,0%	-16,9%	-6,9%	-8,5%	-5,9%
	SUL					OESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada	4459	2268	1555	1210	1147	8256	3552	2231	1677	1566
janela simples	4808	2469	1618	1287	1190	9909	4184	2436	1820	1651
variação	-7,3%	-8,1%	-3,9%	-6,0%	-3,6%	-16,7%	-15,1%	-8,4%	-7,8%	-5,1%

O Gráfico 3-05 apresenta a relação percentual das iluminâncias médias por período, entre uma “Janela em Sacada” e uma janela simples, versus os distanciamentos em relação à abertura, nas quatro orientações estabelecidas.

Dele, pode-se observar que as orientações *Norte* e *Sul* mostram um maior decréscimo nos primeiros pontos (entre -1,6% e -15,7% na orientação Norte, e -6,2% e -7,6% na Sul) e um menor decréscimo nos últimos pontos (entre -3% e -5% em ambas as orientações),

corroborando com a variação anual mostrada na Tabela 3-19. Entretanto, as orientações *Leste* e *Oeste* apresentam alguns períodos com um menor desempenho luminoso relativo no ponto 01 e um maior no ponto 05, assim como também apresenta alguns com maior uniformidade entre todos seus pontos (no período de inverno). Os decréscimos, nestas orientações, oscilam entre -1,4% e -2,8% no ponto 01, e entre -3,5% e -7% no último ponto. Nas orientações Norte, Leste e Oeste, as maiores variações entre os decréscimos relacionam-se com a disponibilidade de radiação solar direta (ver Apêndice A).

Portanto, a “Janela em Sacada” tem um menor desempenho luminoso relativo ao da janela simples.

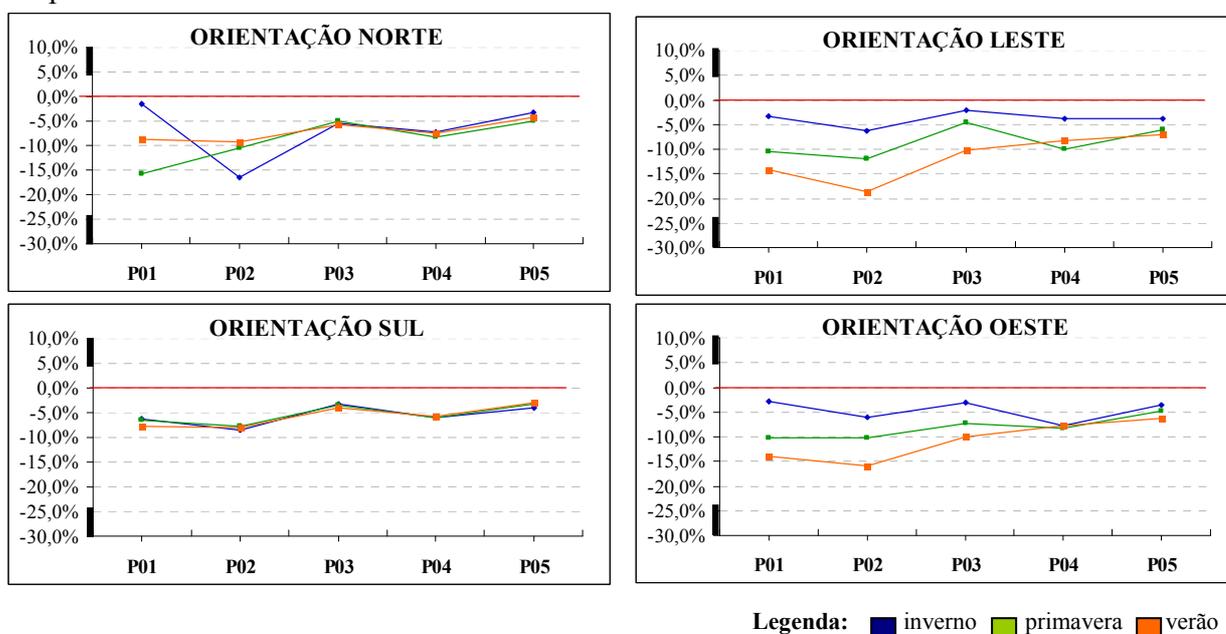


Gráfico 3-05 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” e a janela simples por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.

Na Tabela 3-20 mostram-se os valores por horário do desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” orientada ao *Norte*, segundo a distância do ponto da janela.

Observa-se que os decréscimos, menores a -10%, ocorrem em torno do meio-dia em todos os pontos da sala. O período de inverno, apresenta os maiores decréscimos no ponto 02, pelo

bloqueio solar gerado pelo plano superior da “Janela em Sacada”. E no período de verão, mostra os menores decréscimos ao meio-dia, quando a altura solar é maior.

No entanto, os acréscimos são poucos e aleatórios, portanto irrelevantes.

O máximo de decréscimo chega a -53,1% no final da manhã, no ponto 02 do período de inverno, e relaciona-se com 7.759lx da “Janela em Sacada” e 1.653lx da janela simples (ver Tabela 3-20 e Apêndice C).

Tabela 3-20 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Norte versus período do ano, hora e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-3,0	-8,2	-1,3	-4,5	-3,8	-4,0	-8,0	-2,1	-5,6	-3,1	-5,0	-8,0	-1,2	-5,8	-3,4
8:00	-1,9	-7,4	-1,9	-4,5	-3,1	-4,3	-8,0	-0,9	-5,9	1,1	-6,0	-6,6	-4,2	-3,8	1,4
9:00	3,8	-2,4	-4,3	-15,1	-2,4	-0,1	-9,7	-1,6	-9,0	-9,0	-7,5	-8,1	0,4	-6,7	-4,6
10:00	-2,4	-3,8	-14,2	-8,3	-0,6	-30,1	-11,4	-10,5	-10,4	-4,8	-10,5	-11,3	-9,0	-6,6	-5,4
11:00	-3,1	-53,1	-11,6	-4,8	-2,2	-31,1	-11,1	-9,5	-7,4	-6,2	-13,0	-11,5	-8,9	-6,8	-7,6
12:00	-1,9	-49,7	-12,1	-6,7	-9,7	-33,9	-15,6	-5,9	-10,2	-7,8	-13,4	-15,0	-16,6	-11,2	-11,1
13:00	-1,2	-32,8	-5,5	-5,2	-6,2	-35,6	-18,0	-7,7	-12,7	-7,5	-13,1	-14,6	-9,0	-11,2	-5,5
14:00	-3,8	-2,4	5,0	-8,0	-6,4	-27,0	-12,4	2,3	-12,6	-8,5	-12,6	-11,3	-6,6	-13,9	-3,7
15:00	0,6	-6,3	-7,8	-12,2	6,2	0,8	-9,4	-10,7	-6,2	-4,0	-6,5	-3,3	-3,1	-8,9	-4,9
16:00	-1,3	-7,6	-4,0	-5,1	-3,7	-3,0	-5,8	-5,3	-4,5	-3,6	-4,7	-4,2	-3,6	-2,3	-1,2
17:00	-2,9	-7,1	-3,6	-6,4	-3,1	-3,9	-7,4	-3,0	-7,2	-2,5	-4,4	-7,5	-2,2	-6,6	-1,9

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Na orientação *Sul*, os maiores decréscimos ocorrem no ponto 02 todo o dia no inverno, e na área perto da janela em torno do meio-dia na primavera e no verão. Esta uniformidade produz-se pela existência só de radiação solar refletida (ver Tabela 3-21).

O maior decréscimo ocorre pela manhã no ponto 02 no verão, e tem um valor de -10,4% relacionado com 3.684lx da “Janela em Sacada” e 4.109lx da janela simples (ver Tabela 3-21 e Apêndice C).

Tabela 3-21 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Sul versus período do ano, hora e ponto.

SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-5,4	-8,3	-2,7	-6,4	-3,5	-4,7	-7,5	-2,6	-6,9	-2,8	-3,7	-6,0	-2,2	-5,5	-3,0
8:00	-5,8	-8,5	-2,8	-6,4	-3,7	-5,1	-6,1	-2,0	-5,7	-2,4	-4,9	-4,5	-3,8	-2,6	-1,3
9:00	-6,0	-8,4	-3,0	-6,2	-3,8	-5,9	-6,7	-3,2	-5,3	-3,0	-7,7	-6,2	-1,6	-3,9	-4,0
10:00	-6,4	-8,4	-3,3	-6,1	-3,9	-8,1	-9,5	-4,9	-6,0	-4,4	-9,9	-10,4	-5,5	-8,4	-4,5
11:00	-6,9	-8,6	-3,7	-6,0	-4,1	-8,5	-8,9	-5,0	-7,1	-4,4	-9,9	-10,0	-5,9	-7,9	-5,2
12:00	-6,9	-8,6	-3,8	-6,0	-4,2	-8,0	-8,4	-3,7	-5,9	-3,3	-9,5	-8,7	-4,6	-6,8	-4,5
13:00	-6,9	-8,7	-3,9	-6,0	-4,3	-8,6	-9,5	-5,1	-7,1	-4,5	-10,3	-10,3	-6,0	-8,0	-5,5
14:00	-6,5	-8,5	-3,7	-6,0	-4,1	-7,1	-8,1	-3,7	-5,9	-3,9	-8,6	-9,0	-5,0	-6,6	-4,8
15:00	-6,1	-8,5	-3,5	-6,0	-4,1	-6,0	-5,8	-3,4	-4,4	-3,6	-8,1	-7,7	-2,5	-5,1	-2,8
16:00	-5,8	-8,5	-3,1	-6,0	-4,1	-4,9	-7,8	-1,8	-5,5	-1,2	-6,1	-6,9	-4,3	-3,9	1,2
17:00	-5,4	-8,4	-3,1	-5,9	-3,9	-4,6	-8,0	-2,8	-5,8	-2,9	-5,2	-7,3	-3,4	-5,2	0,1

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Nas orientações *Leste* e *Oeste* os maiores decréscimos ocorrem nas horas de radiação solar direta em toda a sala, principalmente nas horas em torno do meio-dia, assim também na área perto da janela nas horas com radiação solar refletida. Os maiores decréscimos ocorrem no verão, e os menores no inverno. Entretanto, os acréscimos também ocorrem em toda a sala nas horas com radiação solar direta, com maiores valores no inverno (ver Tabela 3-22 e 3-23). Os decréscimos apresentam-se pela proteção solar que produz o plano superior da “Janela em Sacada”, e os acréscimos podem ocorrer pela reflexão no plano inferior desta janela.

Na orientação Leste, o máximo de decréscimo é de -79,3% (7.486lx versus 36.163lx) e se apresenta às 10h no ponto 01 do verão. E o maior acréscimo, de 10,1% (11.346lx versus 10.306lx), também ocorre às 10 no ponto 01, mas no inverno (ver Tabela 3-22, 3-23 e Apêndice C).

Na orientação Oeste, o máximo de decréscimo chega a -79,1% (7.489lx versus 35.820lx), às 14h no ponto 01 do verão, e o maior acréscimo é de 8,8% (7.475lx versus 6.868lx), também às 14h do ponto 01, mas no inverno.

Tabela 3-22 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Leste versus período do ano, hora e ponto.

LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-6,3	-9,3	-4,1	-6,4	-4,7	-3,6	-6,2	-1,9	-22,5	-6,7	-2,7	-2,3	-33,3	3,3	-9,5
8:00	-5,3	-7,1	1,5	-5,5	-3,5	0,8	-1,2	-17,6	-3,6	-6,6	0,9	-73,0	-9,1	-2,2	-10,9
9:00	-3,2	7,1	2,7	9,8	-5,0	0,1	-34,0	2,5	-14,9	-6,6	2,8	-18,3	-6,4	-17,9	-3,5
10:00	10,1	-9,7	-7,8	-7,5	-3,4	-53,0	-17,7	2,0	-10,2	-11,3	-79,3	-15,0	-5,0	-12,8	-9,7
11:00	-2,8	-4,6	-2,6	-0,8	-2,9	-8,7	-8,9	-6,6	-13,1	-2,1	-7,9	-15,6	-15,4	-12,8	-10,5
12:00	-5,1	-4,3	-3,4	-2,1	-2,5	-9,3	-7,1	-3,1	-8,7	-4,8	-11,2	-11,8	-4,5	-8,5	-3,6
13:00	-5,6	-7,4	-1,7	-5,3	-2,9	-10,8	-9,3	-3,6	-5,9	-5,0	-15,2	-12,8	-7,3	-9,1	-6,2
14:00	-5,6	-9,3	-3,3	-6,0	-3,9	-12,0	-12,4	-4,8	-7,2	-4,8	-16,8	-13,9	-6,9	-8,3	-5,4
15:00	-4,9	-8,6	-2,3	-6,0	-4,3	-8,9	-13,4	-5,1	-7,6	-5,2	-12,7	-15,3	-7,2	-7,8	-5,1
16:00	-4,6	-7,9	-1,0	-6,4	-4,8	-6,3	-11,9	-6,1	-7,9	-5,7	-8,4	-15,1	-8,9	-7,9	-5,8
17:00	-4,3	-8,1	-1,4	-6,9	-5,2	-4,9	-10,0	-5,4	-8,0	-6,5	-5,8	-11,5	-8,3	-7,7	-6,4

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Tabela 3-23 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples na orientação Oeste versus período do ano, hora e ponto.

OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-3,9	-8,6	-4,4	-5,3	-5,7	-4,9	-10,2	-5,9	-7,4	-6,8	-5,9	-11,6	-7,1	-8,6	-6,1
8:00	-3,5	-8,3	-5,5	-5,8	-4,5	-6,1	-11,9	-8,1	-7,1	-5,7	-8,4	-15,2	-8,5	-8,1	-5,9
9:00	-3,9	-9,0	-5,8	-7,0	-4,1	-8,4	-13,3	-7,7	-7,1	-4,8	-12,6	-15,2	-7,6	-7,5	-5,0
10:00	-5,0	-9,1	-5,1	-7,4	-4,1	-11,6	-12,0	-6,5	-7,0	-4,3	-16,6	-13,9	-7,6	-7,9	-5,2
11:00	-5,8	-7,8	-3,5	-6,5	-3,2	-10,7	-8,9	-5,6	-6,1	-4,2	-14,6	-12,0	-7,0	-8,0	-5,6
12:00	-5,9	-7,0	-3,9	-5,0	3,2	-9,7	-9,4	-5,5	-6,1	-3,9	-12,5	-11,4	-7,0	-8,4	-5,9
13:00	-7,9	-7,2	1,1	-4,9	2,2	-6,3	-8,6	-2,0	-6,7	-5,4	-8,2	-7,4	-10,4	-5,1	-9,7
14:00	8,8	2,6	4,9	-13,1	-13,1	-52,3	-4,5	-5,1	-11,6	-7,6	-79,1	-4,5	-7,6	-7,9	-12,2
15:00	7,6	2,5	-5,3	-19,4	-1,6	1,6	-28,5	-9,2	-4,7	-1,4	2,2	-6,2	-6,6	-6,9	0,4
16:00	-5,4	-6,5	-3,8	-3,8	-2,7	-0,9	0,0	-23,2	-3,4	-4,1	0,9	-73,0	-9,1	-2,2	-10,9
17:00	-6,5	-9,4	-3,7	-6,5	-4,8	-3,3	-6,5	-1,8	-24,0	-6,0	1,1	-3,6	-32,4	-14,9	-4,3

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Dos resultados obtidos, observa-se que o desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” apresenta variações percentuais principalmente negativas, portanto, tem um menor desempenho luminoso relativo à janela simples.

Em relação às variações percentuais médias dos períodos do ano, as maiores oscilações entre os decréscimos apresentam-se no primeiro ponto, entre -1,6% e -15,7%, e as menores, no último ponto, entre -3% e -7%.

Em todas as orientações, a “Janela em Sacada” diminui os valores das iluminâncias da sala com janela simples principalmente em torno do meio-dia (maiores iluminâncias) em toda a sala na orientação **Norte** (maiormente no inverno, quando o ângulo solar é menor), e na área perto da janela na orientação **Sul**. Entretanto, na orientação **Leste** e **Oeste**, os maiores decréscimos observam-se nas horas com radiação solar direta em toda a sala, e na área perto da janela nas horas com presença de luz refletida, em todos os períodos. Isto produz-se pela perda de visão do céu e a obstrução da radiação solar direta que gera seu plano superior.

Portanto pode-se concluir que, em todas as orientações, a “Janela em Sacada” ajuda a amortecer o ganho de luz principalmente nas orientações e horários com radiação solar direta.

3.2.1.2 “Janela em Sacada” versus Janela simples com beiral

A Tabela 3-24 mostra que ambas as janelas têm maiores iluminâncias na área perto da abertura e diminuem quando aumenta a distância. Entretanto, a variação percentual sempre é positiva, provavelmente pelo ganho de iluminâncias que produz a reflexão da radiação no plano inferior da “Janela em Sacada”. As quatro orientações têm um desempenho semelhante no ponto 01 ocorrem acréscimos máximos de 8,9% até 10,1%, no ponto 03 diminuem, até 5%, e aumentam de novo no ponto 05, de 8% até 9,6%.

Tabela 3-24 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” e a janela simples com beiral, nas orientações e pontos estudados.

	NORTE					LESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada	10410	4201	2496	1919	1790	8356	3609	2314	1715	1601
janela simples com beiral	9541	3876	2349	1756	1633	7677	3369	2173	1587	1475
variação	9,1%	8,4%	6,3%	9,3%	9,6%	8,8%	7,1%	6,5%	8,1%	8,5%
	SUL					OESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada	4459	2268	1555	1210	1147	8256	3552	2231	1677	1566
janela simples com beiral	4049	2095	1478	1140	1062	7584	3290	2126	1546	1445
variação	10,1%	8,3%	5,2%	6,1%	8,0%	8,9%	7,9%	5,0%	8,5%	8,4%

Segundo o Gráfico 3-06, em todas as orientações, os maiores desempenhos ocorrem na área mais perto e mais afastada da janela (ponto 01 e 05), e localizam-se na faixa entre 4,5% e

12%. Em todas as orientações, as maiores oscilações, segundo o período do ano, relacionam-se com a disponibilidade de radiação solar direta nas orientações (Norte, Leste e Oeste) (ver Apêndice A).

Todos estes acréscimos produzem-se pela contribuição que faz a radiação refletida no plano inferior da “Janela em Sacada” nas iluminâncias da sala. Portanto, a “Janela em Sacada” tem um melhor desempenho luminoso relativo à janela simples com beiral em todos os períodos do ano e orientações.

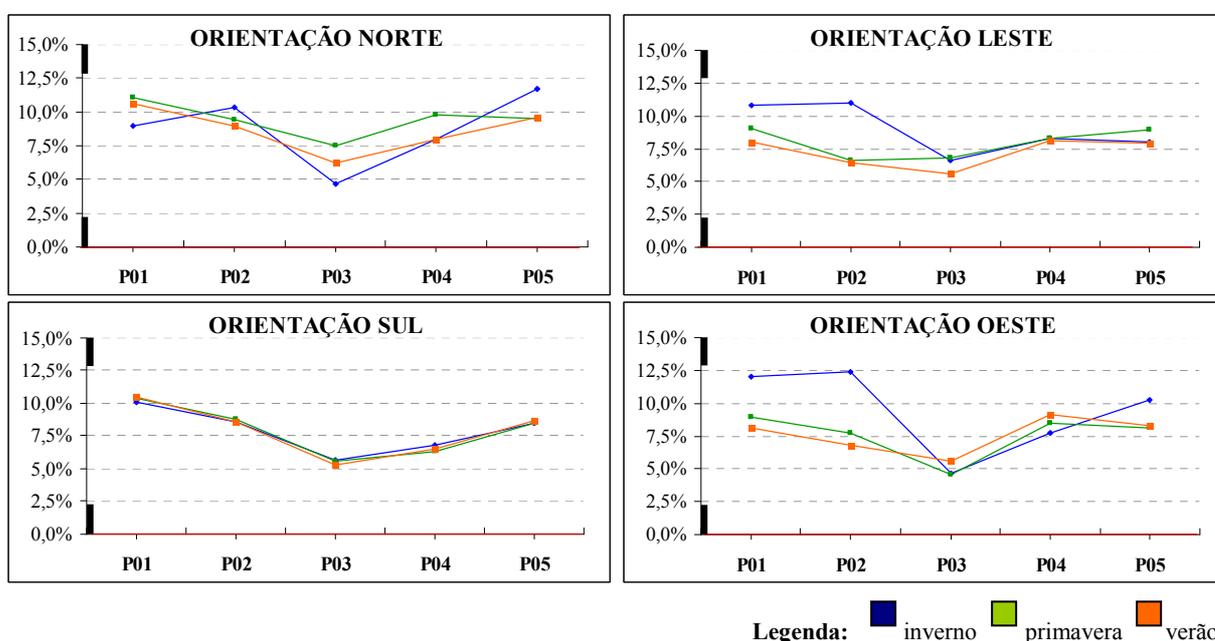


Gráfico 3-06 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” e a janela simples com beiral por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.

Na Tabela 3-25 mostram-se os valores por horário na orientação *Norte*. Nela, pode-se observar que os decréscimos que se apresentam são irrelevantes. No entanto, os maiores acréscimos, por volta de 10%, ocorrem principalmente nas horas da manhã e da tarde no início da sala, em todos os períodos, e todo o dia no final da sala no inverno e na primavera. A maior quantidade de acréscimos ocorre nos períodos com menores ângulos de altura solar (inverno e primavera), isto pode ocorrer pela reflexão que se produz no plano inferior da “Janela em Sacada”.

Nesta análise, o maior acréscimo, de 21% (3.320lx da “Janela em Sacada” versus 2.743lx da janela simples com beiral), observa-se no inverno pela manhã no ponto 02 (ver Tabela 3-25 e Apêndice C).

Tabela 3-25 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Norte versus período do ano, hora e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	11,4	9,6	8,2	7,9	10,7	11,9	9,9	8,1	7,3	10,8	11,3	8,9	8,3	6,8	9,2
8:00	11,4	10,0	8,9	7,8	11,8	13,1	10,2	7,8	7,2	15,8	11,6	9,9	5,6	8,4	16,7
9:00	15,2	21,0	2,9	6,7	12,8	13,5	9,7	12,6	9,4	2,8	11,6	9,4	9,8	7,3	6,3
10:00	6,5	8,4	-4,8	1,9	16,0	10,3	9,6	4,2	12,9	7,2	9,2	6,8	2,7	7,9	6,5
11:00	5,0	7,0	0,6	8,3	13,9	7,4	7,5	6,5	10,7	12,9	9,0	5,8	7,1	8,0	8,2
12:00	4,9	6,6	4,0	12,8	9,5	7,5	7,9	10,3	11,2	4,8	9,8	8,4	-0,1	11,4	5,6
13:00	5,9	4,0	3,4	12,7	7,1	7,7	4,1	8,2	8,5	12,0	9,2	6,8	6,2	5,3	9,2
14:00	3,7	6,5	7,8	5,8	10,6	10,6	9,6	9,3	10,5	7,3	9,7	8,2	6,7	6,3	9,1
15:00	11,5	17,6	9,6	5,0	15,2	14,1	11,8	3,6	12,4	11,8	11,1	12,2	8,8	8,4	13,3
16:00	11,7	11,2	5,6	10,1	10,8	13,5	12,4	5,9	10,2	9,0	12,1	12,6	6,9	11,1	10,4
17:00	11,4	12,0	5,6	8,2	10,3	11,8	10,8	6,3	7,1	10,8	12,0	9,7	6,8	6,5	10,6

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Na orientação *Sul*, não se apresentam decréscimos. Entretanto, os maiores acréscimos ocorrem nas horas da manhã e da tarde na área mais perto da janela em todos os períodos e também na área mais afastada da janela, na primavera e no verão. Os maiores acréscimos ocorrem nas horas e nos períodos com radiação direta do Sol (manhãs e tardes na primavera e verão), interagindo com o plano inferior da sacada (ver Tabela 3-26).

O maior acréscimo observa-se à tarde, no verão de tarde no ponto 05, com um valor de 16,6% (1.458lx versus 1.250lx) (ver Tabela 3-26 e Apêndice C).

Tabela 3-26 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Sul versus período do ano, hora e ponto.

SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	10,8	9,5	6,8	7,2	9,7	11,5	10,0	6,6	7,2	10,6	12,6	11,6	7,0	9,5	9,2
8:00	10,5	9,0	6,4	7,0	9,2	11,4	11,2	7,7	7,3	9,9	12,1	12,7	6,9	11,2	10,4
9:00	10,1	8,4	5,8	6,6	8,6	10,8	9,8	5,4	6,7	8,3	9,5	9,4	7,0	7,9	6,4
10:00	9,8	8,1	5,2	6,2	8,1	8,5	5,7	3,2	5,3	6,2	9,3	6,4	3,8	4,6	6,5
11:00	9,6	7,9	4,9	6,3	7,8	9,5	8,1	4,7	5,3	7,3	9,8	6,6	4,1	4,1	6,0
12:00	9,5	7,9	4,7	6,2	7,6	9,4	7,2	4,6	5,2	7,1	9,2	6,0	3,6	3,7	5,5
13:00	9,6	8,0	4,8	6,5	7,7	9,5	7,4	4,7	5,4	7,2	9,5	6,3	4,0	4,1	5,8
14:00	9,8	8,2	5,0	6,5	7,9	9,7	7,4	4,7	5,4	7,0	9,4	6,2	4,0	4,5	5,4
15:00	10,0	8,7	5,5	7,0	8,4	10,6	10,5	5,2	7,6	7,8	9,3	7,5	6,4	6,4	8,6
16:00	10,4	9,2	6,3	7,4	8,9	11,7	9,3	7,2	7,1	11,4	11,6	9,9	5,7	8,5	16,6
17:00	10,7	9,6	6,5	7,6	9,4	11,8	10,0	7,5	7,3	11,0	13,4	11,7	5,8	7,3	15,2

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Nas orientações *Leste* e *Oeste*, os decréscimos tampouco são relevantes. Entretanto, os maiores acréscimos ocorrem nas horas com radiação direta em todos os períodos (de manhã no Leste, e de tarde no Oeste) e na área perto da janela em torno do meio-dia no inverno (ver Tabela 3-27 e 3-28). Os maiores acréscimos se produzem pela reflexão da radiação solar direta no plano inferior da “Janela em Sacada”.

O maior acréscimo na orientação Leste, de 24,8% (2.047lx versus 1.641lx), acontece pela manhã no ponto 02 no inverno (ver Tabela 3-27 e Apêndice C). E o máximo acréscimo da orientação Oeste observa-se à tarde também no ponto 02 no inverno, com um valor de 29,8% (2.023lx versus 1.558lx) (ver Tabela 3-28 e Apêndice C).

Tabela 3-27 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Leste versus período do ano, hora e ponto.

LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	9,6	8,4	5,3	7,4	8,4	8,4	4,0	3,5	6,6	7,1	4,9	4,5	1,9	11,4	10,7
8:00	8,6	7,5	6,6	8,2	7,5	5,6	3,4	3,3	15,7	7,6	3,9	11,1	6,0	17,5	8,8
9:00	7,3	24,8	5,4	5,6	0,5	5,2	5,3	10,9	2,6	17,0	6,7	2,3	10,7	2,8	9,2
10:00	18,2	12,4	4,3	10,4	10,1	17,1	8,1	12,6	13,4	7,1	13,2	6,7	10,7	9,1	4,9
11:00	14,5	13,3	8,6	13,4	6,1	10,8	7,7	8,4	8,4	9,7	10,5	7,1	1,0	9,7	5,9
12:00	12,1	12,6	8,0	11,1	9,6	10,3	10,2	7,7	7,1	10,7	8,6	6,4	8,0	2,7	8,8
13:00	11,8	10,4	8,6	7,9	10,3	10,0	8,1	6,5	7,2	6,9	9,1	6,8	5,1	5,5	6,7
14:00	10,7	9,0	7,0	7,5	9,8	9,1	7,2	6,2	7,3	8,4	8,5	7,0	5,6	7,0	7,8
15:00	9,3	8,8	6,9	7,1	9,5	8,1	6,8	6,0	7,5	8,6	7,8	6,4	5,2	7,6	8,2
16:00	8,5	7,6	6,3	6,8	8,6	7,6	5,9	5,1	7,8	8,1	7,5	6,3	4,2	8,1	8,2
17:00	8,4	6,3	5,6	6,1	8,1	7,7	5,5	4,4	7,1	7,2	7,7	6,5	3,7	8,1	7,8

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Tabela 3-28 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral na orientação Oeste versus período do ano, hora e ponto.

OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	8,9	8,6	2,9	8,4	7,3	7,8	6,1	3,8	7,6	6,9	7,5	5,4	4,6	7,7	7,6
8:00	9,4	9,9	3,2	9,3	8,9	8,0	7,3	3,5	8,4	8,4	7,4	6,1	4,5	8,0	8,1
9:00	10,2	10,6	3,6	8,9	9,7	8,5	8,1	4,0	8,3	8,9	7,8	6,7	4,8	7,8	8,2
10:00	10,8	9,9	5,0	7,6	8,9	9,3	8,2	4,8	7,8	8,2	8,5	7,0	5,0	7,2	7,9
11:00	11,5	10,5	6,2	7,5	9,1	10,0	9,2	4,5	7,1	7,3	9,0	6,5	4,3	5,5	6,6
12:00	11,7	10,2	5,1	7,7	17,8	8,9	6,4	4,3	5,6	7,6	9,2	6,2	3,8	4,3	5,7
13:00	13,4	12,0	6,2	7,1	13,7	10,3	8,1	8,5	7,6	4,1	10,0	5,6	7,8	6,6	8,4
14:00	19,8	16,3	11,0	5,7	3,6	14,8	12,5	12,2	19,8	1,0	12,8	10,5	11,2	10,8	4,4
15:00	18,3	29,8	-0,5	6,4	13,2	6,2	9,7	-0,5	6,2	13,3	5,6	8,8	7,2	15,0	17,6
16:00	9,3	10,8	3,2	8,9	11,7	5,8	5,4	1,5	8,8	16,0	3,9	11,1	6,0	17,6	8,8
17:00	9,5	8,0	5,5	7,1	8,5	8,8	3,5	3,4	6,0	7,5	8,0	0,9	2,6	9,7	7,9

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Dos resultados obtidos, observa-se que o desempenho luminoso da “Janela em Sacada” sempre é maior que o desempenho da janela simples com beiral.

Em relação aos acréscimos médios dos períodos do ano, em geral os maiores acréscimos apresentam-se no primeiro e no último ponto, entre 8% e 12%, e diminuem até 4,5% e 7,5% no ponto central.

Especificamente, nas orientações *Norte* e *Sul*, os maiores acréscimos ocorrem nas horas da manhã e da tarde (horas com menores ângulos solares e níveis de iluminâncias) no início e final da sala (área com maiores e menores iluminâncias, respectivamente). E os valores máximos apresentam-se no inverno na orientação Norte (menores ângulos de altura solar), e no verão na orientação Sul (com radiação direta só nas manhãs e tardes). No entanto, na orientação *Leste* e *Oeste*, os maiores acréscimos mostram-se em relação à presença de luz direta em todos os períodos, e em torno do meio-dia nos períodos de inverno.

Portanto, a “Janela em Sacada” produz um incremento na quantidade de luz que entra na sala, em relação à janela simples com beiral. Isto ocorre pelo plano inferior da “Janela em Sacada” que reflete para o interior da sala a luz que recebe.

3.2.2 Simulação 2: “Janela em sacada” com planos laterais opacos

Na fase da Simulação 2, estuda-se a influência luminosa da “Janela em Sacada” com protetores solares laterais, usando planos laterais opacos. Portanto, foi comparada uma “Janela em Sacada” com seus planos laterais opacos com uma “Janela em Sacada” com planos laterais transparentes.

A Tabela 3-29 apresenta que ambas as janelas têm maiores iluminâncias na área perto da janela e diminuem quando aumenta a distância. Entretanto, a variação percentual sempre é negativa, pela perda de visão de céu e o bloqueio da radiação solar direta gerado pelos planos laterais opacos da “Janela em Sacada”. Os maiores decréscimos ocorrem no ponto 01, entre -14,5% e -18% (exceto na orientação Norte que tem seu decréscimo máximo no ponto 02, de -17,3%) e diminuem à medida em que aumenta a distância da janela (até -11,1%).

Tabela 3-29 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes, nas orientações e pontos estudados.

	NORTE					LESTE				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada com lados opacos	8903	3475	2169	1684	1571	7040	3166	2008	1500	1424
Janela em sacada com lados transparentes	10410	4201	2496	1919	1790	8356	3609	2314	1715	1601
variação	-14,5%	-17,3%	-13,1%	-12,2%	-12,2%	-15,7%	-12,3%	-13,2%	-12,6%	-11,1%
	SUL					OESTE				
Janela em sacada com lados opacos	3657	1946	1341	1043	992	6980	3131	1955	1475	1377
Janela em sacada com lados transparentes	4459	2268	1555	1210	1147	8256	3552	2231	1677	1566
variação	-18,0%	-14,2%	-13,7%	-13,8%	-13,5%	-15,5%	-11,8%	-12,4%	-12,1%	-12,1%

O Gráfico 3-07 apresenta a relação percentual das iluminâncias médias por período entre uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e uma “Janela em Sacada” com ambos os planos transparentes.

Nele, pode-se observar que todas as orientações têm um desempenho luminoso semelhante. Mostra-se, em geral, um pequeno decréscimo menor no primeiro ponto (entre -11% e 21,6%), que aumenta no segundo e fica constante no centro e final da sala (até -9,3% e -15,4%), exceto no período de inverno na orientação *Norte*, que tem um decréscimo menor no segundo ponto (ver Apêndice A).

Portanto, a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos tem um desempenho luminoso menor relativo ao da “Janela em Sacada”.

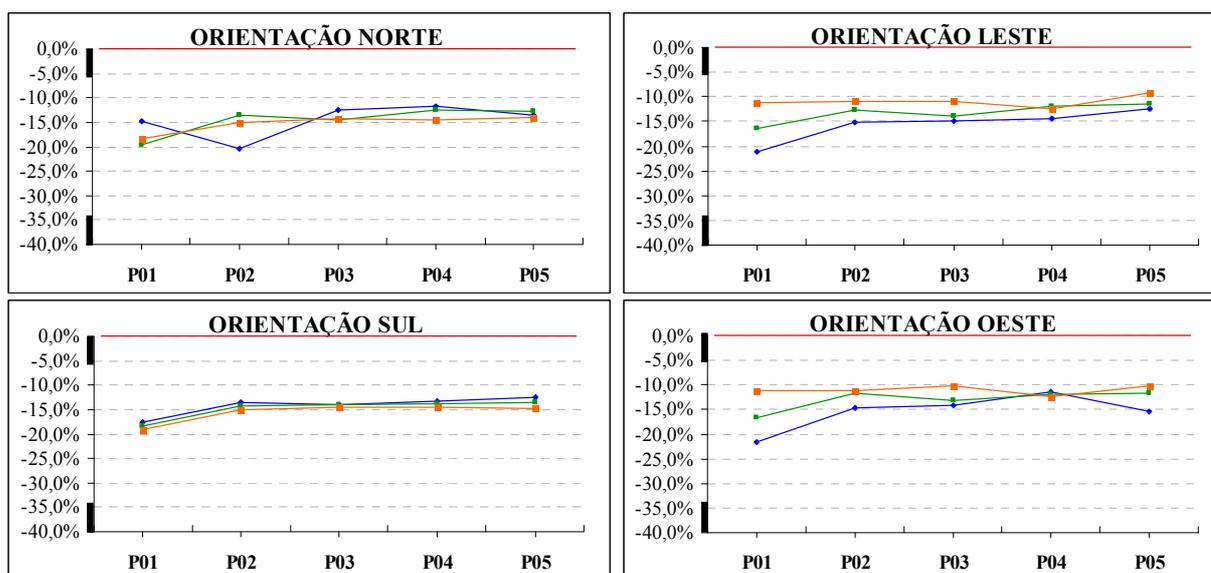


Gráfico 3-07 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes por período do ano nas orientações Norte, Leste, Sul e Oeste.

Na Tabela 3-30, mostram-se os valores médios do período por horário do desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos orientada ao *Norte*, segundo o ponto de distanciamento da janela.

Observam-se somente decréscimos nesta orientação. Os maiores decréscimos ocorrem nas manhãs e tardes na área perto da janela em todos os períodos e até no centro da sala no verão. No período de inverno ocorrem os decréscimos máximos, assim como também os mínimos. Neste período, o ângulo solar é mais baixo, portanto os planos laterais não só protegem da radiação solar direta da manhã e da tarde (como faz com os outros dois períodos), mas também trabalham como refletores solares, aumentando as iluminâncias no interior da sala (mas ainda assim ficam com valores negativos). O máximo decréscimo, -61%, ocorre no inverno de tarde no ponto 02, e se relaciona com 4.482lx da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos e 11.500lx da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes (ver Tabela 3-30 e Apêndice C).

Tabela 3-30 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Norte versus período do ano, hora e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-21,4	-14,2	-16,3	-14,7	-13,8	-21,8	-14,9	-16,4	-14,7	-14,7	-20,4	-14,5	-16,5	-14,1	-13,9
8:00	-24,5	-15,0	-16,4	-14,6	-14,2	-21,6	-15,6	-16,7	-12,8	-19,9	-21,5	-16,4	-15,0	-16,5	-20,4
9:00	-24,1	-16,3	-12,6	-9,5	-13,2	-40,6	-12,2	-18,2	-11,7	-13,2	-20,2	-18,0	-16,6	-13,8	-10,7
10:00	-7,5	-50,7	-4,8	-10,0	-14,5	-11,6	-11,1	-13,8	-9,9	-10,9	-16,0	-12,9	-13,3	-14,3	-11,5
11:00	-5,4	-7,5	-7,1	-10,9	-12,9	-7,4	-13,1	-7,9	-12,1	-10,8	-13,9	-13,0	-13,9	-13,9	-11,8
12:00	-4,7	-7,2	-7,8	-11,3	-3,2	-7,5	-11,4	-14,6	-13,0	-5,4	-17,0	-14,9	-9,8	-18,3	-9,2
13:00	-6,7	-5,0	-9,2	-10,4	-15,7	-7,0	-10,1	-11,5	-7,5	-11,5	-14,6	-13,8	-10,3	-12,1	-12,6
14:00	-6,7	-61,0	-18,2	-12,0	-9,8	-10,2	-17,5	-16,8	-11,3	-9,7	-16,2	-13,7	-13,3	-11,5	-16,3
15:00	-14,3	-18,0	-16,3	-7,5	-20,5	-44,9	-12,6	-12,1	-14,3	-14,0	-20,0	-14,7	-16,8	-14,2	-14,8
16:00	-25,6	-15,0	-14,5	-14,2	-14,8	-21,7	-16,1	-15,3	-15,7	-15,4	-21,6	-18,0	-16,6	-18,0	-16,8
17:00	-20,7	-15,3	-15,1	-13,5	-15,0	-21,4	-15,4	-16,2	-13,6	-16,0	-20,7	-14,9	-15,8	-13,4	-15,8

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
00: n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Na orientação *Sul*, tampouco existem acréscimos. Os maiores decréscimos ocorrem na área perto da janela durante o dia todo no inverno, nas manhãs e tardes na primavera e no verão. A uniformidade dos decréscimos no período de inverno ocorre pela presença só de radiação refletida, entretanto os maiores decréscimos ocorrem pela presença de radiação solar direta só cedo de manhãs e no final das tardes. O máximo decréscimo observa-se à tarde no ponto 01 do verão, com um valor de -23% (3.419lx versus 4.443lx) (ver Tabela 3-31 e Apêndice C).

Tabela 3-31 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Sul versus período do ano, hora e ponto.

SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-19,0	-14,2	-15,4	-13,6	-13,8	-20,8	-15,2	-16,4	-14,0	-15,6	-21,5	-16,3	-18,4	-16,2	-16,7
8:00	-18,3	-13,8	-14,9	-13,5	-13,3	-20,1	-15,9	-16,3	-14,2	-15,1	-21,8	-17,9	-16,5	-17,7	-16,9
9:00	-17,5	-13,5	-14,2	-13,3	-12,8	-18,6	-15,0	-13,7	-13,7	-13,6	-19,1	-16,6	-16,5	-15,9	-13,9
10:00	-16,8	-13,2	-13,6	-13,1	-12,4	-17,0	-13,3	-13,0	-13,9	-12,7	-17,3	-13,8	-12,9	-13,3	-13,5
11:00	-16,4	-13,1	-13,3	-13,1	-12,0	-16,2	-13,6	-12,5	-12,6	-12,3	-16,5	-13,2	-12,2	-12,4	-12,4
12:00	-16,2	-13,0	-13,1	-13,1	-11,9	-15,9	-12,9	-12,3	-12,6	-12,1	-15,8	-12,8	-11,8	-12,4	-12,0
13:00	-16,4	-13,1	-13,2	-13,2	-11,0	-16,2	-13,0	-12,4	-12,7	-12,1	-16,2	-12,9	-12,0	-12,5	-12,0
14:00	-16,7	-13,3	-13,3	-13,3	-12,2	-16,9	-13,3	-12,8	-13,1	-12,3	-17,6	-14,1	-13,1	-13,7	-12,3
15:00	-17,5	-13,6	-13,8	-13,4	-12,6	-18,4	-15,7	-13,5	-14,9	-13,0	-18,9	-15,2	-15,6	-15,3	-14,8
16:00	-18,3	-14,0	-14,6	-13,6	-13,1	-20,3	-14,7	-15,5	-14,3	-15,7	-21,7	-16,3	-15,1	-16,4	-20,2
17:00	-19,0	-14,3	-14,9	-13,8	-13,5	-21,2	-15,0	-15,9	-14,6	-14,9	-23,0	-15,9	-14,6	-14,9	-19,2

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
00: n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

As Tabelas 3-32 e 3-33 apresentam os valores médios dos períodos por horário nas orientações *Leste* e *Oeste*. Nestas orientações, os acréscimos tampouco são relevantes.

No entanto, os maiores decréscimos, em geral, ocorrem em toda a sala nas horas com radiação direta do Sol: pelas manhãs na orientação Leste e nas tardes na orientação Oeste, assim como também em torno do meio-dia nos pontos perto da janela. Os maiores decréscimos são produtos do bloqueio da radiação solar direta, e os menores são produto da contribuição que faz a radiação solar nos planos laterais.

Na orientação Leste, o maior decréscimo, de -67,1% (3.732lx versus 11.346lx), apresenta-se no inverno no ponto 01 de manhã (ver Tabela 3-32 e Apêndice C). E o maior decréscimo da orientação Oeste é de -53,7% (5.240lx versus 11.315lx), e ocorre na primavera, no ponto 01 de tarde (ver Tabela 3-33 e Apêndice C).

Tabela 3-32 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Leste versus período do ano, hora e ponto.

LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-16,3	-13,1	-13,7	-13,3	-12,1	-12,2	-5,8	-6,0	-9,4	-9,4	-7,0	-3,1	-4,3	-16,0	-11,1
8:00	-14,7	-21,9	-16,0	-14,0	-12,3	-7,2	-4,2	-21,9	-11,7	-12,2	-3,5	-10,2	-9,5	-13,7	0,6
9:00	-5,2	-20,4	-7,3	-13,5	-12,0	-3,6	-27,5	-16,4	-2,7	-11,3	-2,3	-13,2	-12,4	-6,7	-8,4
10:00	-67,1	-8,5	-18,6	-10,8	-9,4	-51,7	-13,5	-14,3	-13,7	-6,8	-15,8	-8,9	-11,9	-10,3	-8,1
11:00	-18,8	-15,4	-18,1	-19,8	-15,3	-16,6	-12,4	-14,1	-12,8	-17,9	-15,7	-12,0	-7,7	-15,9	-8,2
12:00	-21,6	-17,8	-16,7	-18,4	-15,0	-18,3	-15,1	-15,6	-14,7	-13,7	-16,0	-15,6	-13,6	-12,8	-13,7
13:00	-21,5	-15,2	-15,9	-14,5	-14,0	-18,3	-14,5	-14,4	-14,5	-12,0	-15,0	-12,8	-12,2	-12,3	-11,5
14:00	-21,6	-14,0	-14,4	-13,6	-12,6	-16,6	-12,8	-13,2	-12,7	-11,3	-13,2	-12,3	-12,1	-12,1	-11,0
15:00	-18,3	-14,4	-14,6	-13,4	-12,3	-13,5	-12,5	-13,4	-12,5	-10,9	-11,5	-11,3	-12,1	-12,1	-10,7
16:00	-14,8	-13,7	-14,9	-13,7	-11,4	-11,6	-10,9	-12,9	-12,8	-10,3	-10,7	-10,3	-11,7	-12,4	-10,3
17:00	-13,2	-11,8	-13,9	-13,6	-10,5	-11,0	-9,8	-11,6	-12,6	-9,3	-10,9	-10,2	-12,0	-13,0	-9,9

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Tabela 3-33 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes na orientação Oeste versus período do ano, hora e ponto.

OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-13,3	-12,7	-13,2	-13,5	-11,2	-10,9	-10,0	-11,7	-13,0	-9,4	-10,9	-9,9	-11,8	-12,5	-9,7
8:00	-15,3	-14,7	-13,5	-13,1	-13,1	-11,7	-11,4	-12,7	-13,0	-10,8	-10,7	-10,3	-11,8	-12,3	-10,2
9:00	-18,9	-15,2	-13,9	-12,6	-14,0	-13,8	-13,0	-12,6	-12,5	-12,1	-11,5	-11,3	-11,9	-12,2	-10,9
10:00	-21,9	-14,6	-14,3	-12,0	-14,5	-16,9	-13,2	-12,8	-12,1	-12,7	-13,3	-12,1	-11,9	-12,1	-11,4
11:00	-21,6	-15,3	-15,1	-13,0	-15,0	-18,2	-14,6	-12,9	-13,2	-13,1	-15,0	-12,6	-11,9	-12,2	-11,8
12:00	-21,8	-16,3	-15,1	-15,1	-22,0	-18,6	-14,9	-14,5	-14,4	-15,1	-15,8	-12,8	-11,9	-12,3	-12,0
13:00	-20,1	-16,0	-14,5	-14,0	-22,9	-16,2	-15,6	-16,5	-13,9	-10,9	-14,9	-14,5	-12,4	-14,2	-12,4
14:00	-50,1	-10,3	-19,9	1,1	-16,4	-53,7	-9,5	-16,4	-8,7	-7,4	-16,6	-12,3	-10,9	-11,7	-6,2
15:00	-23,2	-16,7	-10,5	-7,2	-13,5	-4,5	-15,3	-4,4	-9,7	-15,4	-2,5	-15,6	-6,9	-14,4	-11,7
16:00	-15,3	-17,7	-11,5	-13,3	-14,8	-6,4	-5,7	-25,1	-12,5	-12,3	-3,5	-10,2	-9,5	-13,7	0,6
17:00	-16,2	-12,9	-13,9	-13,3	-11,9	-12,2	-5,4	-5,6	-9,0	-10,3	-9,1	-1,6	-1,7	-8,3	-16,6

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Como era de se esperar, nos resultados obtidos observa-se que o desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos sempre é menor que o desempenho da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes.

Em relação aos decréscimos médios dos períodos do ano, pode-se observar que todas as orientações têm um desempenho luminoso semelhante. Nelas mostra-se, em geral, um maior decréscimo no primeiro ponto (entre -11% e -21,6%), que aumenta no segundo e fica relativamente constante no centro e final da sala (até -9,3% e -15,4%), exceto no período de inverno na orientação Norte, que tem um decréscimo menor no segundo ponto.

Neste caso, ambos os planos laterais da “Janela em Sacada” não só se desempenham como um protetor solar (maior responsável pelos decréscimos desta fase de simulação), como também, em alguns períodos, refletem a luz para o interior do ambiente, diminuindo os decréscimos ao longo do eixo da sala.

Nas orientações *Norte* e *Sul*, esta janela diminui a iluminação nas horas da manhã e da tarde (horas com menor nível de iluminâncias) na área perto da janela (área com maiores iluminâncias). E os maiores e menores decréscimos ocorrem na presença de radiação solar

direta com os menores ângulos solares (inverno na orientação Norte). No entanto, na orientação *Leste* e *Oeste*, os maiores e menores decréscimos apresentam-se nas horas com presença de luz direta (de manhã no Leste e de tarde no Oeste) em toda a sala, e no inverno ao meio-dia.

3.2.3 Simulação 3: "Janela em sacada" com beiral

Na fase da Simulação 3, estudou-se a influência luminosa da "Janela em Sacada" com protetores solares horizontais. Por isto, foi comparada uma "Janela em Sacada" com beiral com uma "Janela em Sacada" simples.

A Tabela 3-34, como era de se esperar, mostra que ambos os ambientes têm maiores iluminâncias na área perto da abertura e diminuem quando aumenta a distância. Entretanto, a variação percentual, que sempre é negativa, tem maiores valores no ponto 01 (-54,4%), que diminuem à medida em que aumenta a distância da janela (até -29,9% no ponto 04). Nesta fase só ocorrem decréscimos pela perda de visão do céu e a obstrução da radiação solar direta, que produz o beiral.

Tabela 3-34 – Tabela das médias anuais das iluminâncias e as variações percentuais entre a "Janela em Sacada" com beiral e a "Janela em Sacada", na orientação e pontos estudados.

	NORTE				
	P01	P02	P03	P04	P05
Janela em sacada com beiral	4744	2350	1670	1345	1214
Janela em sacada	10410	4201	2496	1919	1790
variação	-54,4%	-44,1%	-33,1%	-29,9%	-32,2%

O Gráfico 3-08 apresenta a relação percentual das iluminâncias médias por período entre a "Janela em Sacada" com beiral e a "Janela em Sacada".

A orientação *Norte* apresenta os maiores decréscimos na área perto da janela, no ponto 01 na primavera e verão, e no ponto 02 no inverno, com valores entre -39,2% e -50,5%, que diminuem à medida em que aumenta a distância da abertura. Os menores decréscimos apresentam-se no ponto 04, com valores entre -23,1% e -28,6%. Portanto, a "Janela em

Sacada” com beiral apresenta um desempenho luminoso menor relativo ao da “Janela em Sacada” (ver Apêndice A).

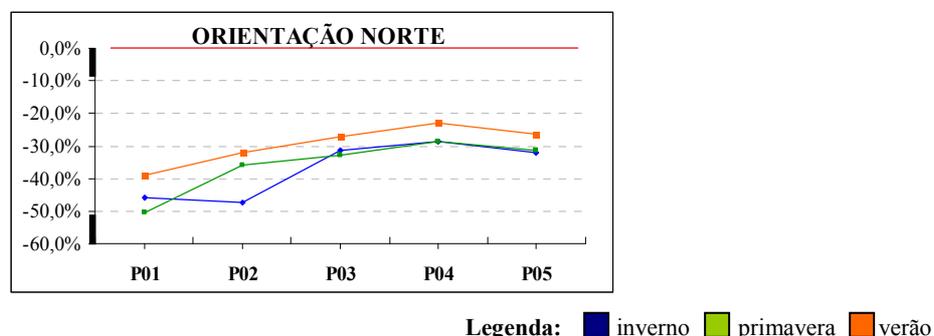


Gráfico 3-08 – Gráficos da diferença percentual entre a “Janela em Sacada” com beiral e a “Janela em Sacada” por período do ano na orientação Norte.

Na Tabela 3-35 mostram-se os valores médios do período por horário do desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” com beiral, orientada ao *Norte*, segundo o ponto de distanciamento da janela.

Nesta orientação, apresentam-se somente decréscimos, e seus maiores valores observam-se nas horas em torno do meio-dia nos pontos mais próximos da abertura em todos os períodos. Os máximos decréscimos ocorrem no período do inverno e da primavera, quando os ângulos solares são menores.

O maior decréscimo apresenta-se de tarde no inverno no ponto 02, e tem um valor de -73,9% (3.002lx da “Janela em Sacada” com beiral versus 11.500lx da “Janela em Sacada”) (ver Tabela 3-35 e Apêndice C).

Tabela 3-35 – Tabela do acréscimo percentual médio do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral comparada com uma “Janela em Sacada” na orientação Norte versus período do ano, hora e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
7:00	-36,0	-30,8	-28,6	-22,5	-26,3	-36,6	-30,5	-27,0	-20,7	-26,1	-35,6	-29,0	-26,7	-20,0	-24,2
8:00	-34,4	-32,1	-29,4	-22,9	-26,9	-37,7	-30,1	-28,7	-19,8	-27,3	-35,9	-26,9	-22,5	-20,1	-27,0
9:00	-27,6	-37,5	-28,7	-25,4	-30,0	-36,5	-32,3	-33,5	-26,8	-29,1	-39,7	-33,0	-27,2	-21,8	-24,0
10:00	-50,1	-67,1	-30,0	-31,2	-40,2	-63,2	-40,4	-33,6	-34,3	-36,0	-40,9	-33,9	-27,8	-25,3	-26,1
11:00	-70,2	-55,1	-35,4	-38,2	-38,5	-67,0	-42,5	-39,4	-38,8	-38,1	-42,5	-34,8	-31,2	-26,8	-28,3
12:00	-72,0	-58,2	-34,2	-34,3	-35,9	-67,3	-42,8	-42,0	-35,9	-35,6	-41,7	-33,5	-27,3	-27,4	-23,7
13:00	-70,0	-68,5	-34,9	-37,1	-37,1	-67,1	-40,6	-38,4	-35,0	-39,1	-42,8	-34,9	-30,3	-25,0	-28,8
14:00	-47,9	-73,9	-39,6	-34,1	-33,0	-65,2	-41,7	-38,1	-32,7	-31,6	-40,5	-33,4	-28,9	-24,5	-28,7
15:00	-27,1	-36,1	-30,8	-23,2	-33,1	-40,8	-34,3	-29,2	-27,6	-31,1	-39,4	-33,9	-26,6	-20,7	-28,4
16:00	-34,1	-31,8	-27,6	-23,1	-26,8	-37,0	-30,3	-25,8	-21,2	-25,3	-35,3	-28,8	-23,3	-21,9	-24,4
17:00	-36,0	-32,0	-27,2	-22,3	-26,2	-36,8	-31,1	-26,2	-20,9	-25,6	-36,5	-29,4	-26,2	-20,4	-24,5

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; **00:** n° máx e mín da tabela; **00:** n° máximo do período, positivo e negativo; **00:** n° mínimo do período, positivo e negativo.

Dos resultados obtidos, observa-se que o desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral diminui o desempenho luminoso da “Janela em Sacada”.

Em relação aos decréscimos médios dos períodos do ano, os maiores valores apresentam-se no primeiro e segundo pontos, entre -40% e -50%, que diminuem até -23% e -29% no ponto 04.

Segundo a tabela por período, os maiores decréscimos apresentam-se na área perto da janela, em torno do meio-dia, e nos períodos com menores ângulos de radiação solar (inverno e primavera) observam-se os valores máximos. Isto se produz pela obstrução na incidência da radiação solar direta nestes meses, que é produzida pelo beiral da “Janela em Sacada”.

Portanto, nesta orientação, a “Janela em Sacada” com beiral ajuda a amortecer o ganho de luz, principalmente na área e nas horas com maior radiação solar (perto da abertura, ao meio-dia).

4. CONCLUSÕES

Neste último capítulo, apresentam-se as conclusões da pesquisa, relacionadas com os objetivos propostos, específicos e gerais, e resumem-se as principais limitações do estudo, bem como as sugestões para pesquisas futuras.

4.1 Conclusões

4.1.1 Conclusões e Objetivos Específicos

- O primeiro objetivo específico foi estudar o uso da “Janela em Sacada” em residências, no contexto global e, especificamente, nas cidades de Maceió (Brasil) e Valparaíso (Chile). Segundo a revisão bibliográfica apresentada na pesquisa, esta tipologia de janela existe em muitos lugares do mundo e em diferentes formas, e seu uso está relacionado principalmente com aspectos estéticos e formais, e não necessariamente associados a aspectos técnicos e ambientais. No caso da cidade de Maceió, existem poucos exemplos desta janela, porém há muitas tipologias de “Janela em Sacada” associadas a fechamentos de varandas. Já no caso de Valparaíso, o uso desta janela é massivo e diverso em sua configuração; no caso das construções mais antigas, seu uso relaciona-se com aspectos térmicos e luminosos. No entanto, nas construções atuais, seu uso é influenciado por aspectos formais e culturais.

- O segundo objetivo específico foi avaliar o comportamento luminoso da “Janela em Sacada”, em comparação às janelas simples, em um espaço interior padrão de habitação. Em ambos os estudos, o desempenho luminoso da “Janela em Sacada” é menor em relação ao da janela simples, e maior ao da janela simples com beiral. E seus desempenhos são semelhantes entre as orientações Norte e Sul, e entre as Leste e Oeste.

Em relação à janela simples, a “Janela em Sacada” diminui os valores das iluminâncias, em média entre 1% e 20%, com decréscimos médios excepcionais que chegam até 30% e

acréscimos que chegam até 1,2%. Em particular, os maiores decréscimos apresentam-se no início e centro da sala em torno do meio-dia (hora com maior iluminação) nas orientações Norte e Sul, e nas horas com radiação solar nas orientações Leste e Oeste, em ambas as cidades. Entretanto, no final da sala (área mais escura), apresentam-se os menores decréscimos, que chegam a pequenos valores positivos (de até 10%) nas horas da manhã e da tarde nas orientações Norte e Sul, só na cidade de Maceió, e nas horas com radiação solar direta nas orientações Leste e Oeste, em ambas as cidades.

Em comparação com a janela simples com beiral, a “Janela em Sacada” aumenta as iluminâncias em média entre 3% e 13%. Os maiores acréscimos ocorrem nas orientações Norte e Sul, principalmente na área perto da abertura (área com maior iluminação) em todo o dia, no caso de Maceió, e na área mais perto e mais afastada da janela, nas horas da manhã e tarde (horas com menor iluminação) no caso de Valparaíso. Nas orientações a Leste e a Oeste, os maiores acréscimos apresentam-se, em geral, em toda a área da sala nas horas com incidência de radiação solar direta, em ambas as cidades.

- O terceiro objetivo específico foi avaliar o comportamento luminoso do uso de protetores solares externos verticais e horizontais na “Janela em Sacada”, segundo as diferentes estratégias climáticas para os climas quente semi-úmido e temperado mediterrâneo, que possuem as cidades estudadas.

Em relação ao uso de protetores solares laterais e verticais, a “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos tem um desempenho luminoso menor relativo ao da “Janela em Sacada”, já que diminui os valores das iluminâncias com uma média entre -10% e -20%. Esta diminuição apresenta diferenças entre as orientações Norte-Sul e Leste-Oeste. Nas orientações Norte e Sul, os maiores decréscimos ocorrem principalmente na área perto da abertura (área com maior iluminação) nas horas da manhã e tarde (horas com menores

iluminâncias), pelo ângulo solar (baixo e lateral) que apresentam estas horas do dia nestas orientações. E nas orientações Leste e Oeste, os maiores decréscimos apresentam-se nas horas com radiação solar direta (manhã e tarde, respectivamente) em toda a sala, pela perda de visão do céu que esta janela com protetores solares laterais produz.

Com respeito ao uso de protetores solares horizontais, o desempenho luminoso de uma “Janela em Sacada” com beiral relativo ao da “Janela em Sacada” produz sempre uma maior diminuição das iluminâncias em relação ao uso de protetores solares laterais, já que apresenta um decréscimo médio entre -20% e -50%. Os maiores decréscimos ocorrem na área perto da abertura (área com maior iluminação); e os horários de maiores decréscimos têm relação direta com a incidência de radiação solar direta nos períodos do ano e suas orientações (ao meio-dia nos períodos com radiação solar direta e todo o dia nos períodos com radiação refletida).

Portanto, o uso de protetores solares poderia contribuir com a uniformidade luminosa da sala ao diminuir as iluminâncias nas áreas e horas com maior iluminação (área perto da janela e horas com incidência de radiação solar direta). E o protetor solar vertical na “Janela em Sacada” produz menores decréscimos em relação ao protetor solar horizontal na “Janela em Sacada”.

- O quarto objetivo específico foi avaliar as diferenças do comportamento luminoso da “Janela em Sacada” nos climas das cidades estudadas. Por isto, apresentam-se a continuação as conclusões das comparações do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” no clima da cidade de Maceió versus no clima da cidade de Valparaíso, segundo a fase de Simulação.

Em geral, em ambas as cidades, a “Janela em Sacada” diminui o desempenho luminoso relativo da janela simples em valores semelhantes nas orientações Norte e Sul, e seus maiores decréscimos apresentam-se nos períodos com incidência de radiação solar direta para ambas

as cidades com valores similares. Nas orientações Leste e Oeste, estes decréscimos apresentam-se nas horas com radiação solar direta em ambas as cidades, mas os decréscimos são menores na cidade de Valparaíso, nos períodos com ângulos solares menores (inverno e primavera).

Entretanto, em ambas as cidades, a “Janela em Sacada” aumenta, com valores semelhantes, o desempenho luminoso da janela simples com beiral. Estes acrescentamentos são similares nas orientações Norte e Sul, no entanto, nas Leste e Oeste, são maiores na cidade de Valparaíso.

Nas orientações Norte e Sul, esta janela apresenta os maiores acréscimos principalmente na área perto da abertura em todo o dia no caso de Maceió, e na área mais perto e mais afastada de janela, nas horas da manhã e tarde no caso de Valparaíso. Entretanto, nas orientações Leste e Oeste, apresentam-se os maiores acréscimos em toda a sala nas horas com radiação solar direta.

Já no caso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos, esta diminui os níveis de iluminação com respeito aos da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes em ambas as cidades estudadas. Este desempenho tem maiores decréscimos na orientação Norte na cidade de Maceió (orientação com as maiores alturas solares) e nas orientações Leste e Oeste, somente no inverno e primavera (menores alturas solares) na cidade de Valparaíso.

No caso das orientações Norte e Sul, em ambas as cidades, a “Janela em Sacada” com planos laterais opacos apresenta os maiores decréscimos nas horas da manhã e da tarde na área perto da janela. Entretanto, nas orientações Leste e Oeste, diminui o nível de iluminação nas horas com radiação solar direta em toda a sala também em ambas as cidades; porém, em Maceió, os decréscimos máximos ocorrem cedo de manhã e tarde à tarde, e em Valparaíso estes valores ocorrem em torno do meio-dia.

E, finalmente, a “Janela em Sacada” com beiral, que tem um desempenho luminoso relativo menor do que o da “Janela em Sacada” apresenta na orientação Norte, decréscimos com valores semelhantes em ambas as cidades, com um maior incremento na primavera de Valparaíso (onde apresenta uma menor altura solar). Os maiores valores apresentam-se na área perto da janela, principalmente nas horas em torno do meio-dia, em ambas as cidades.

- O quinto e último objetivo específico foi Propor estratégias de projeto para as “Janelas em Sacada”, segundo diferentes diretrizes para ambos os climas, considerando sua influência e comportamento luminoso em espaços interiores de modelos habitacionais.

Quando se desenha uma “Janela em Sacada”, tem que se tomar em conta variáveis como a orientação que ela tem e a latitude do lugar onde vai ser implementada, de modo a considerar as alturas solares e a conseqüente interação, principalmente da radiação solar direta com os elementos que compõem a janela. Por uma parte, tem que se considerar o plano superior atuará como protetor solar e gerará uma perda na visão do céu e uma diminuição das iluminâncias no interior dos ambientes (principalmente na área perto à janela). Por sua vez, o plano inferior contribuirá com pequenos acréscimos de iluminâncias gerados por este plano que atua como refletor, mas estes ganhos geralmente são menores que as perdas geradas pelo plano superior.

Por outro lado, segundo os resultados, o uso de protetores solares verticais e horizontais na “Janela em Sacada” gera diminuições no desempenho luminoso até 20% e 50%, na área perto à janela, o que poderia contribuir à uniformidade luminosa no ambiente e ao controle dos conseqüentes ganhos térmicos, no caso da cidade de Maceió. No caso da cidade de Valparaíso, é necessário o dimensionamento adequado para garantir a proteção da radiação solar direta só nos períodos de primavera e verão, e permitir o ingresso desta nos períodos onde é necessária uma maior iluminação e aquecimento dos ambientes.

Portanto, para o desenho com protetores solares na “Janela em sacada” deve-se considerar que o protetor solar vertical diminui as iluminâncias observadas na área perto da abertura nas horas da manhã e tarde nas orientações Norte e Sul, no entanto, nas horas com radiação direta nas Leste e Oeste. Porém, o protetor tipo beiral gera maiores diminuições relativas, nos horários e áreas com maior radiação.

4.1.2 Conclusões e Objetivo Geral

A presente dissertação teve como objetivo geral contribuir para o estudo dos espaços de transição, por meio da análise comparativa do desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada” em habitações, utilizadas em cidades com climas temperado mediterrâneo e tropical úmido.

Os resultados sugerem que, contrário à crença popular que diz que o uso da “Janela em sacada” contribui com um maior ganho da iluminação nos ambientes, esta janela diminui o desempenho luminoso comparado com uma janela simples, até um 18%, principalmente as altas iluminâncias observadas na área perto da abertura, o que sim poderia contribuir com uma maior uniformidade luminosa na sala.

Ao contrário, a “Janela em Sacada” em relação a uma janela simples com beiral, aumentará os níveis de iluminâncias, em até um 13%; contribuição gerada pela influência do plano inferior desta janela, que atua como elemento refletor.

No entanto, o uso de protetores solares (verticais e horizontais) na “Janela em sacada”, deve considerar as diminuições luminosas que produz nos ambientes, entre 20% e 50%. Um desenho apropriado deste sistema deve atender que estas diminuições não sejam excessivas para os requerimentos ambientais, segundo o clima, a atividade desenvolvida, o horário e a orientação da janela.

Conclui-se que uma abordagem correta no desenho da “Janela em sacada” deve considerar as diferenças climáticas das cidades estudadas, com o fim de dar o uso mais apropriado a este espaço de transição. No caso de Maceió, estas diminuições poderiam contribuir ao controle dos possíveis ganhos luminosos e seus conseqüentes ganhos térmicos nos ambientes. No entanto, no caso de Valparaíso, esta janela pode ser utilizada como um elemento de controle da radiação solar, segundo os requerimentos do período do ano.

Através dessas considerações finais, espera-se contribuir para uma definição dos modelos mais apropriados para o uso da “Janela em sacada”, considerando um adequado aproveitamento da luz natural nos ambientes habitacionais.

4.2 Limitações do Trabalho

Há uma carência de referências bibliográficas, pela falta de estudos precedentes sobre a “Janela em Sacada” — tanto estudos históricos como técnicos, luminosos, térmicos etc. — o que gerou um grande número de variáveis a serem analisadas. Portanto, os modelos e simulações realizadas puderam só introduzir o estudo da “Janela em Sacada”. Ainda assim, os modelos analisados já foram suficientes para produzir um conjunto de resultados que contribuem com os objetivos propostos.

Pela falta de estudos precedentes e a grande quantidade de tipologias existentes de “Janelas em Sacada”, foi preciso simplificar o estudo, no uso de uma tipologia mais simples da janela. Pela mesma razão, não foram estudadas comparações entre os desempenhos de diferentes tipos de “Janelas em Sacada” — não foram avaliados diferentes tipos de proteção solar, ou estudados diferentes tipos de refletância nas janelas ou salas, cuja quantidade de reflexão poderia ter melhorado o desempenho de alguns modelos.

O tipo de céu escolhido para o estudo é igual em ambas as cidades, simplificado na tipologia de céu comum de cada cidade, apesar de que a cidade de Valparaíso apresenta também céu nublado em muitos de seus dias.

Como se optou pelo estudo dos pontos da seção transversal do plano de trabalho da sala para o estudo da iluminância — por motivos de simplificação — não foi possível avaliar a distribuição de iluminâncias no plano de trabalho completo.

Não foram feitas avaliações do conforto visual na sala (contraste e ofuscamento pela diferença de luminância nos diferentes pontos do plano de trabalho).

4.3 Sugestões para Futuros Estudos

A partir desta pesquisa, da revisão bibliográfica, do estudo, das análises e das conclusões realizadas nesta dissertação, com base nas limitações encontradas, recomenda-se as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Aprofundar o estudo do desempenho luminoso relativo da “Janela em Sacada”; aumentando os tipos de modelo desta janela.
- Aprofundar o estudo da proteção solar vertical, mediante o uso de um ou ambos os planos laterais opacos.
- Aprofundar o estudo dos valores das iluminâncias e sua relação com o conforto visual.
- Analisar a influência da refletância dos materiais da “Janela em Sacada”.
- Estudar o desempenho térmico da “Janela em Sacada”.
- Estudar a relação entre o desempenho luminoso e o desempenho térmico da “Janela em Sacada”.
- Estudo luminoso e térmico de outros espaços de transição.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHARD, G; LAFORGUE, P; SOUYRI, B. **Evaluation of Radiative Comfort in Office Buildings**. Laboratoire Génie Civil et Habitat, Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Chambéry, Université de Savoie Savoie Technolac - 73376 LE BOURGET Cédex – France, 1995. Disponível em: <<http://www1.estado.com.br/redac/manual.html>>. Acesso em: 12 junho 2007.
- AHI Weblogs. **One house, two house, row house, town house**. United States, 2005. Disponível em: <<http://www1.estado.com.br/redac/manual.html>>. Acesso em: 27 janeiro 2007.
- ANDERSENWINDOWS.COM. **Windows Types: Bay & Bow Windows**. Disponível em: <<http://www.andersenwindows.com>>. Acesso em: 27 janeiro 2007.
- BACHELARD, Gastón. **La poética del espacio**. Fondo de la cultura económica: México, 1991.
- BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. **Daylight Design of Buildings**. London: James & James, 2002.
- BARROS, Luis Pablo. **“O uso dos Bay windows no Chile”**. Entrevista via e-mail. Diretor e professor da Escuela de Arquitectura, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso. Agosto, 2006.
- BECKETT, H.E.; GODFREY, J.A. **Ventanas – Función, Diseño e instalación**. (Traducción: Buenaventura Bassegoda, Dr. Ingeniero Industrial). Barcelona: Gustavo Gili, 1978.
- BENAVIDES C., Juan. **Las razones de la nueva arquitectura**. Santiago: Editorial Universitaria, 1978.
- BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. 4a ed. Maceió: EDUFAL, 2004.
- BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christina. **Introdução à ventilação natural**. 2a ed. Maceió: EDUFAL, 2006.
- BITTENCOURT, Leonardo S.; OITICICA, Maria Lúcia Gondin de Rosa; DE PÁDUA, Antônio; FONTAN, Renata. **Influência da localização, dimensão e forma das janelas nos níveis de iluminação natural produzidos por céus encobertos**. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Gramado, Porto Alegre: ENCAC, 1995.
- BOUBEKRI, M; BOYER L. L. **Effect of window size and sunlight presence on glare**. Lighting Research Technology, vol. 24(2), 1992. p.69-74.
- CABÚS, Ricardo C. **Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia

- Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1997.
- _____. **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil.** (PhD). Architecture, University of Sheffield, Sheffield, 2002.
- _____. **Influência da Luz Refletida no Solo na Iluminação Natural nos Trópicos: Comparando o desempenho de protetores solares.** In: Encontro Latino Americano e X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. São Paulo: ENTAC, 2004.
- _____. **TropLux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações.** In: VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e IV Encontro Latino americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió: ENCAC – ELACAC, 2005.
- _____. **Validação do programa TropLux.** In: VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e IV Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió: ENCAC – ELACAC, 2005.
- _____. **Software: TropSolar, versão 3.05.** Maceió: Grilu, 2007.
- _____. **TropLux – Manual do Usuário.** 4a ed. Maceió: Grilu, 2007.
- _____. **Software: TropLux, versão 3.12beta.** Maceió: Grilu. 2008.
- CALDERWOOD, Dan. **Bay Windows.** Ezine Articles. Disponível em: <<http://ezinearticles.com>>. Acesso em: 6 June 2007.
- CARDOSO, Sara de Oliveira. **Avaliação das condições da iluminação natural em salas típicas de edifícios de escritórios em Maceió-AL.** Dissertação de mestrado. Mestrado em dinâmicas do espaço habitado. Programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo. Universidade Federal de Alagoas, UFAL. Maceió, 2006.
- COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Iluminação Econômica: calculo e avaliação.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998.
- DE SOUZA, José Leonaldo; NICÁCIO, Rosilene M.; MOURA, Marcos Antonio Lima. **Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil.** Renewable Energy, v.30: p.1203-1220, 2005.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL, Dirección Meteorológica de Chile. **Descripción climatológica.** <<http://www.meteochile.cl/climas>>. Acesso en 28 marzo 2007.
- DIXON, Roger; MUTHESIUS, Stefan. **Victorian Architecture.** 2a ed. UK: Thames and Hudson, 2001.

- ELLIS, John. **Through the Bay windows** (Interior Design, offices of Babcock & Brown, San Francisco, California). *The Architectural Review*, vol. 194, nº 1159: p.91-92, Sept 1993.
- ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA ONLINE. "**Bay window**." Disponível em: <<http://www.britannica.com>>. Acesso em: 2 June 2007.
- FURNEAUX Jordan, Robert. **Victorian Architecture**. England: Penguin Books. 1966.
- GODOY, Marcela. "**La utilización del Bay windows en conjuntos habitacionales**". Entrevista via e-mail. Arquiteta Imobiliária GEOSAL- SALFAcorp. Santiago, 2007.
- GRAZIANO JUNIOR, Sigfrido Francisco Carlos Giardino. **Estudo de redirecionamento da luz natural utilizando equipamento tipo "lightshelf"**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis, 2000.
- HOPKINSON, R.G.; PETHERBRIGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. (Tradução: Antonio Samento Lobato de Faria). 2a ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980.
- HORMAZÁBAL, Nina. "**O uso dos Bay windows**". Entrevista via e-mail. Professora da Escuela de Arquitectura, Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso. Agosto, 2006.
- _____. **Bioclimática Arquitectura y Clima. Archivos de Taller**. Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María, 2007.
- HUTCHISON, Katie. **Design: Guidelines for Bay Windows**. JLCOnline: p.49-56. July 2005.
- LAM, William M.C. **Sunlighting as formgiver for architecture**. New York, USA: VNR Comp., 1986.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano, PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: Virtus, 2004.
- LE CORBUSIER. **Hacia una arquitectura**. (Traducción: Josefina Martínez Alinari). Buenos Aires: Editorial Poseidón, 1964.
- MASCARÓ, Lúcia. R. D. **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983.
- MENDIZÁBAL, Margarita. **Manual de la ventana**. Madrid: RUAN S.A., 1988.
- MOORE, F. **Concepts and practice on architectural daylighting**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1985.
- OGUC, **Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones 2007**. Artículo 5.1.11, Capítulo 1. Ministerio de Vivienda e Urbanismo. Chile. <<http://www.minvu.cl>>. Acesso en 29 marzo 2007.

- OLGYAY, Victor. **Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1973.
- OLGYAY; OLGAYAY. **Solar Control and Shading Devices**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1957.
- PEIXOTO, Luciana Karla de Oliveira; BITTENCOURT, Leonardo Salazar. **Estudo da ventilação natural na Ufal através de simulação computacional**. In: ENCAC-COTEDI 2003. Curitiba: ENCAC-COTEDI, 2003.
- PEREIRA, Alice T. C.; PEREIRA, Fernando O. R. **Envelope Solar: um exercício teórico ou uma proposição viável**. In: III Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído. Porto Alegre: ANTAC, 1995.
- PHILLIPS, Derek . **Lighting Historic Building**. Oxford: Architectural Press, 1997.
- _____. **Daylighting. Natural Light in Architecture**. Oxford: Architectural Press, 2004.
- PUPPO, Ernesto; PUPPO, Giorgio A. **Acondicionamiento natural y arquitectura, ecología en arquitectura**. Barcelona: Marcombo S.A., 1972.
- RIVERO, Roberto. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2da. Ed. Ver. E ampl. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.
- ROBBINS, Claude L. **Daylighting: design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold C.L, 1986.
- SAĞSÖZ, Ayse; ISKENDER Tuluk, Ömer; ÖZGEN, Süleyman. **Influences of different ages and cultures on each other from architectural point of view: Examination of historical buildings in Trabzon/Turkiye**. Building and Environment, vol.41: p. 45-59, 2006.
- SARMIENTO, Pedro. **Energía Solar en Arquitectura y Construcción**. Viña del Mar: INGESOL Ltda., 1999.
- SERRA, Rafael. **Chapter 6 - Daylighting**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 2: p.115-155, 1998.
- SERRANO R., Pedro. **Análisis Climático para la Arquitectura en Valparaíso**. Departamento de Arquitectura, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso. 2006.
- SHEPPARD, R.; WRIGHT, H. **La luz del día en los edificios**. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 1951.
- SLESSOR, Catherine. **Casas y viviendas transparentes**. Barcelona: Art Blume, 2002.
- TIBIRICA, Antônio C.G.; FERRAZ, Rafaela. **Considerações para projeto de janelas em edificações: Fatores ambientais, normativos e tecnológicos**. In: VIII Encontro

Nacional e V Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Maceió, AL: ENCAC, 2005.

TOLEDO, Alexandre Márcio. **Avaliação do desempenho da ventilação natural pela ação do vento em apartamentos: uma aplicação em Maceió/AL**. Tese de Doutorado. Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2006.

TREGENZA, Peter; LOE, David. **The design of lighting**. London: E & FN SPON, 1998.

VIANNA, Nelson Solano e GONÇALVES, Joana Carla S. **Iluminação e Arquitetura**. 2a ed. São Paulo: Geros, 2004.

WIKIPEDIA. **Bay Windows**. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org>>. Acesso em: 27 janeiro 2007.

6. APÊNDICES

APÊNDICE A - Relação Percentual das Iluminâncias Médias.....	154
APÊNDICE B - Valor e Distribuição das Iluminâncias.....	159
APÊNDICE C - Acréscimo Percentual Relativo aos Valores das Iluminâncias.	204

APÊNDICE A - Relação Percentual das Iluminâncias Médias.

Relação Percentual das Iluminâncias Médias.

A seguir, apresentam-se Tabelas que contêm as relações percentuais das iluminâncias nas médias das horas do período do ano x os distanciamentos em relação à abertura, nas quatro orientações estabelecidas para todas as etapas de simulações, e segundo as cidades estudadas, Maceió e Valparaíso.

Etapa 1: cidade de Maceió, Brasil.

Simulação 1: “Janela em Sacada” x Janela simples e Janela simples com beiral.

Tabela Ap-01 – Tabela do acréscimo percentual do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples x orientação, período e ponto.

	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
NORTE	-27,6	-10,4	-3,7	-6,1	-2,5	-13,0	-8,3	-2,6	-5,6	-1,3	-6,6	-6,3	-1,0	-3,3	0,2
LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-12,5	-7,8	-1,3	-5,9	-1,7	-13,7	-9,0	-5,9	-6,7	-2,9	-13,8	-8,9	-3,8	-3,4	-3,2
SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-5,9	-6,6	-0,6	-2,7	0,8	-6,9	-7,0	-1,3	-3,7	0,6	-8,2	-9,4	-2,4	-6,2	-2,4
OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-12,2	-7,2	-3,8	-4,1	1,2	-13,7	-8,7	-5,4	-4,5	-3,6	-13,8	-9,8	-5,8	-6,8	-2,6

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Tabela Ap-02 – Tabela do acrescentamento percentual do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral x orientação, período e ponto.

	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
NORTE	12,3	7,2	8,9	6,0	5,8	10,2	8,9	6,6	6,5	5,2	9,2	7,3	5,3	5,1	3,4
LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	8,2	7,5	8,4	4,8	4,3	7,8	5,7	6,8	5,5	3,4	8,2	6,6	6,0	7,9	4,6
SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	9,1	6,9	5,8	5,3	3,5	9,4	7,4	5,8	5,7	4,5	10,1	9,3	7,4	7,2	5,6
OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	8,3	7,6	4,2	6,5	5,4	8,0	6,3	5,6	6,3	3,7	7,7	5,1	7,0	5,9	3,5

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Simulação 2: Vidro Simples x Plano Opaco.

Tabela Ap-03 – Tabela do acrescentamento percentual do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes x orientação, período e ponto.

	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
NORTE	-26,4	-13,2	-14,2	-12,4	-11,4	-18,9	-14,0	-14,5	-14,2	-14,0	-18,1	-14,5	-13,8	-13,8	-13,3
LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-13,5	-12,7	-18,3	-12,3	-11,0	-12,0	-10,5	-12,0	-10,8	-10,4	-11,5	-10,3	-13,7	-13,7	-11,3
SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-17,6	-13,6	-13,7	-13,2	-12,9	-18,8	-14,8	-14,5	-14,3	-14,4	-17,9	-13,5	-14,4	-14,2	-14,7
OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-14,7	-15,6	-12,6	-12,4	-13,5	-11,8	-10,5	-11,8	-12,0	-10,2	-11,7	-10,8	-13,2	-12,4	-12,0

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
00: n° máx e mín da tabela; **00**: n° máximo do período, positivo e negativo; **00**: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Simulação 3: Propostas de Beiral.

Tabela Ap-04 – Tabela do acrescentamento percentual do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral comparada com uma “Janela em Sacada” x orientação, período e ponto.

	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
NORTE	-50%	-37%	-34%	-30%	-32%	-40,1	-33,3	-27,9	-24,8	-25,2	-36,8	-30,8	-25,2	-21,7	-22,2
SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-36%	-31%	-26%	-22%	-23%	-37,5	-31,3	-25,8	-22,5	-23,2	-40,0	-33,6	-27,8	-25,6	-25,7

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
00: n° máx e mín da tabela; **00**: n° máximo do período, positivo e negativo; **00**: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Etapa 2: cidade de Valparaíso, Chile.

Simulação 1: “Janela em Sacada” x Janela simples e Janela simples com beiral.

Tabela Ap-05 – Tabela do acrescentamento percentual do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples x orientação, período e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-1,6	-16,4	-5,6	-7,4	-3,2	-15,7	-10,6	-5,0	-8,3	-5,1	-8,8	-9,2	-5,8	-7,6	-4,4
LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-3,4	-6,3	-2,1	-3,9	-3,9	-10,6	-12,0	-4,5	-10,0	-5,9	-14,2	-18,6	-10,2	-8,3	-7,0
SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-6,2	-8,5	-3,3	-6,1	-4,0	-6,5	-7,8	-3,5	-5,9	-3,3	-7,6	-7,9	-4,1	-5,8	-3,1
OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-2,8	-6,2	-3,2	-7,7	-3,5	-10,2	-10,3	-7,3	-8,3	-4,9	-14,0	-15,8	-10,1	-7,8	-6,4

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Tabela Ap-06 – Tabela do acrescentamento percentual do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” comparada com uma janela simples com beiral x orientação, período e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	9,0	10,4	4,7	7,9	11,7	11,0	9,4	7,5	9,8	9,6	10,6	9,0	6,3	7,9	9,6
LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	10,8	11,0	6,6	8,3	8,0	9,1	6,6	6,8	8,2	8,9	8,0	6,5	5,6	8,1	7,9
SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	10,1	8,6	5,6	6,8	8,5	10,4	8,8	5,6	6,4	8,5	10,5	8,6	5,3	6,5	8,7
OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	12,1	12,4	4,7	7,7	10,2	8,9	7,7	4,5	8,5	8,1	8,1	6,8	5,6	9,1	8,3

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Simulação 2: Vidro Simples x Plano Opaco.

Tabela Ap-07 – Tabela do acrescentamento percentual do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos comparada com uma “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes x orientação, período e ponto.

	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
NORTE	-14,7	-20,5	-12,6	-11,7	-13,4	-19,6	-13,6	-14,5	-12,4	-12,9	-18,4	-15,0	-14,4	-14,5	-14,0
LESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-21,2	-15,1	-14,9	-14,4	-12,4	-16,4	-12,6	-14,0	-11,8	-11,4	-11,1	-10,9	-10,9	-12,5	-9,3
SUL	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-17,5	-13,6	-14,0	-13,4	-12,6	-18,3	-14,3	-14,0	-13,7	-13,6	-19,1	-15,0	-14,4	-14,6	-14,9
OESTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-21,6	-14,8	-14,1	-11,5	-15,4	-16,6	-11,7	-13,2	-12,0	-11,8	-11,3	-11,2	-10,2	-12,4	-10,2

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

Simulação 3: Propostas de Beiral.

Tabela Ap-08 – Tabela do acrescentamento percentual do desempenho luminoso da “Janela em Sacada” com beiral comparada com uma “Janela em Sacada” x orientação, período e ponto.

NORTE	Inverno					Primavera					Verão				
	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05	P01	P02	P03	P04	P05
	-45,9	-47,6	-31,5	-28,6	-32,2	-50,5	-36,0	-32,9	-28,5	-31,4	-39,2	-31,9	-27,1	-23,1	-26,2

Legenda: Valores negativos, □ de 0-10%, ■ desde 10%; Valores positivos, □ de 0-10%, ■ desde 10%;
 00: n° máx e mín da tabela; 00: n° máximo do período, positivo e negativo; 00: n° mínimo do período, positivo e negativo.

APÊNDICE B - Valor e Distribuição das Iluminâncias.

Valor e Distribuição das Iluminâncias.

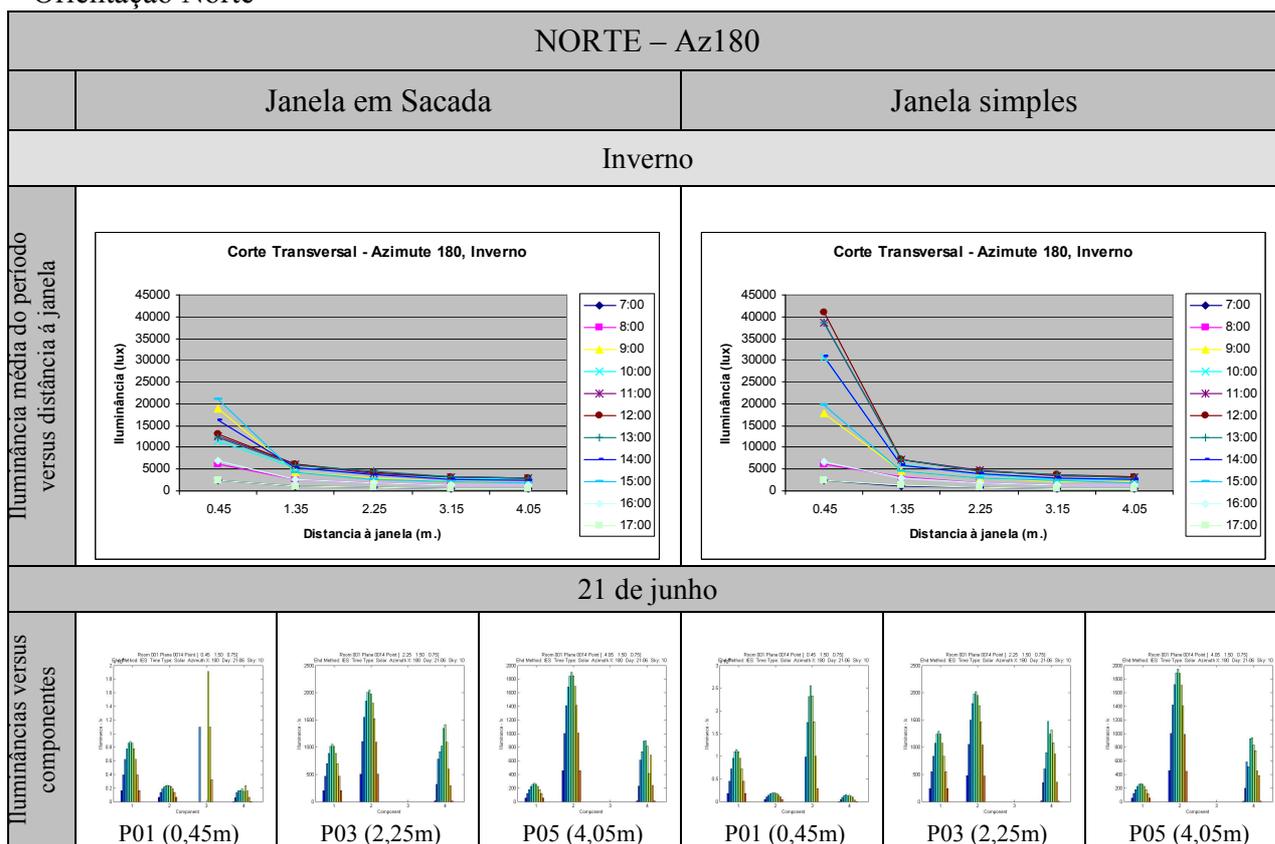
Para compreender a influência da iluminação natural na sala escolhida são utilizadas tabelas e gráficos de iluminâncias, trabalhadas na seção transversal central da sala. Estas informações são selecionadas por orientação, tipologia de janela e período do ano em questão — apresentando os valores das iluminâncias segundo a hora e a distancia em relação à abertura.

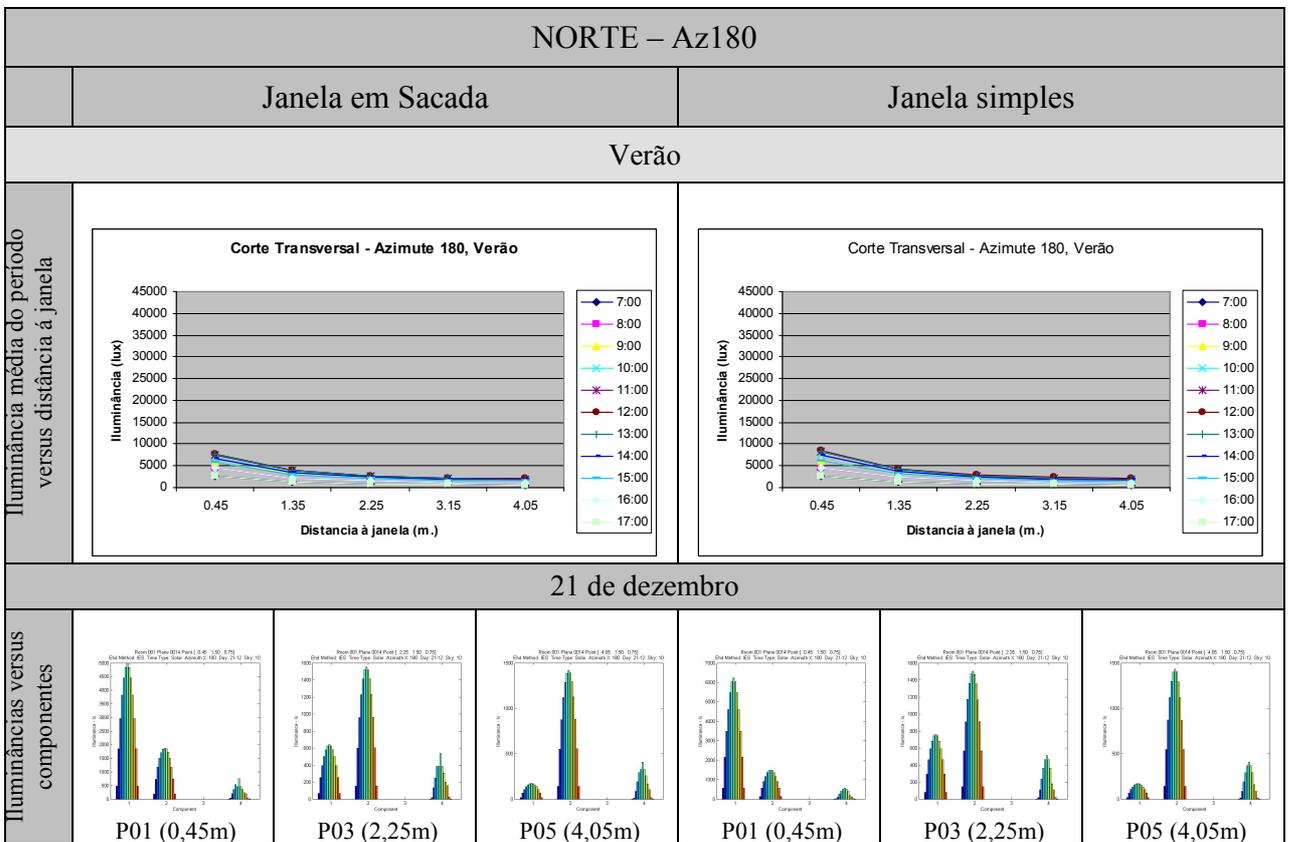
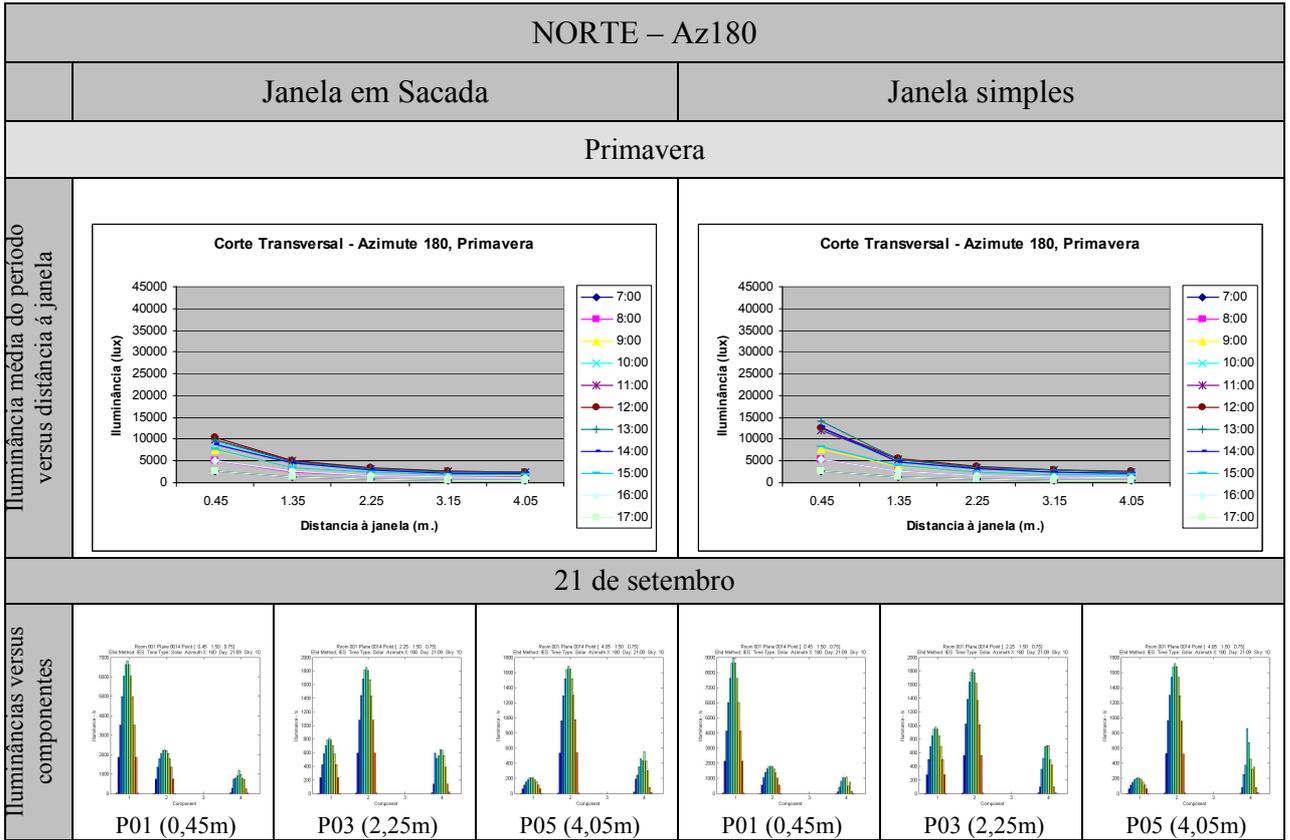
Segundo cada orientação, primeiro são apresentados gráficos do valor e distribuição das iluminâncias médias do período do ano na seção central da sala, e a continuação, com a finalidade de possibilitar um complemento aos resultados, mostram-se os gráficos de detalhamento de componentes da luz para o dia característico do período do ano: 21 de março (inverno), 21 de setembro (primavera) e 21 de dezembro (verão), por ponto da seção transversal da malha (ponto 01, 03 e 05).

Etapa 1: cidade de Maceió, Brasil.

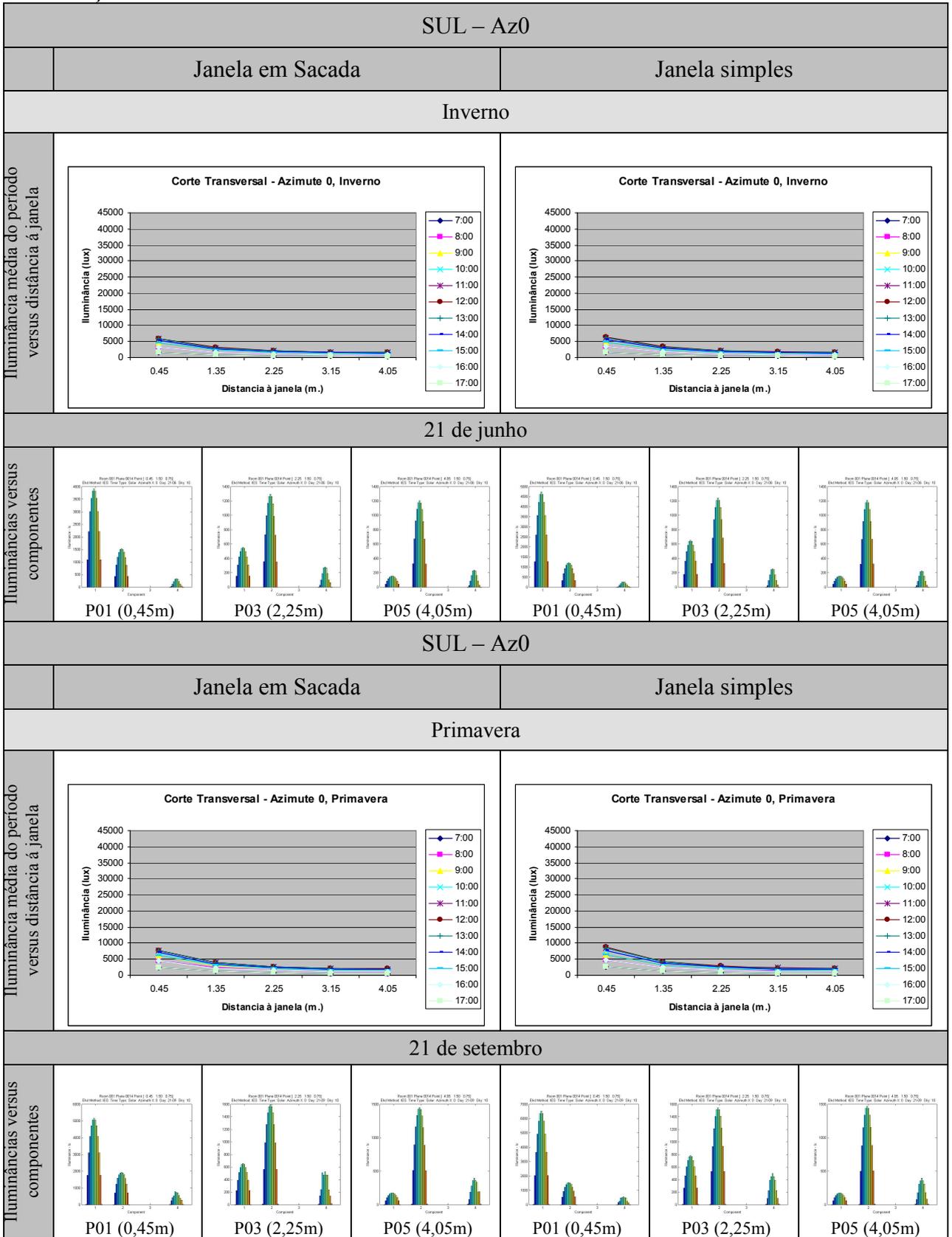
Simulação 1a: “Janela em Sacada” versus Janela simples.

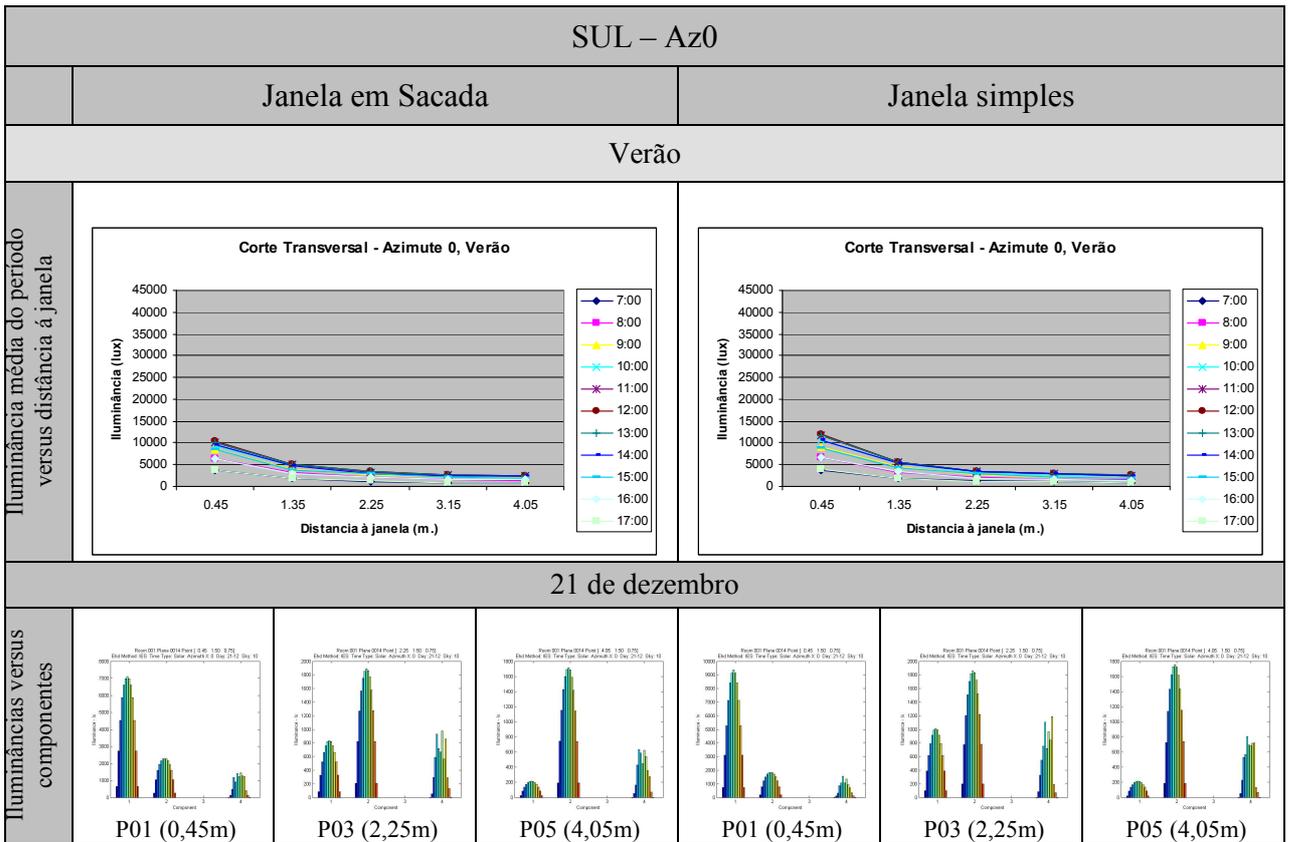
Orientação Norte



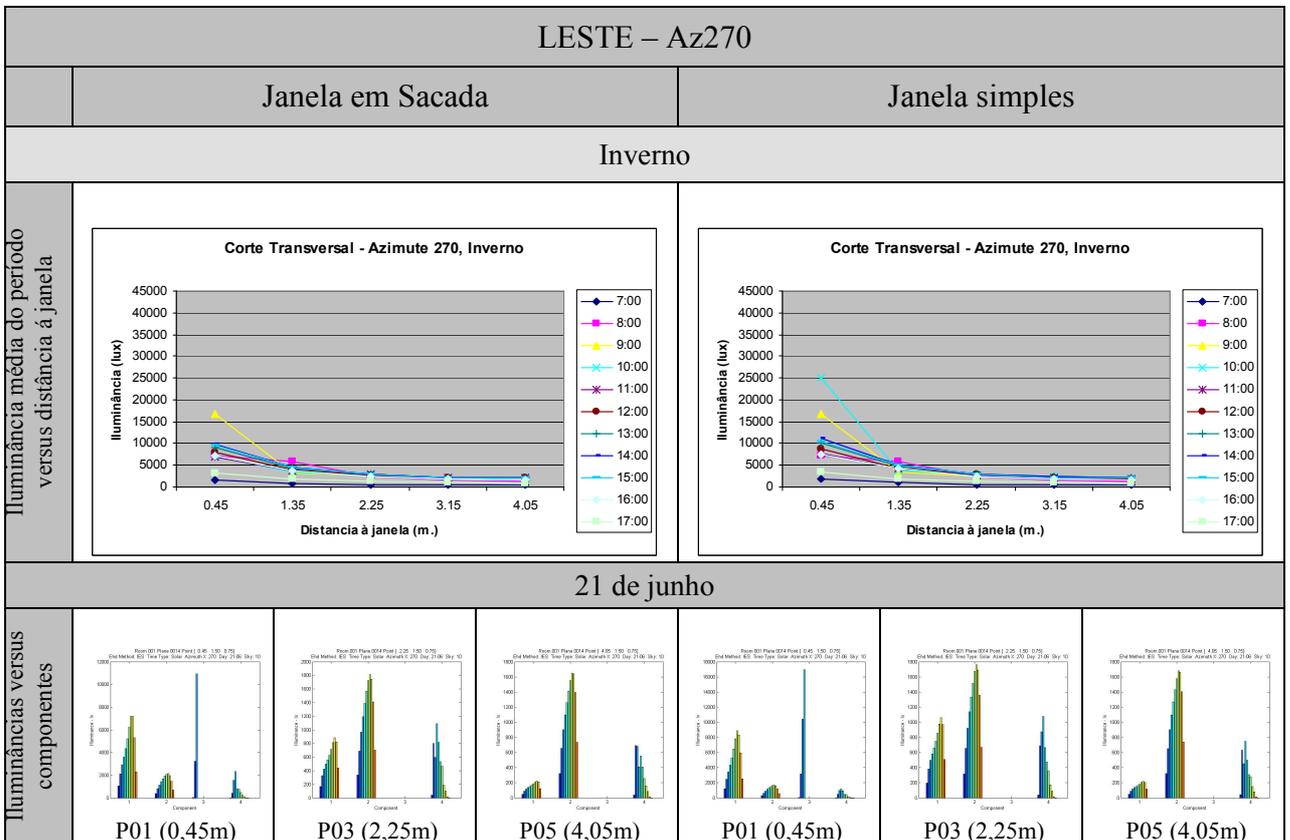


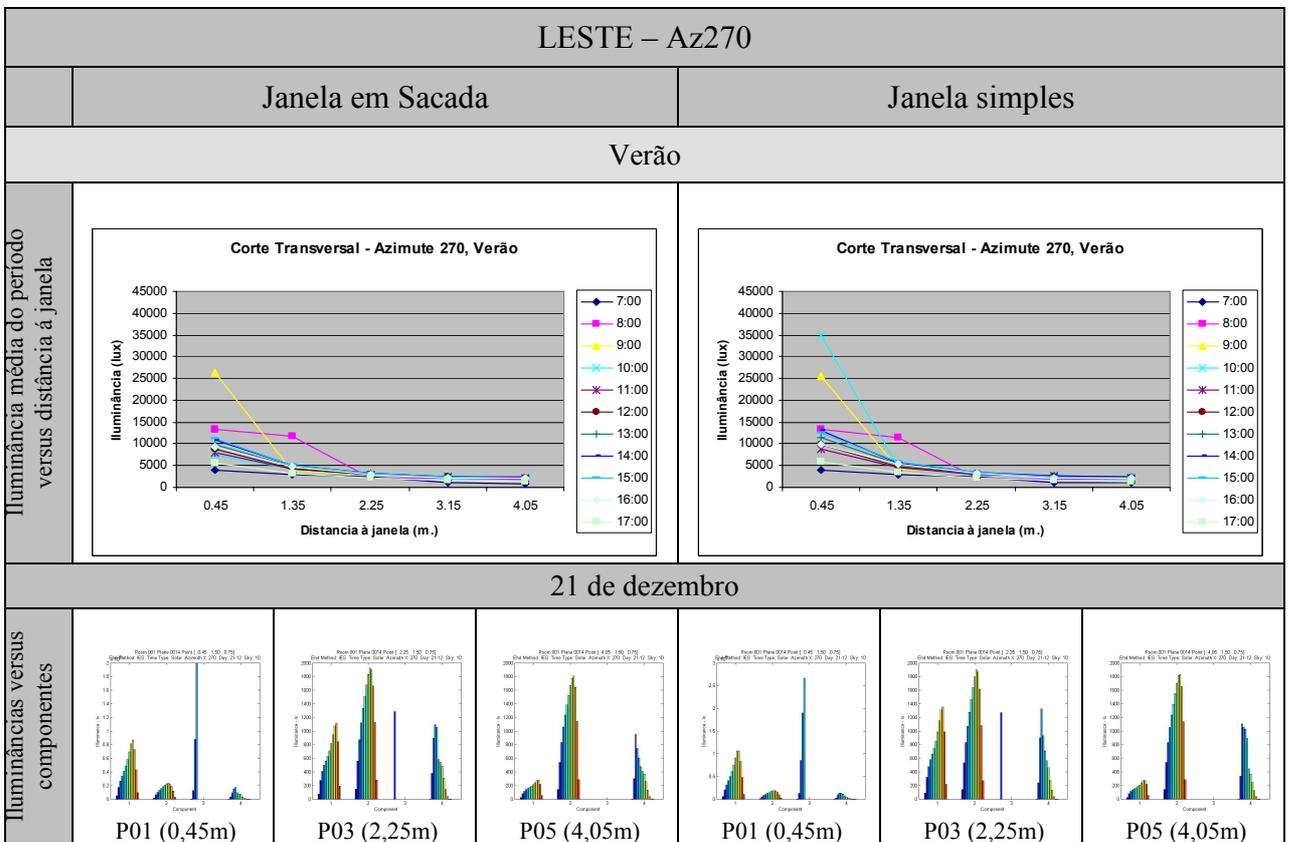
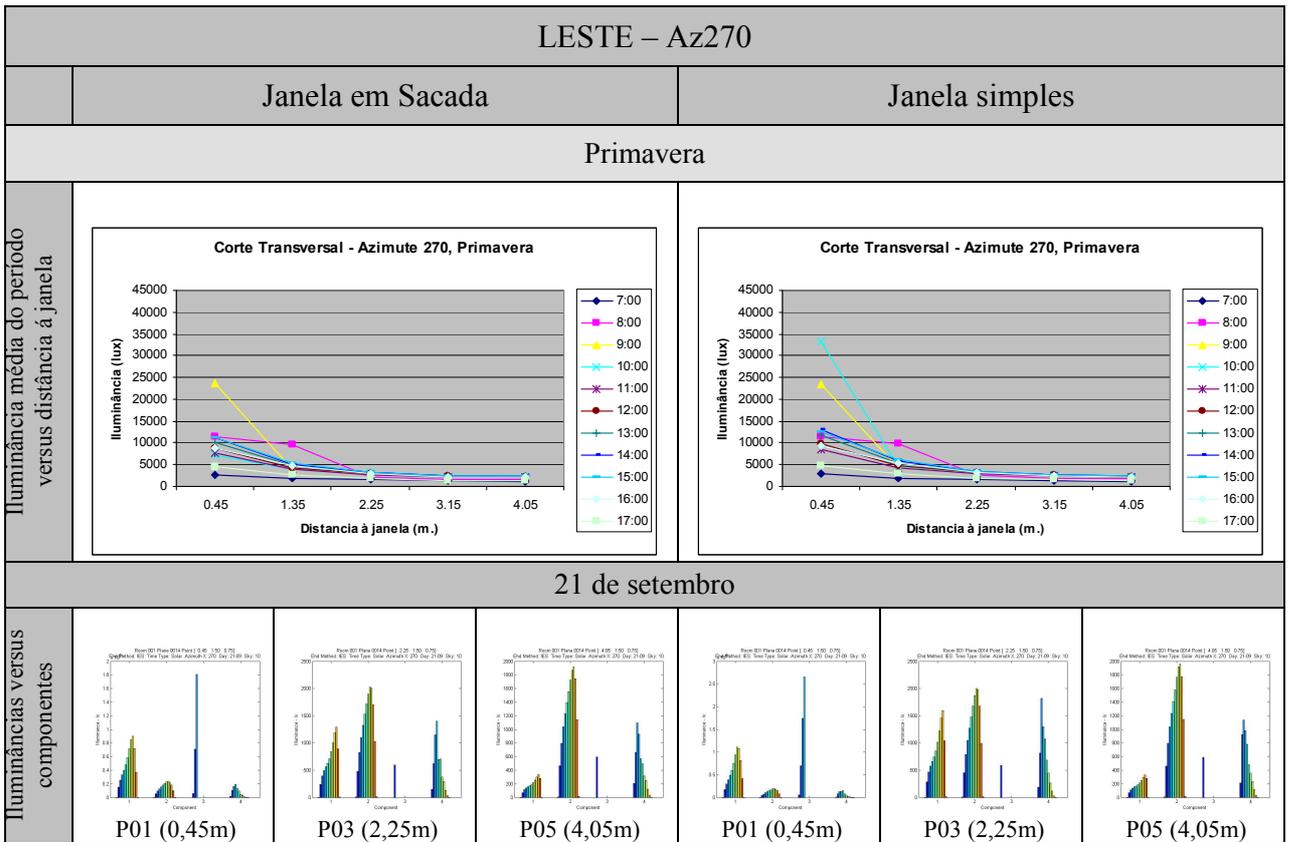
Orientação Sul



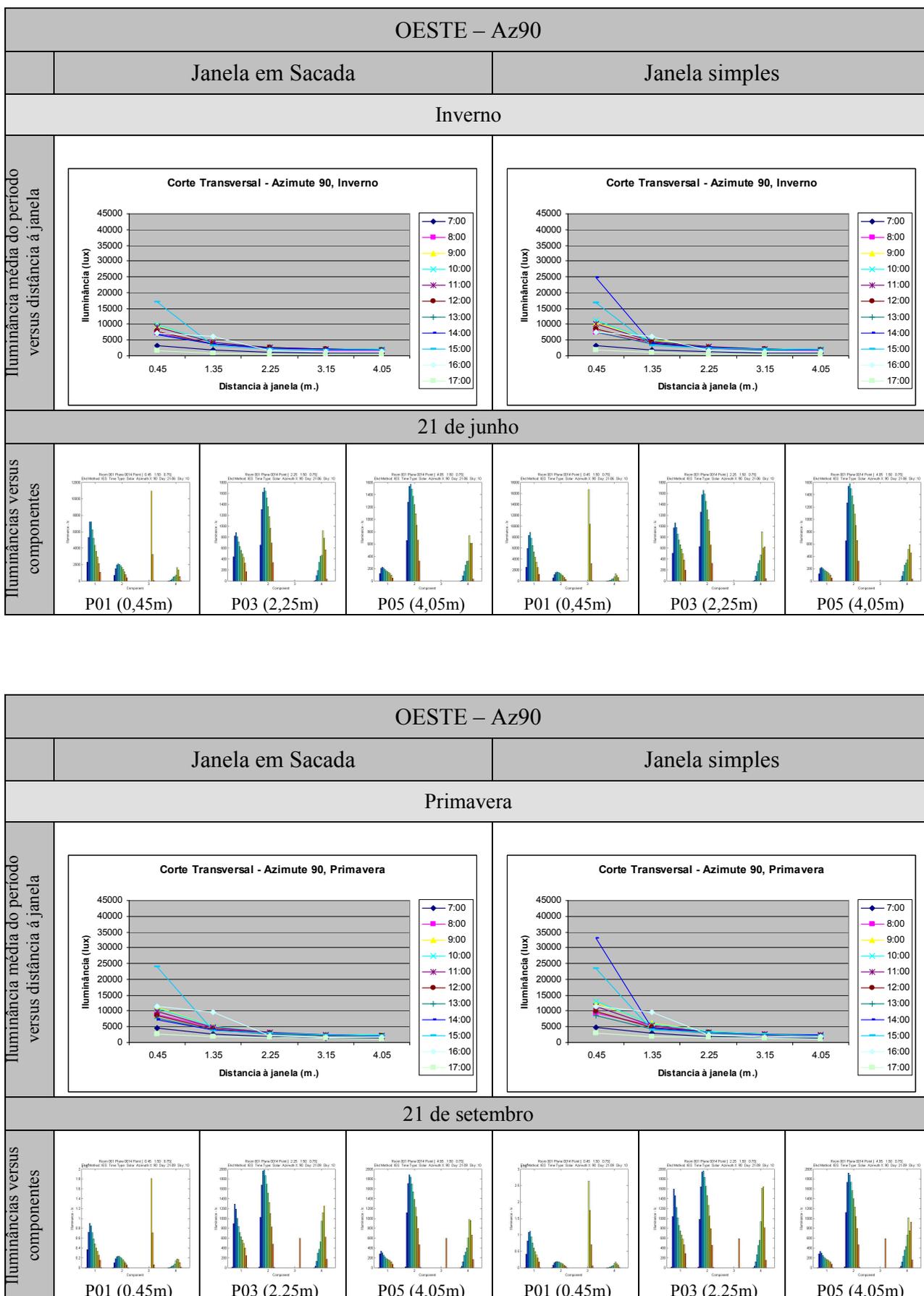


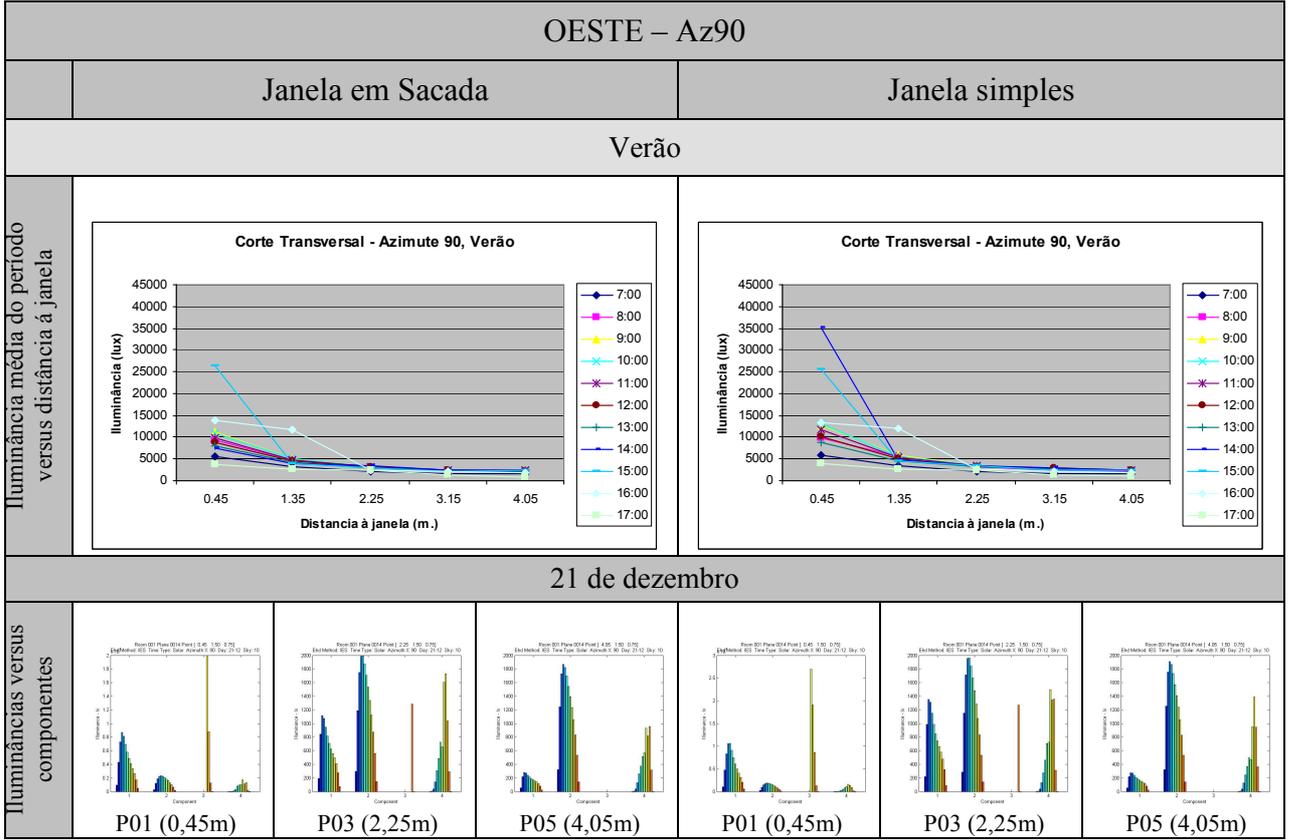
Orientação Leste





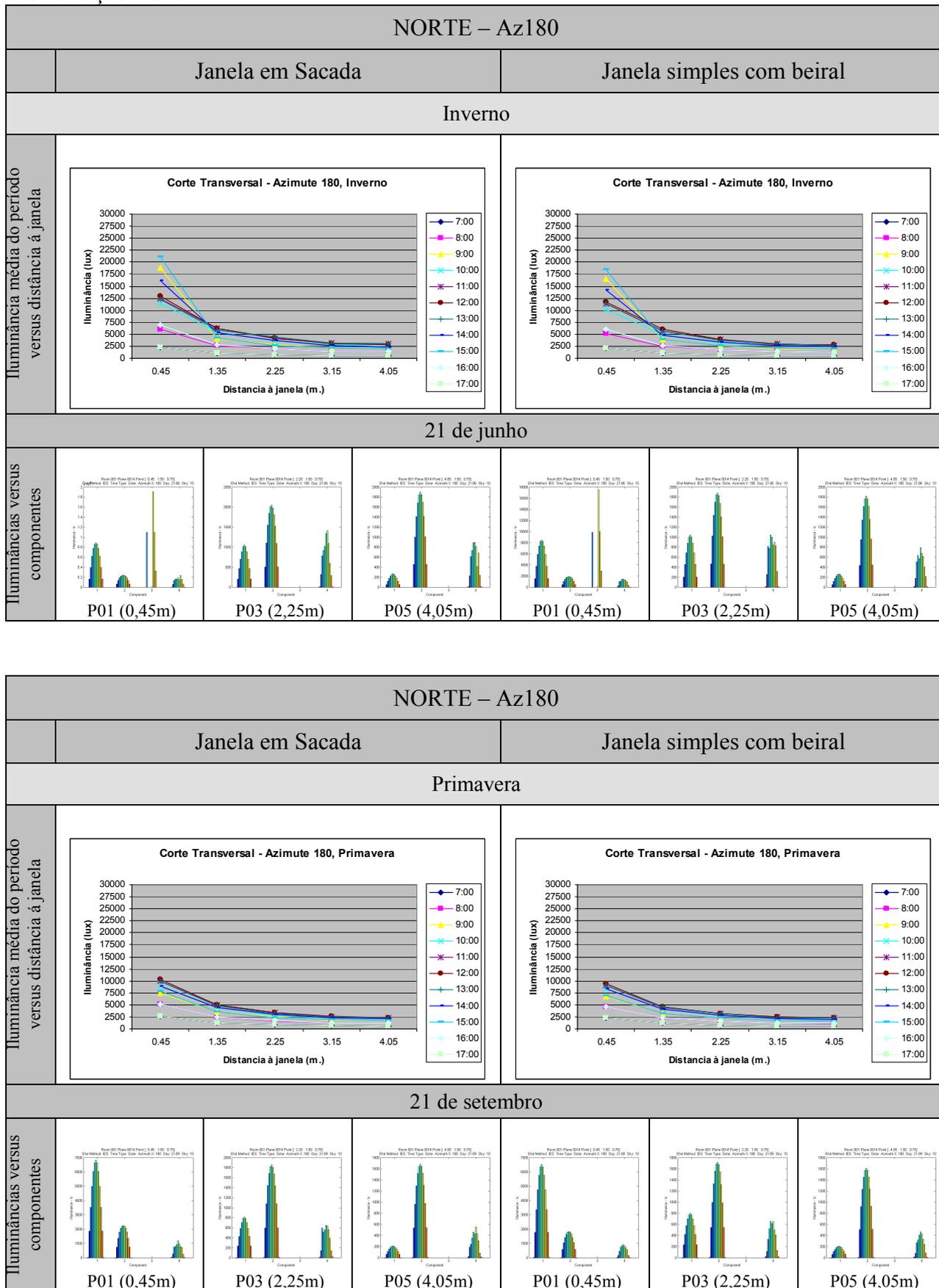
Orientação Oeste

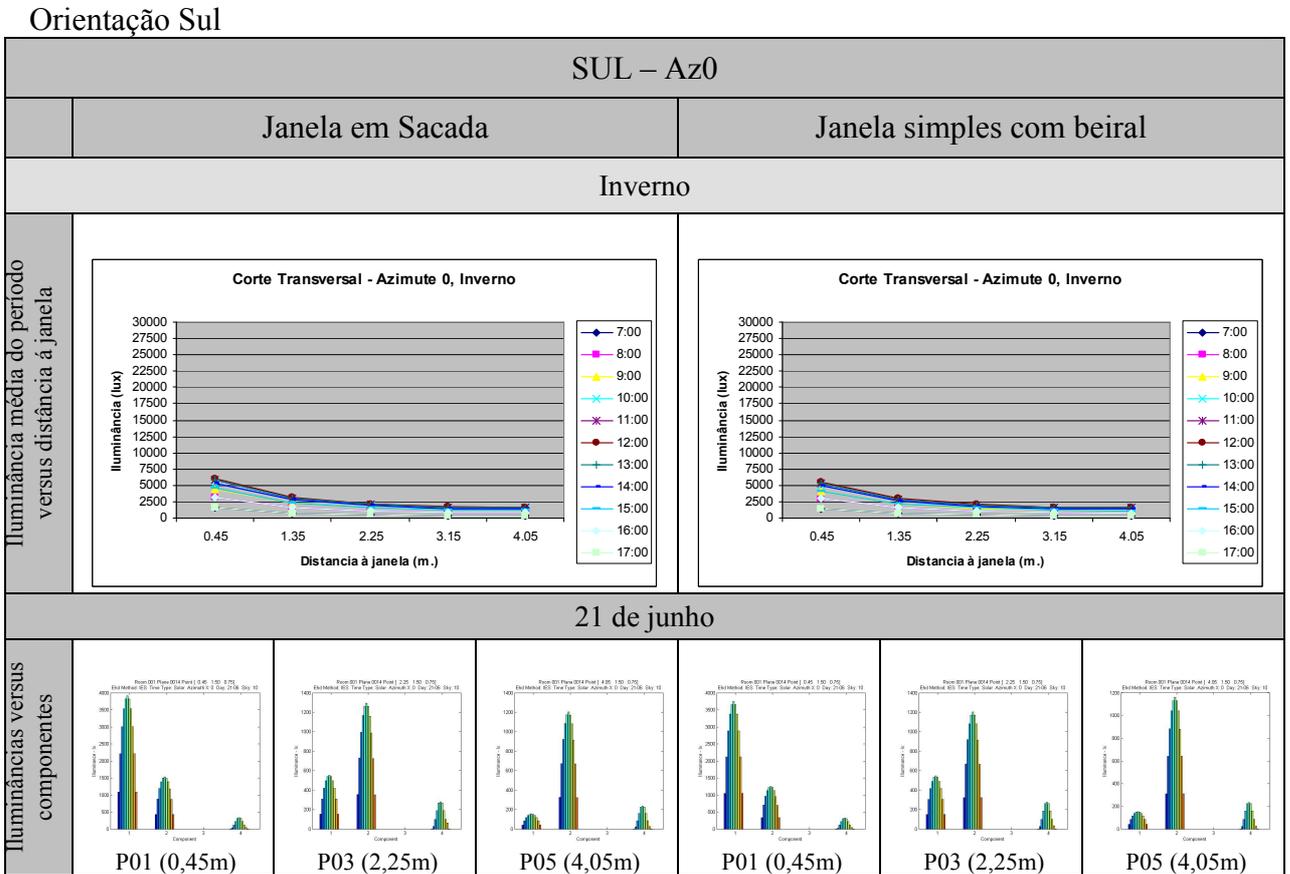
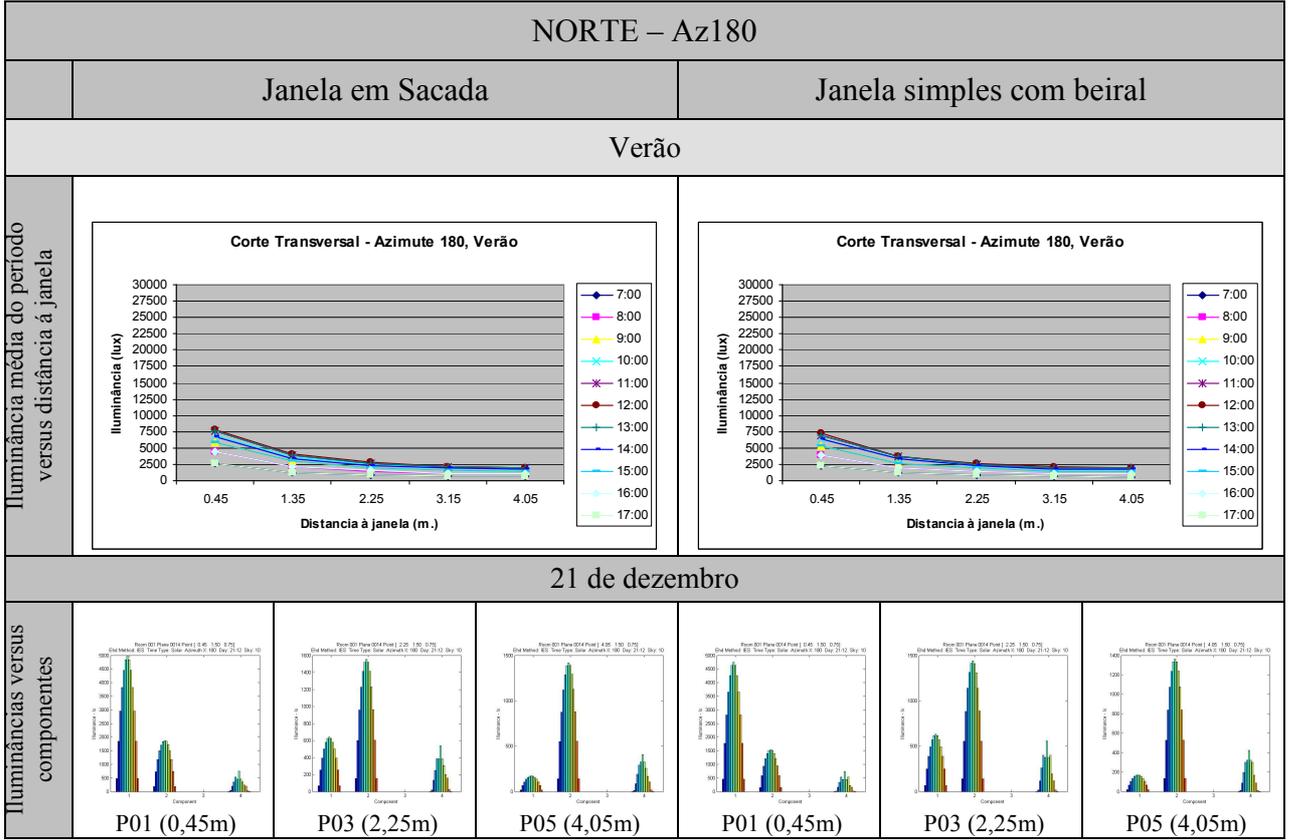


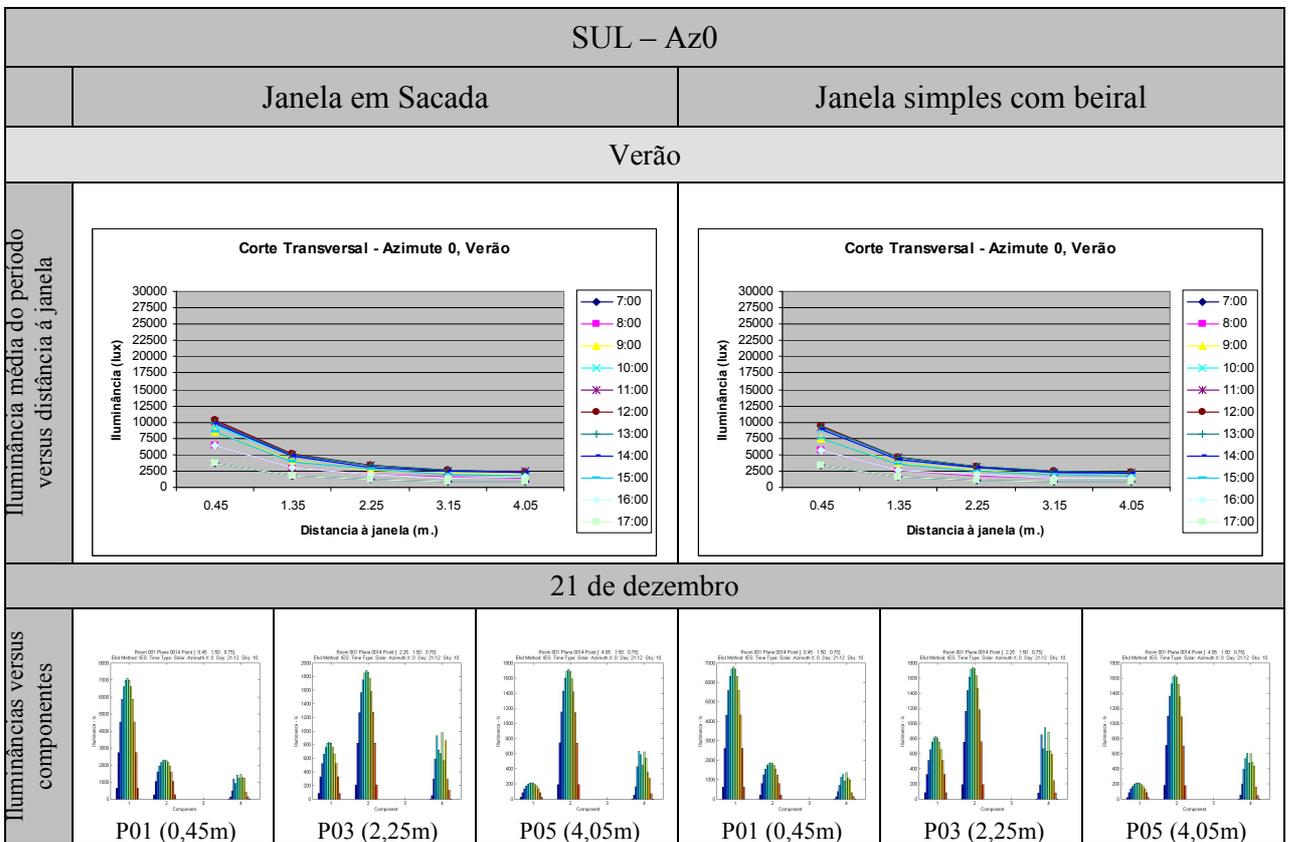
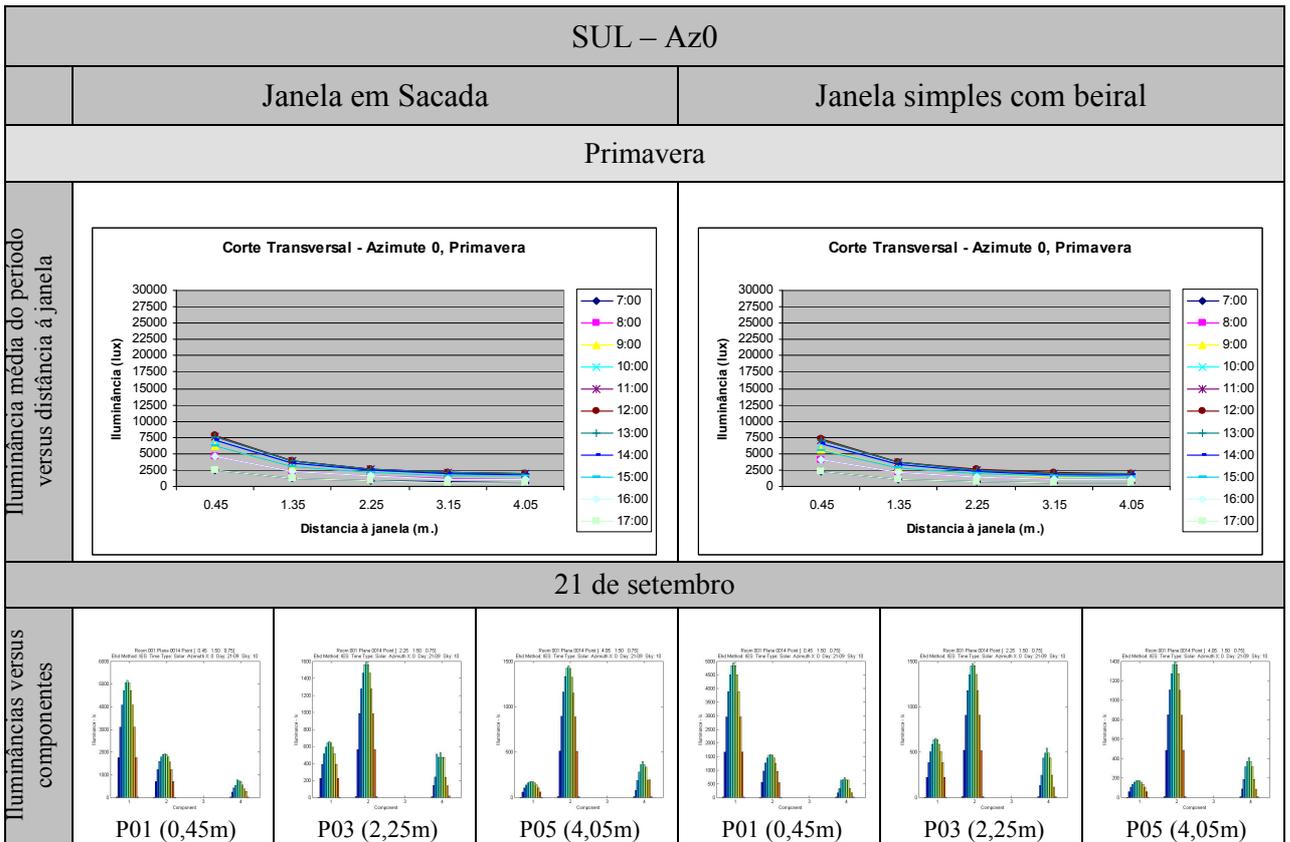


Simulação 1a: “Janela em Sacada” versus Janela simples com beiral.

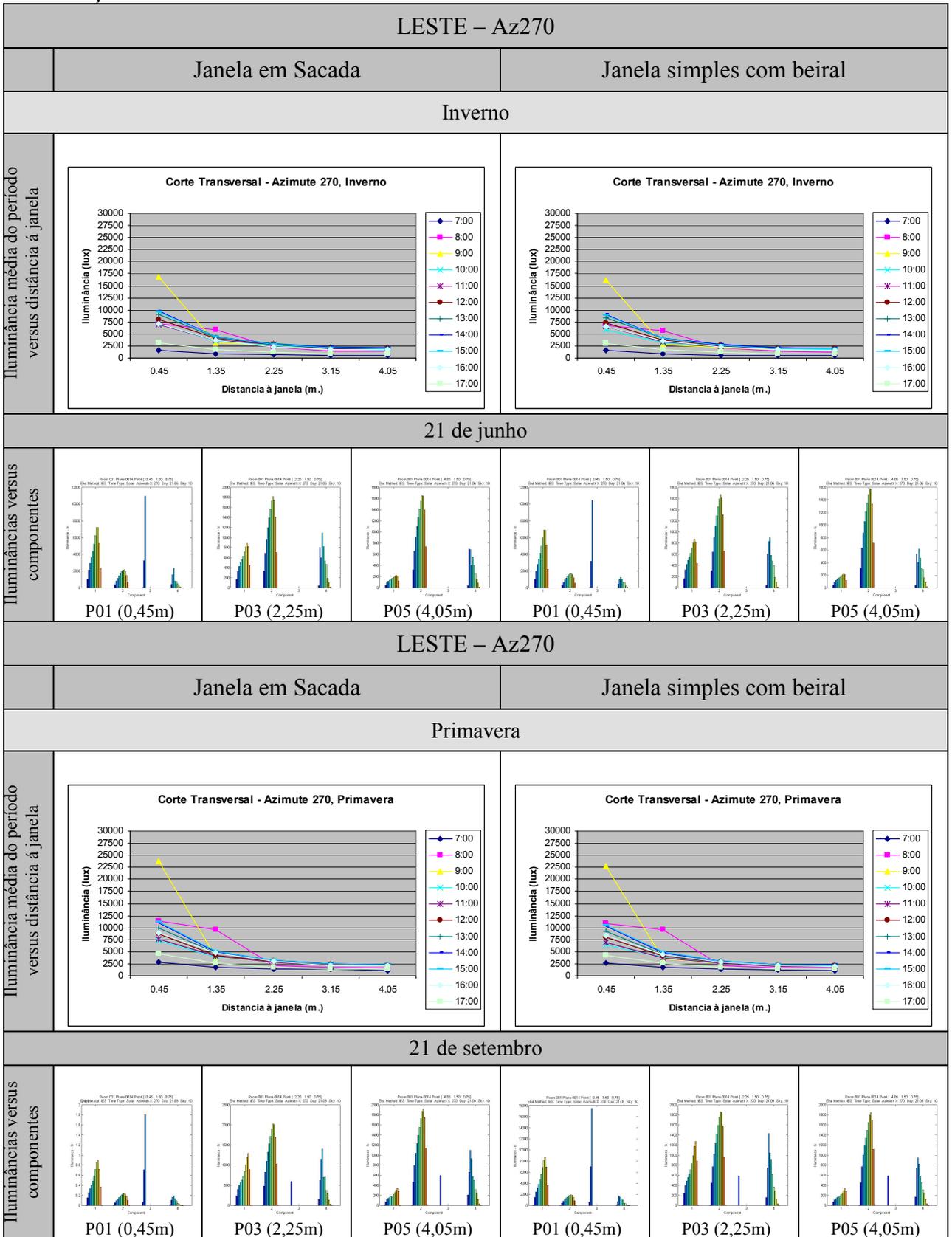
Orientação Norte

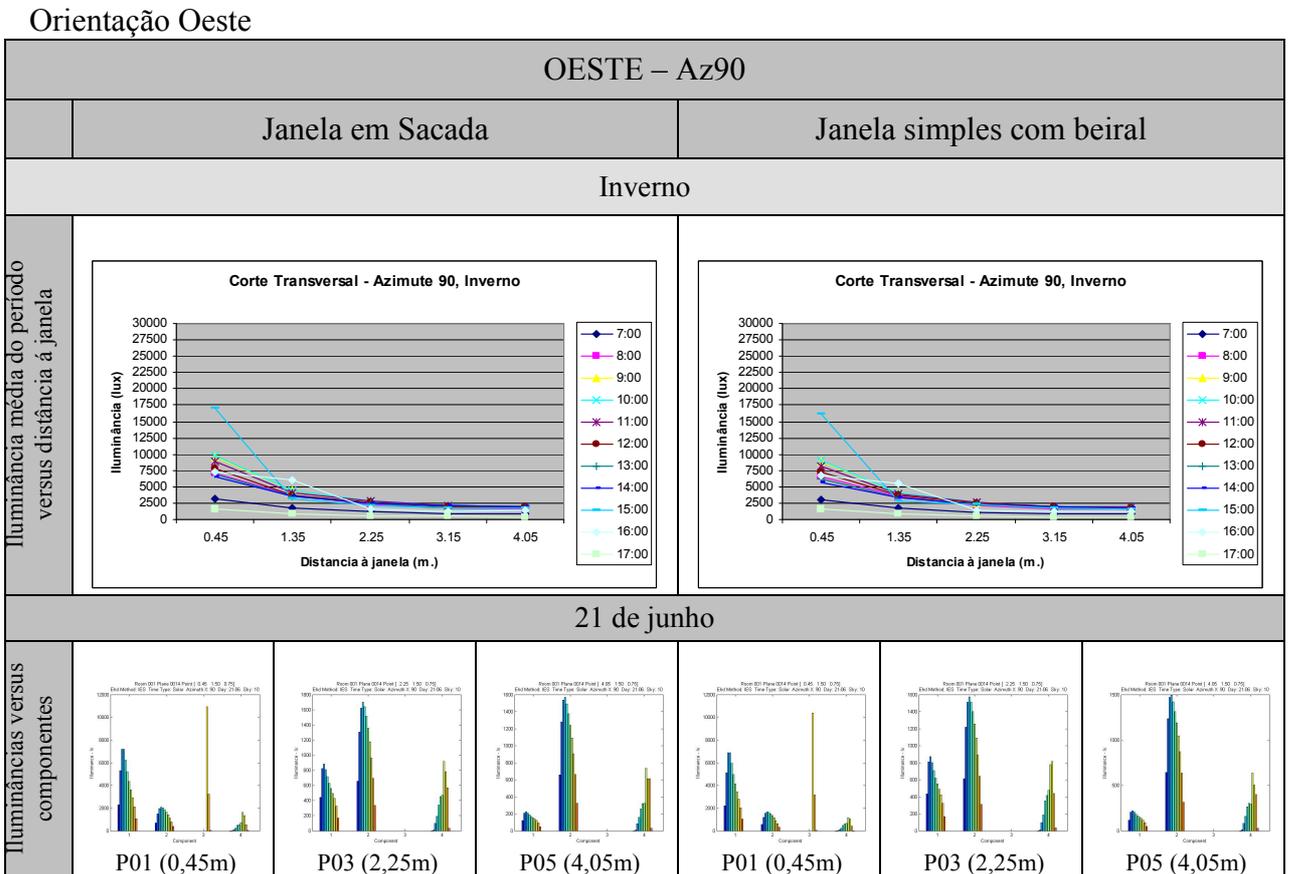
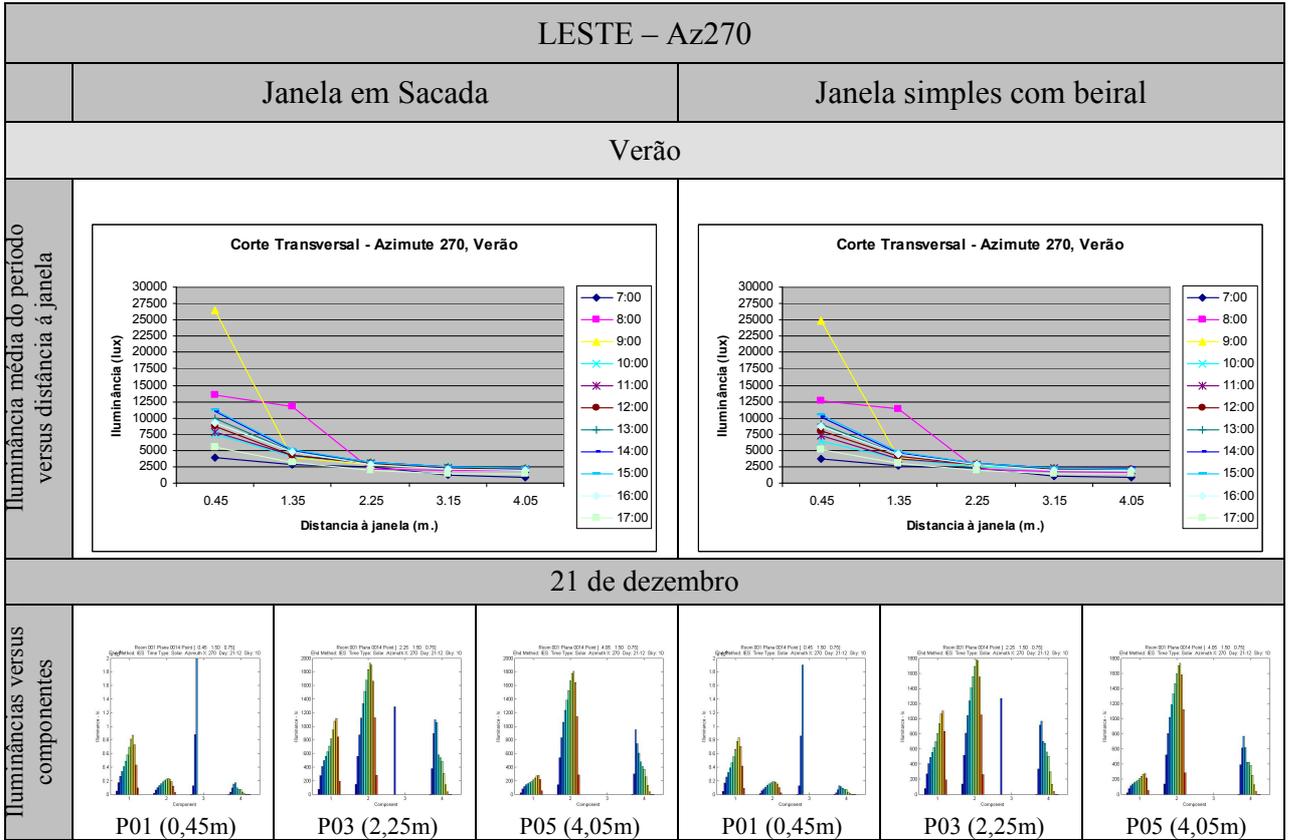


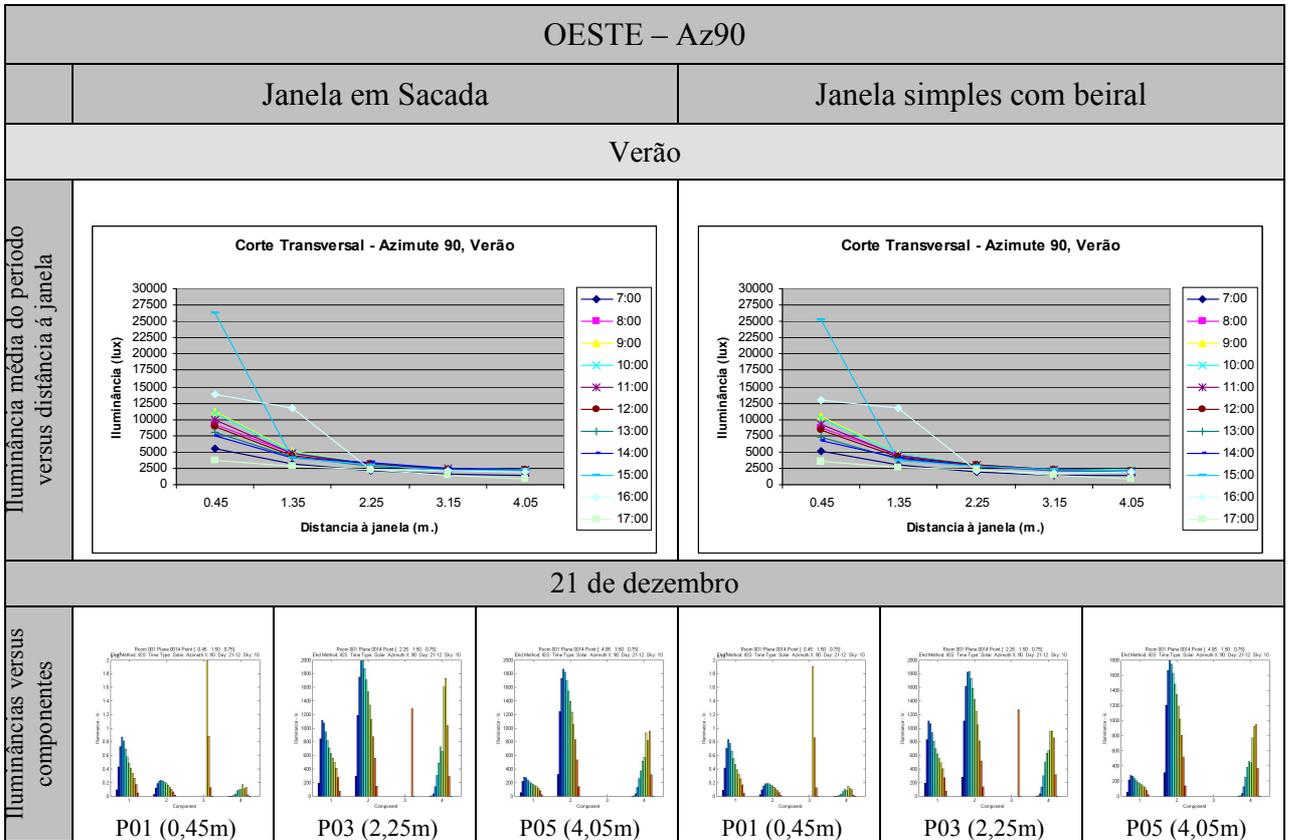
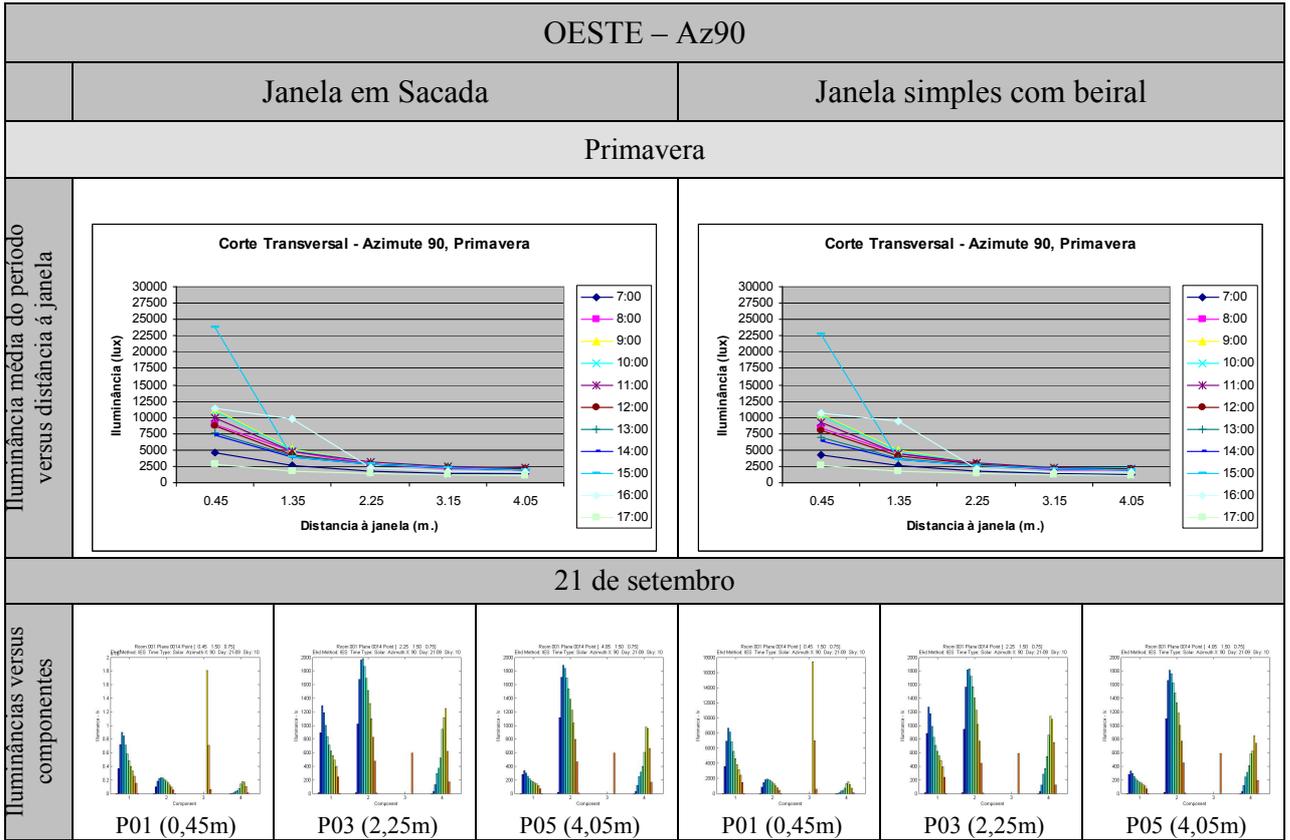




Orientação Leste

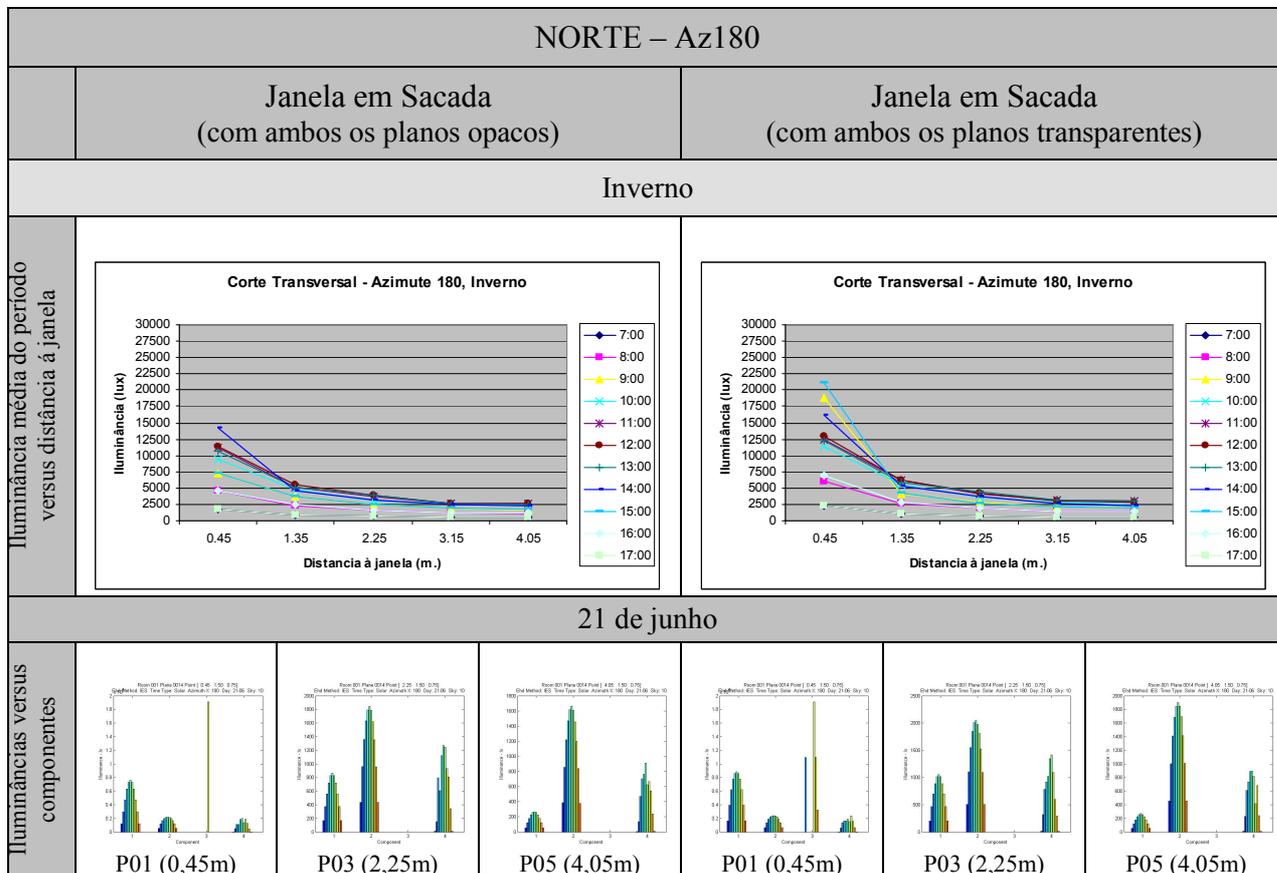


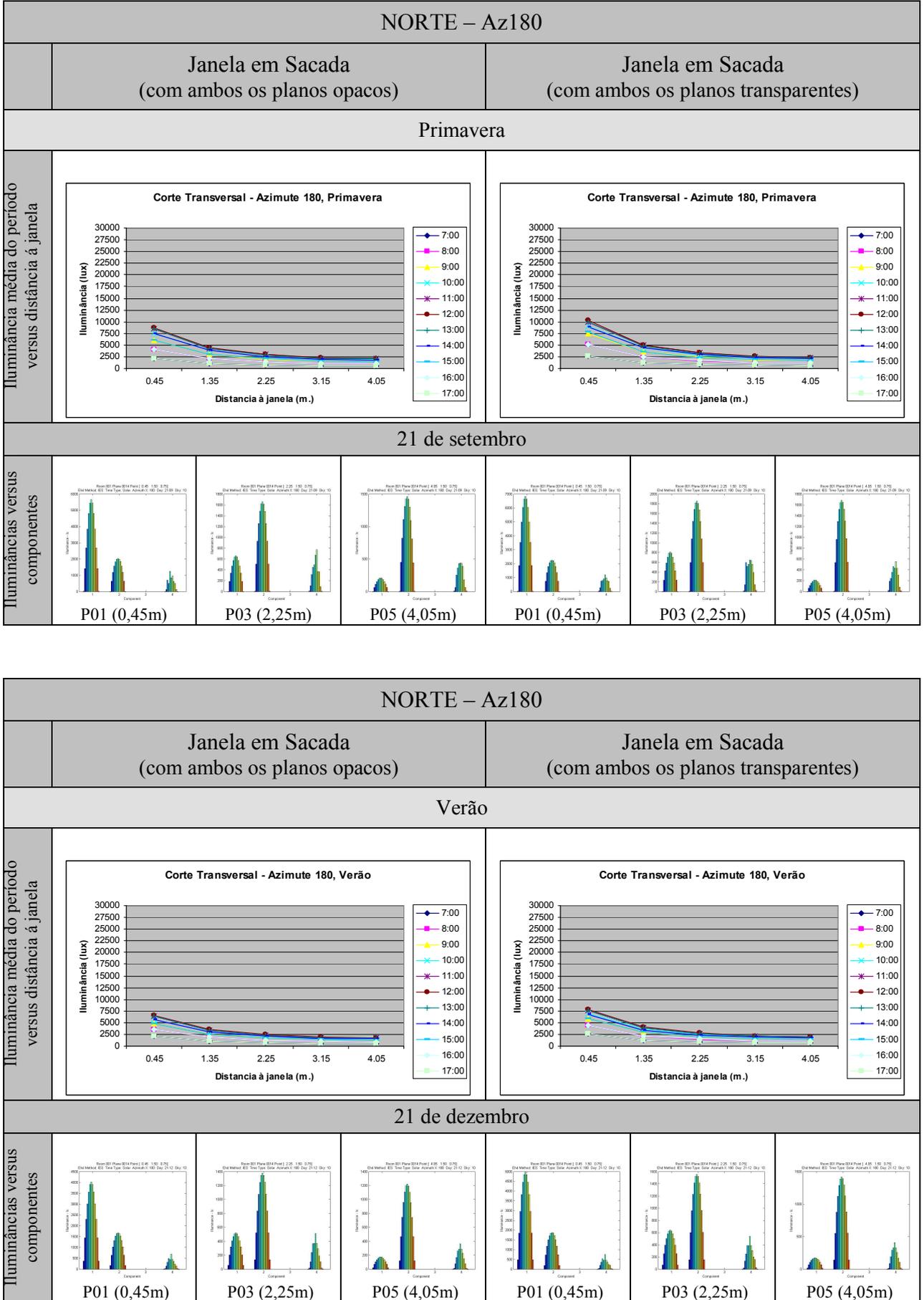




Simulação 2: “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos versus “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes.

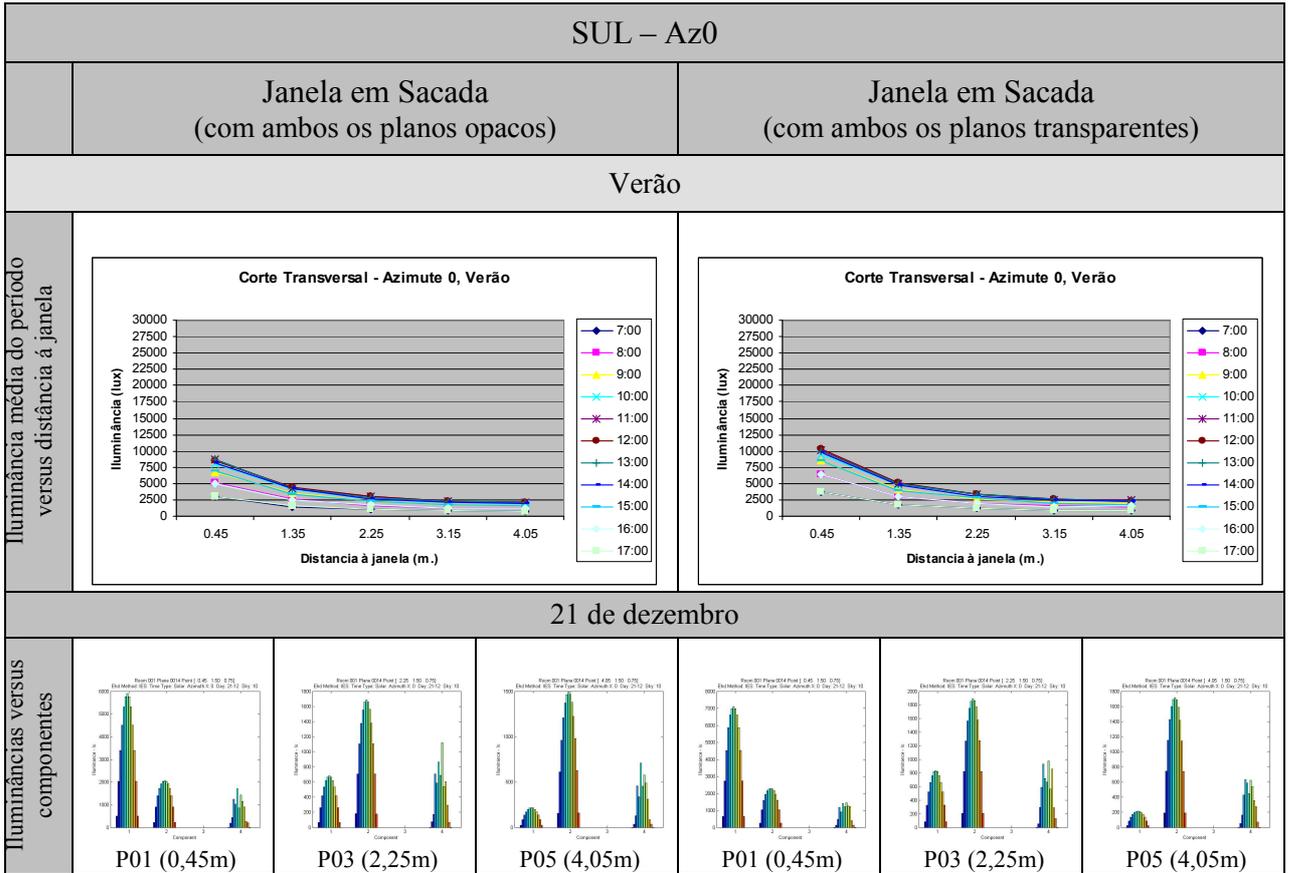
Orientação Norte



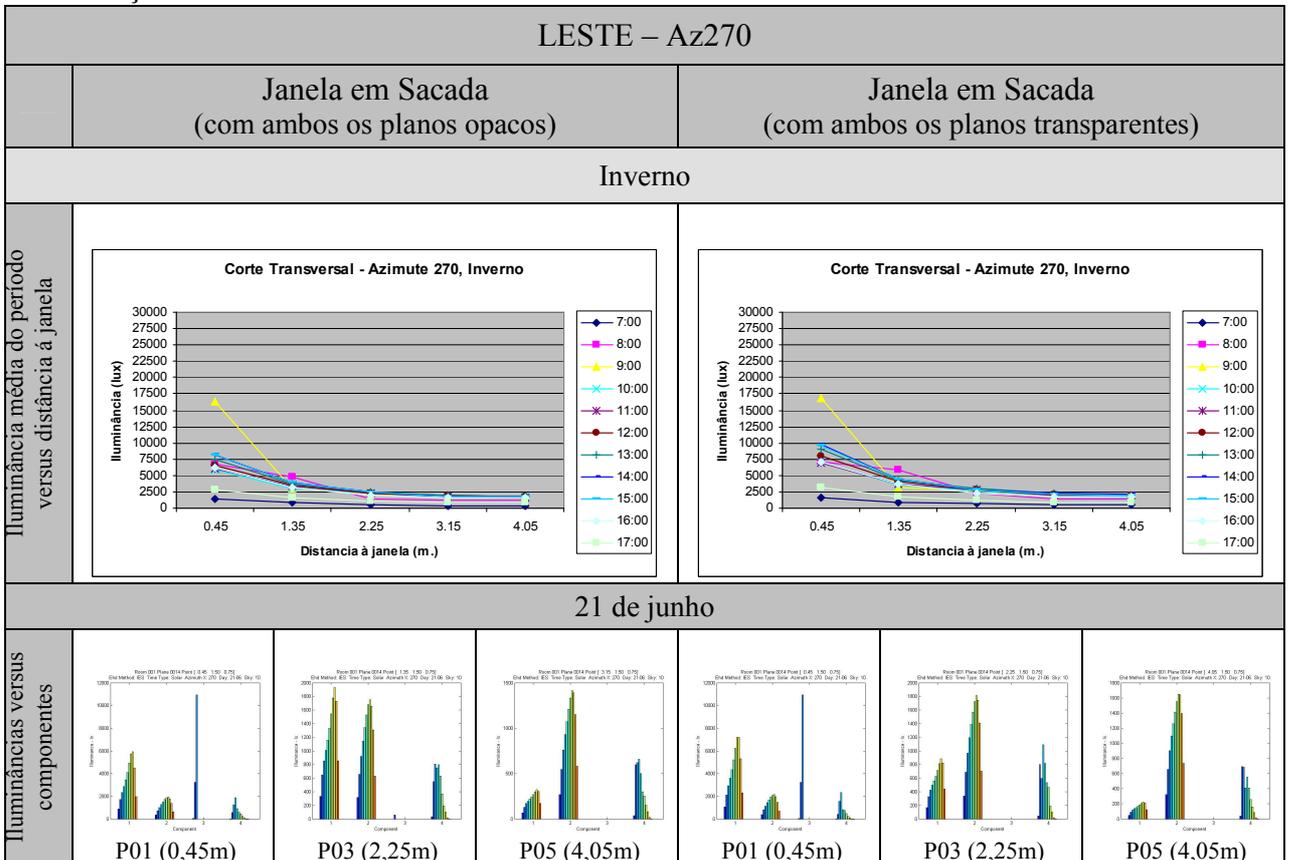


Orientação Sul

SUL – Az0						
	Janela em Sacada (com ambos os planos opacos)	Janela em Sacada (com ambos os planos transparentes)				
Inverno						
Iluminância média do período versus distância à janela	<p>Corte Transversal - Azimute 0, Inverno</p> <p>Iluminância (lux) vs. Distancia à janela (m.)</p>	<p>Corte Transversal - Azimute 0, Inverno</p> <p>Iluminância (lux) vs. Distancia à janela (m.)</p>				
	21 de junho					
Iluminâncias versus componentes	<p>P01 (0,45m)</p>	<p>P03 (2,25m)</p>	<p>P05 (4,05m)</p>	<p>P01 (0,45m)</p>	<p>P03 (2,25m)</p>	<p>P05 (4,05m)</p>
	SUL – Az0					
		Janela em Sacada (com ambos os planos opacos)	Janela em Sacada (com ambos os planos transparentes)			
	Primavera					
	Iluminância média do período versus distância à janela	<p>Corte Transversal - Azimute 0, Primavera</p> <p>Iluminância (lux) vs. Distancia à janela (m.)</p>	<p>Corte Transversal - Azimute 0, Primavera</p> <p>Iluminância (lux) vs. Distancia à janela (m.)</p>			
		21 de setembro				
Iluminâncias versus componentes	<p>P01 (0,45m)</p>	<p>P03 (2,25m)</p>	<p>P05 (4,05m)</p>	<p>P01 (0,45m)</p>	<p>P03 (2,25m)</p>	<p>P05 (4,05m)</p>

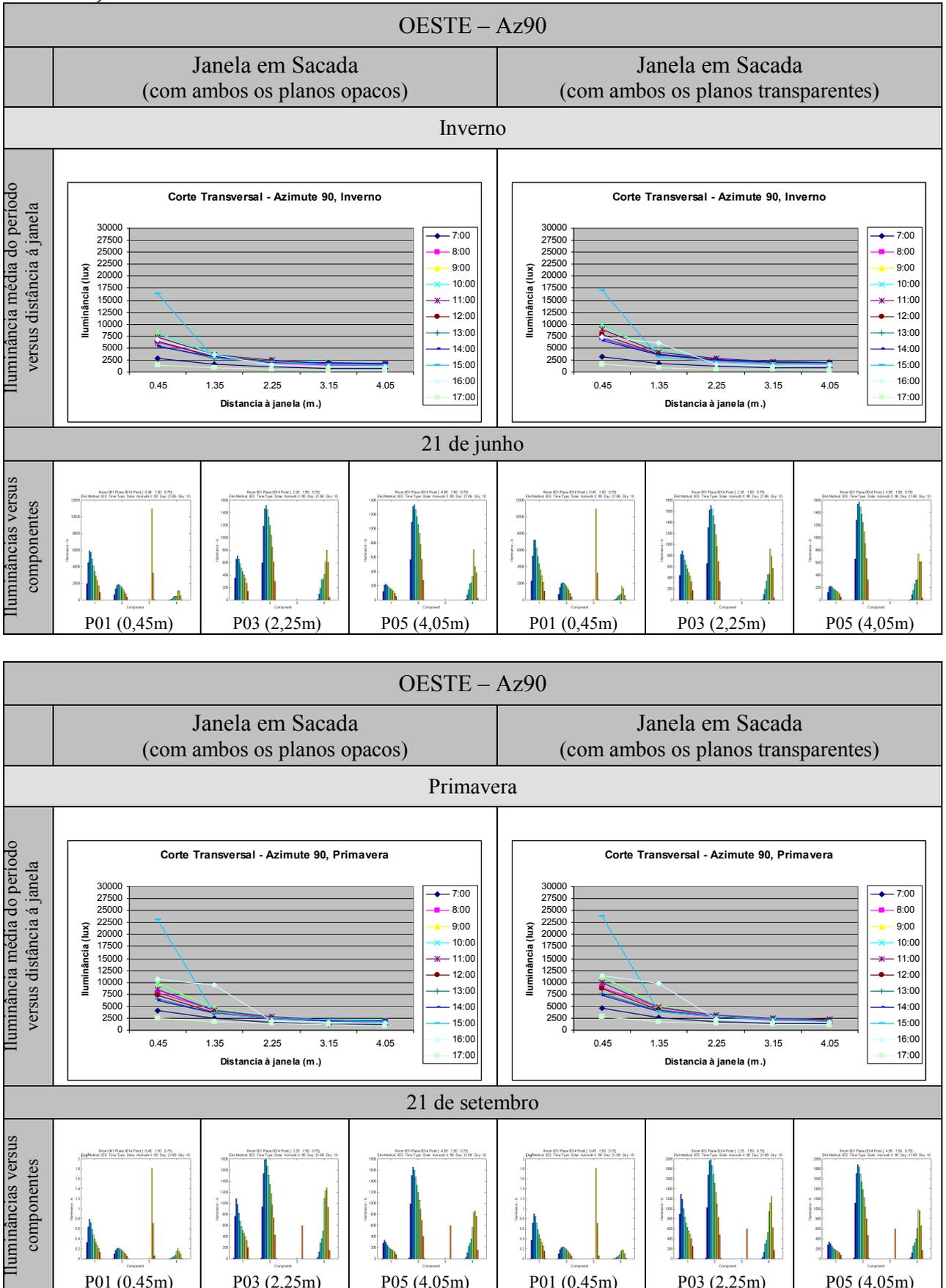


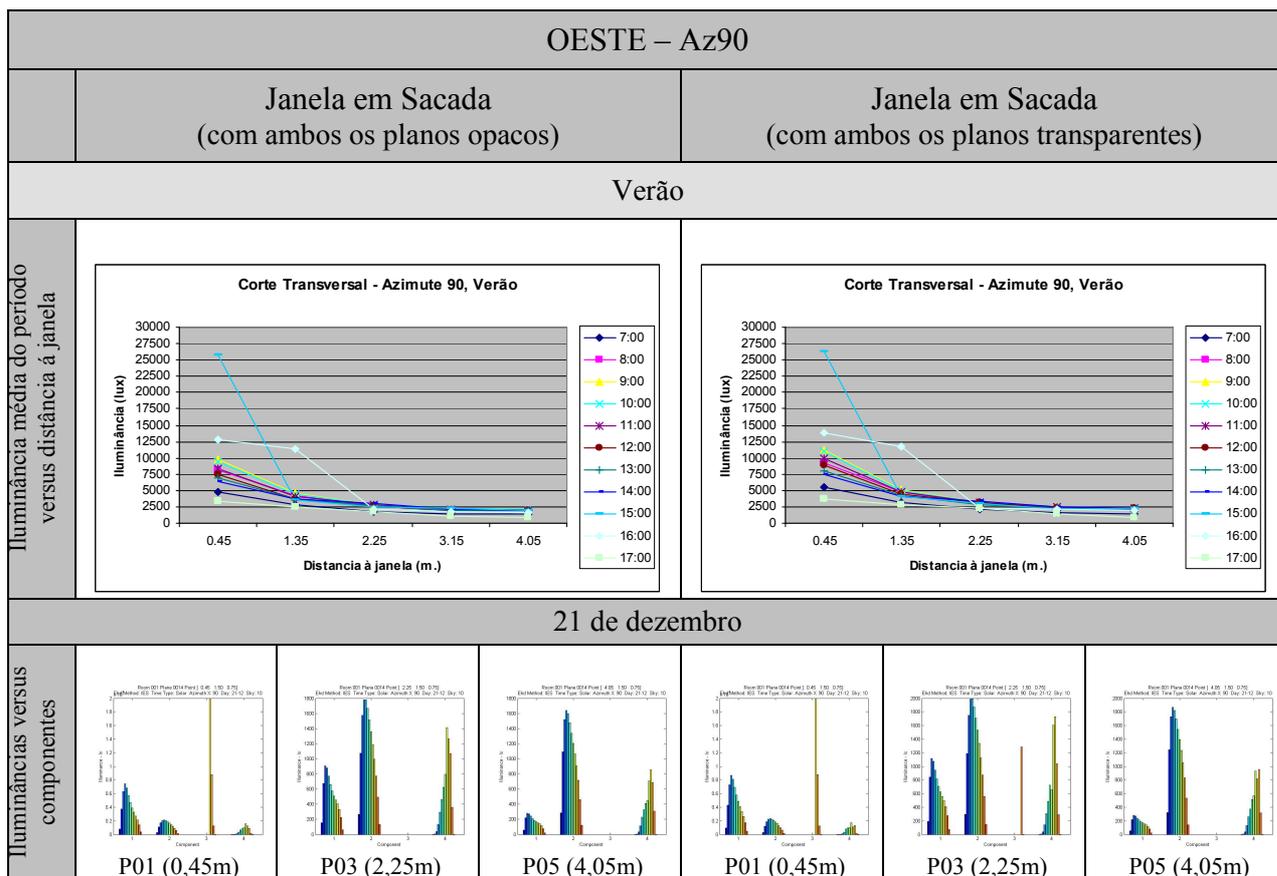
Orientação Leste



LESTE – Az270						
	Janela em Sacada (com ambos os planos opacos)	Janela em Sacada (com ambos os planos transparentes)				
Primavera						
Iluminância média do período versus distância à janela						
	21 de setembro					
Iluminâncias versus componentes						
	LESTE – Az270					
		Janela em Sacada (com ambos os planos opacos)	Janela em Sacada (com ambos os planos transparentes)			
	Verão					
	Iluminância média do período versus distância à janela					
		21 de dezembro				
Iluminâncias versus componentes						

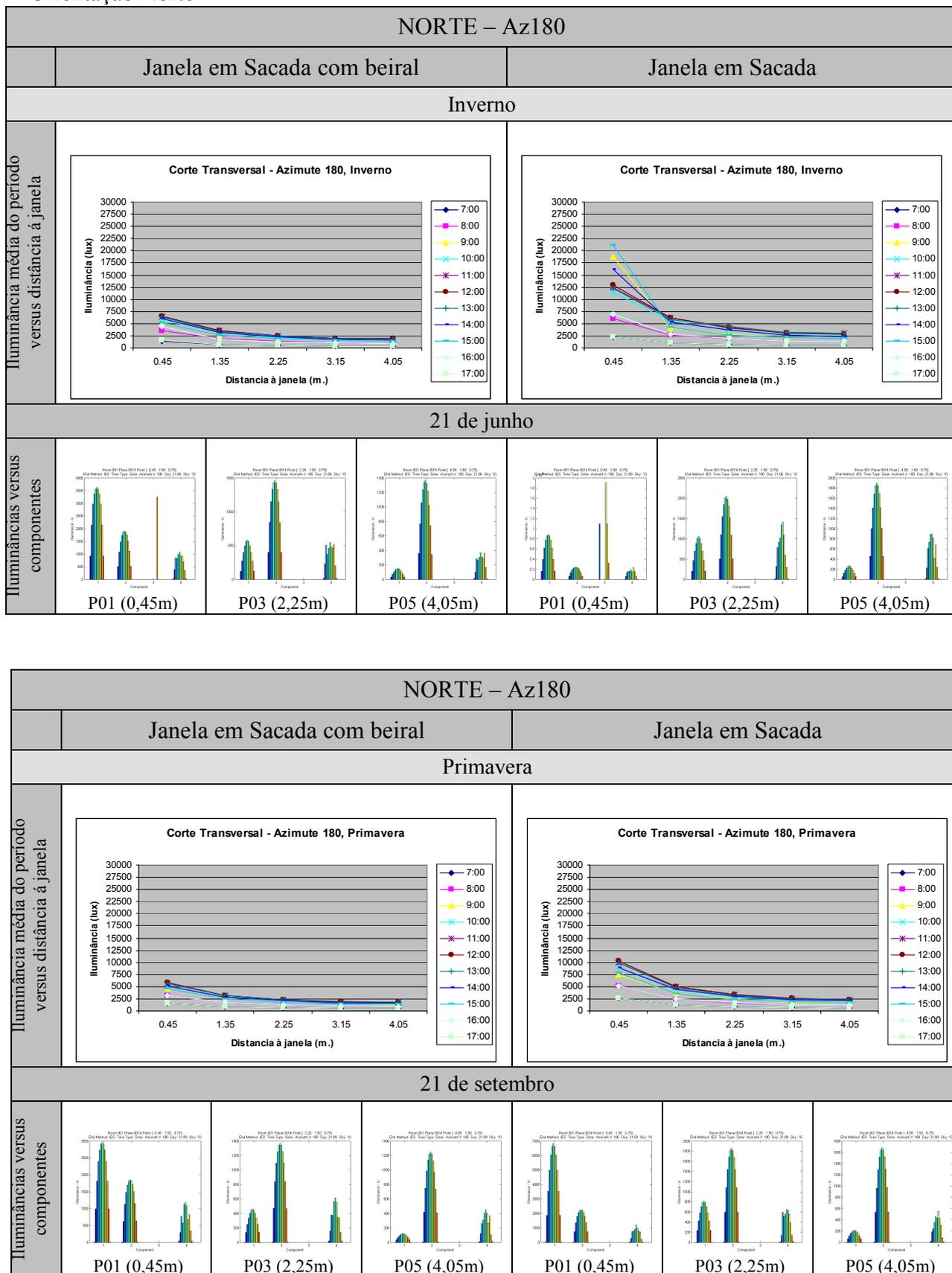
Orientação Oeste

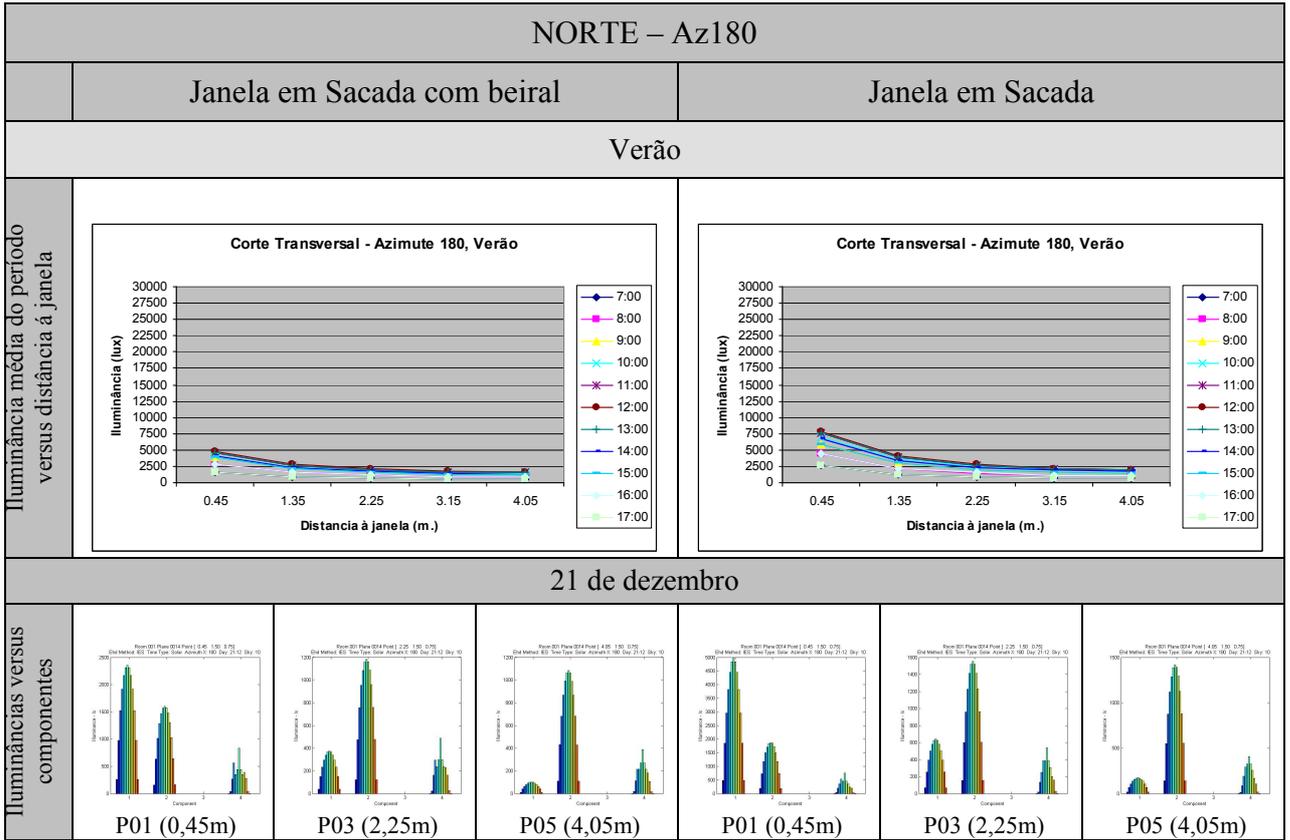




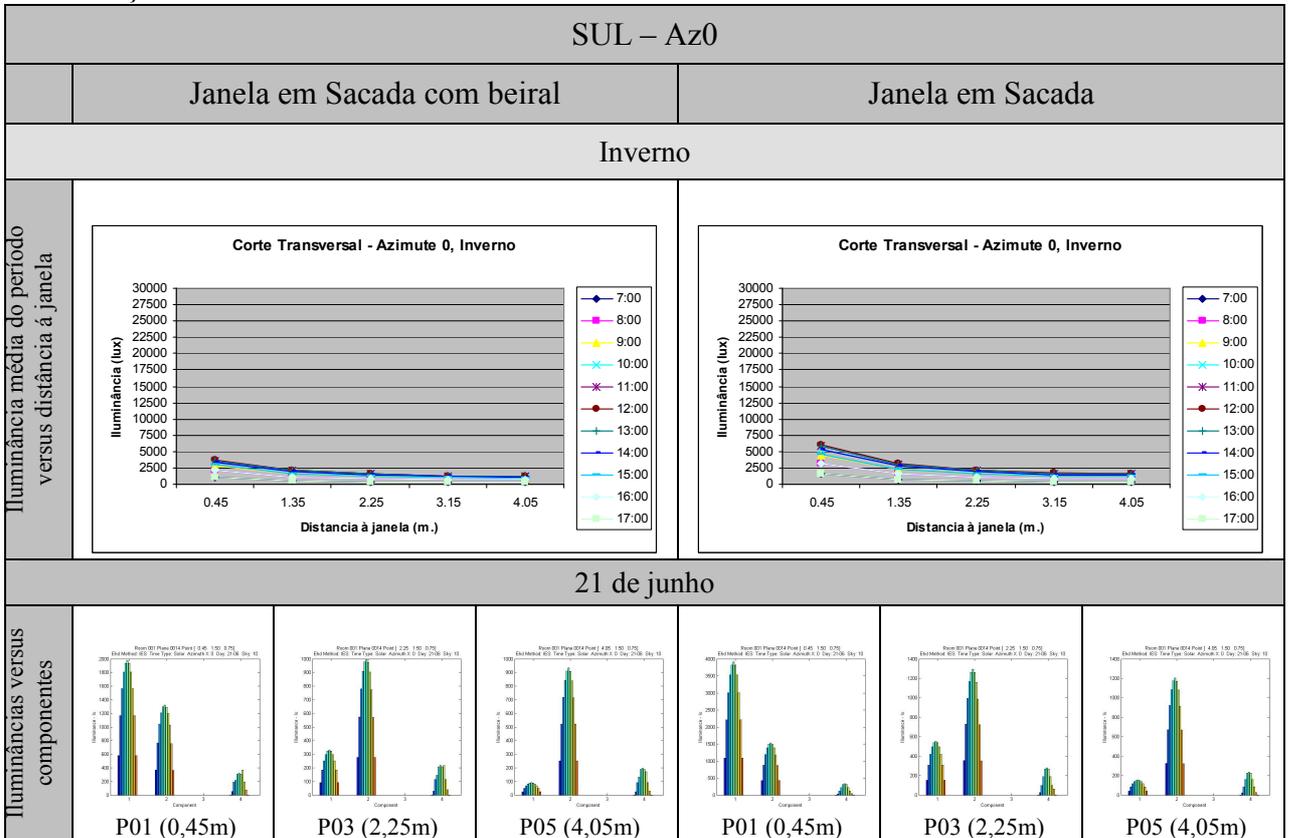
Simulação 3: “Janela em Sacada” com beiral versus “Janela em Sacada”.

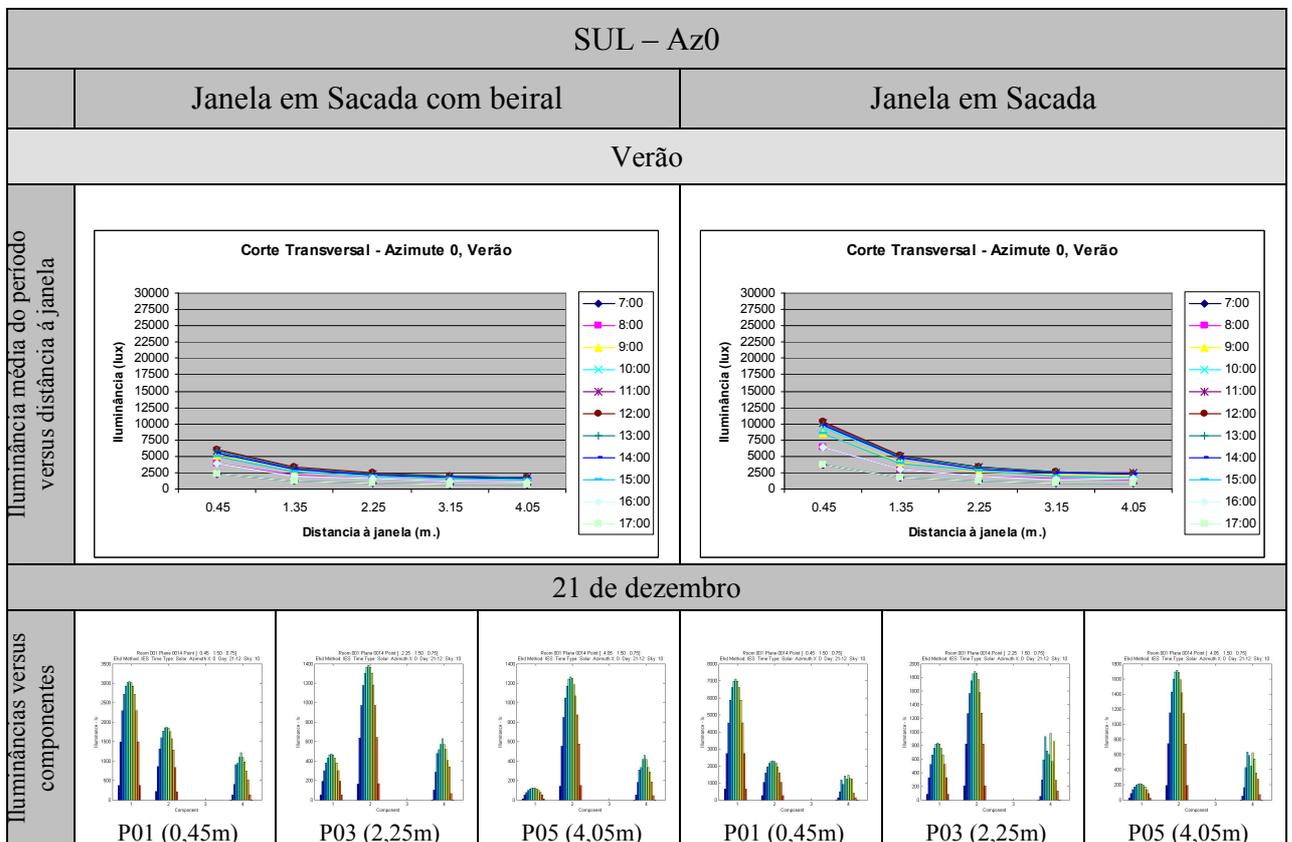
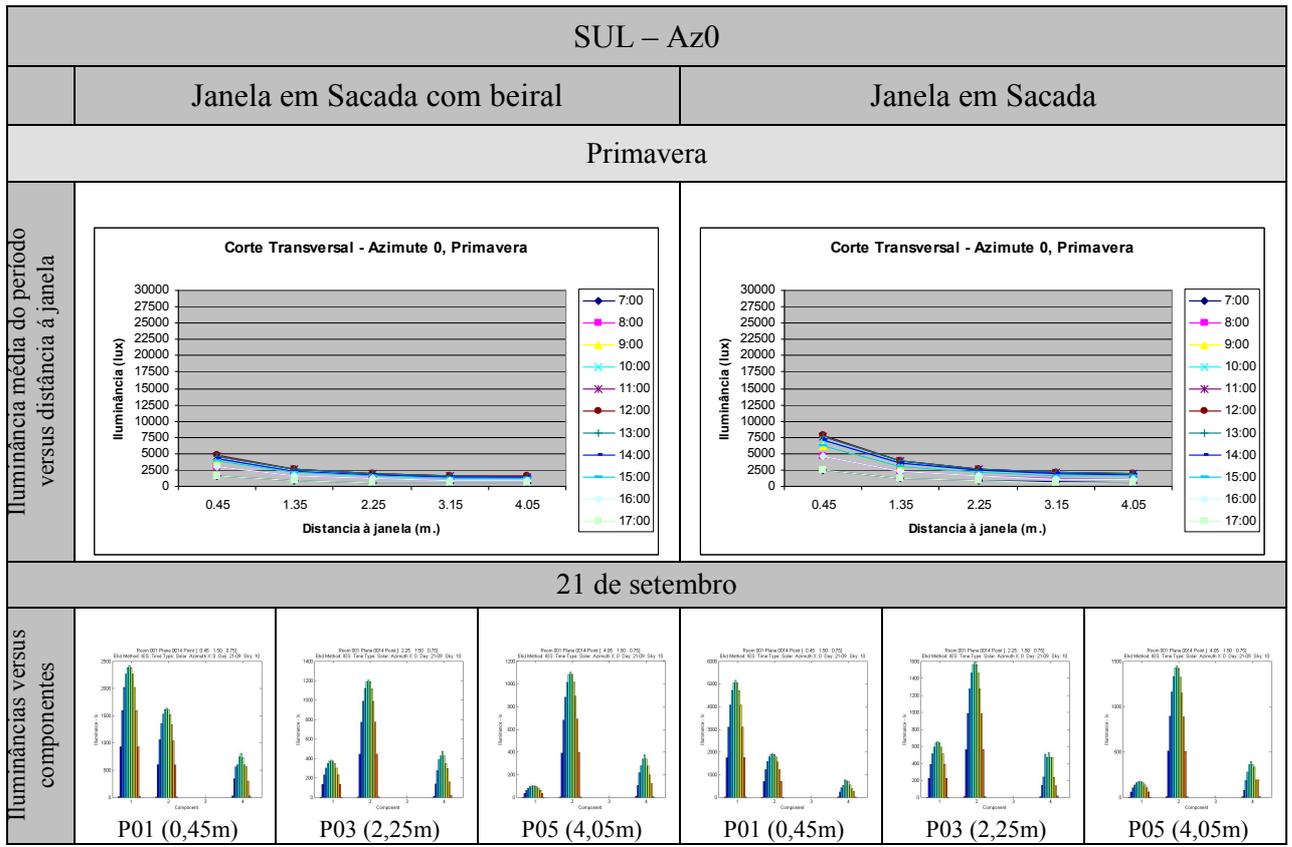
Orientação Norte





Orientação Sul

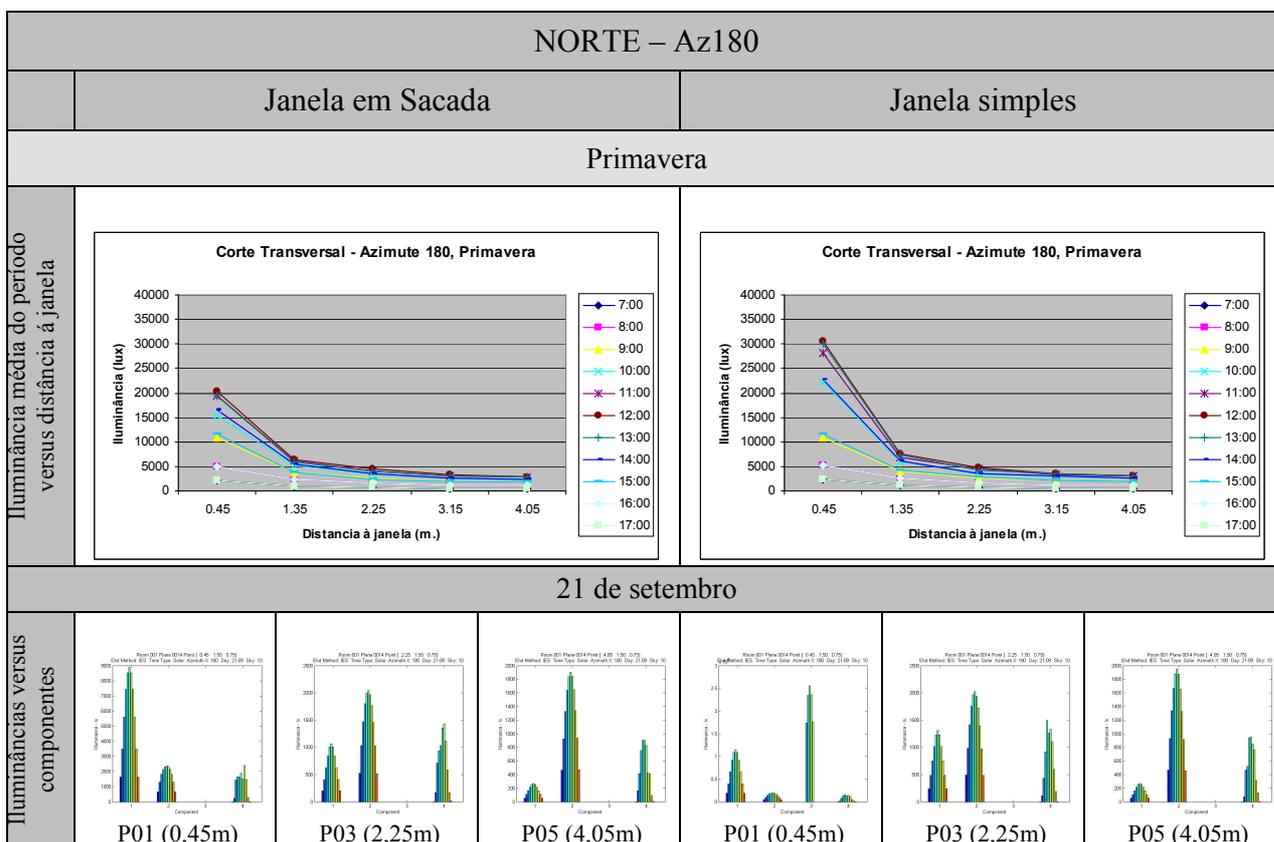
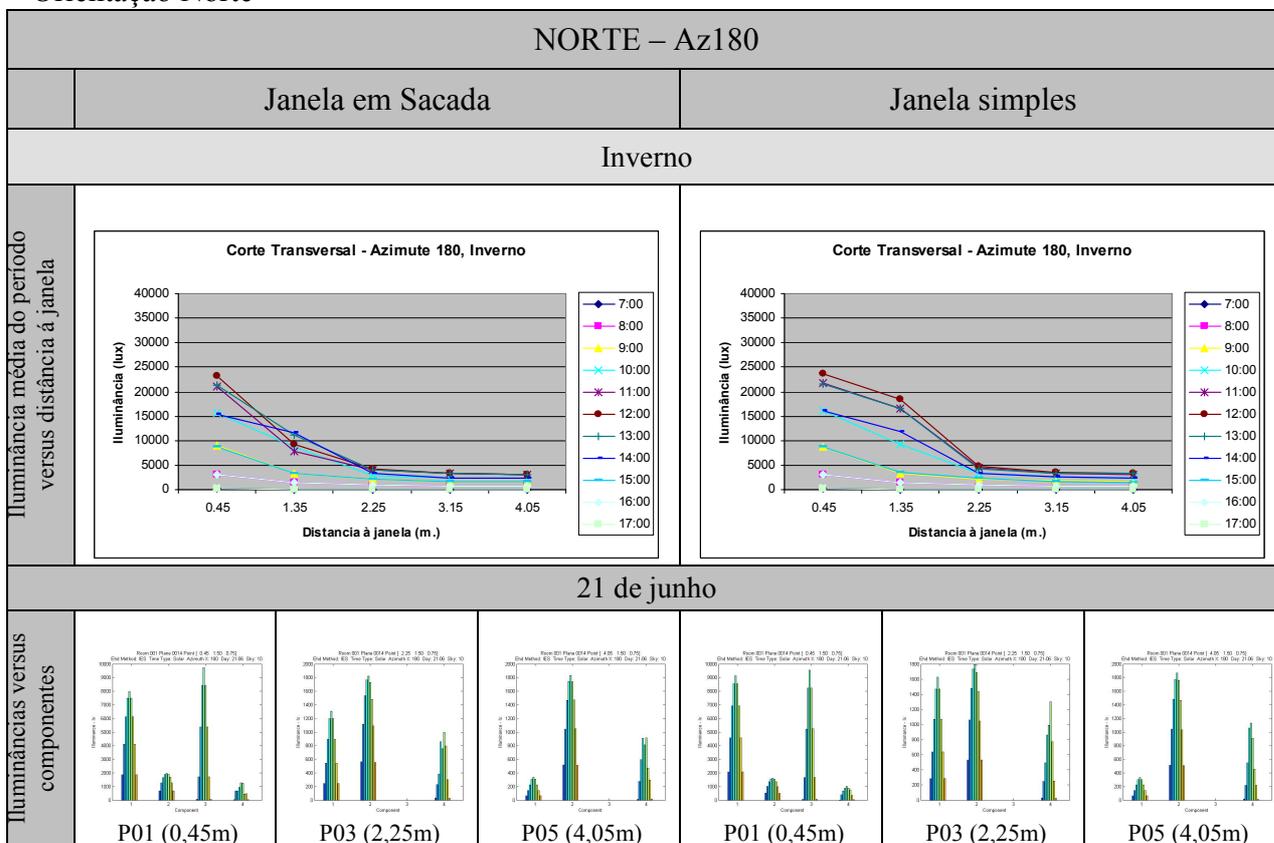


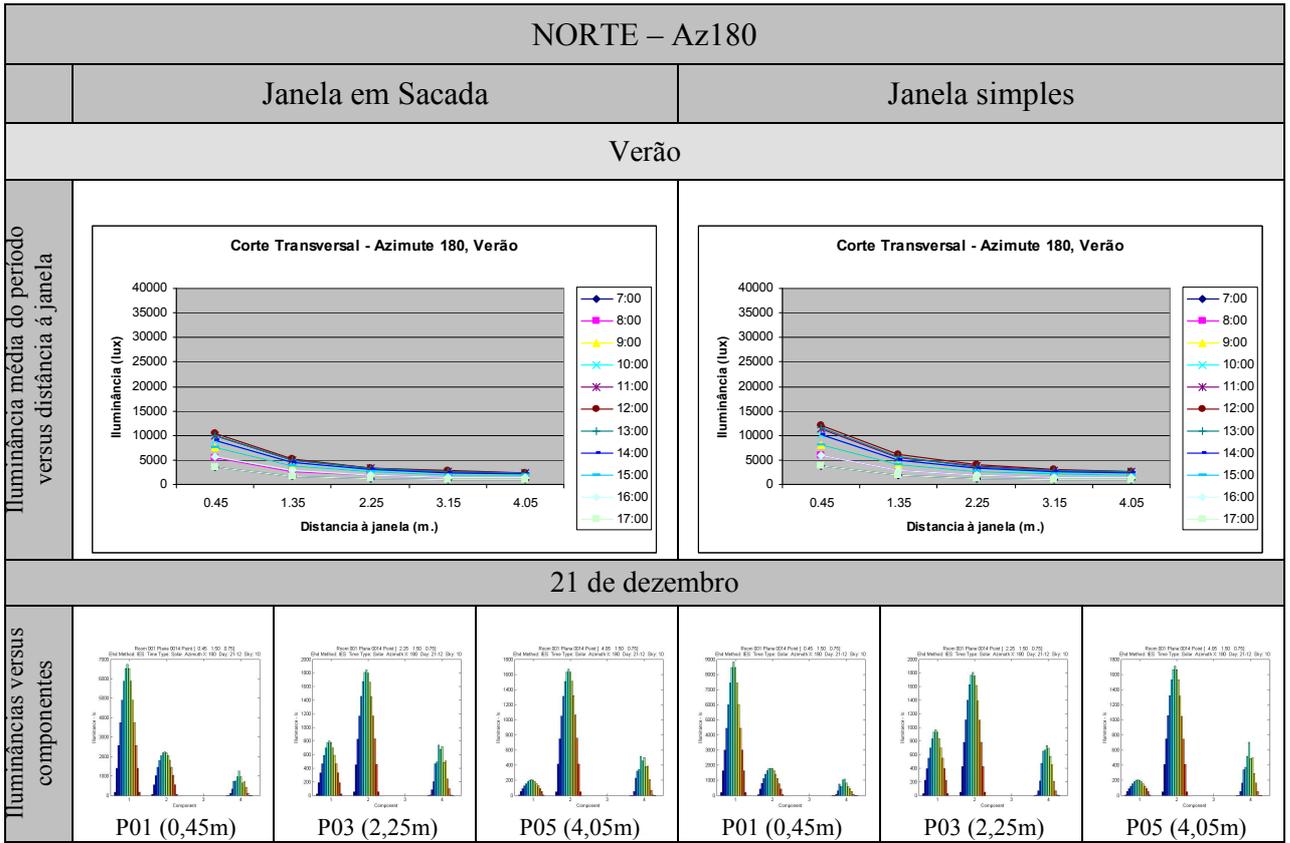


Etapa 2: cidade de Valparaíso, Chile.

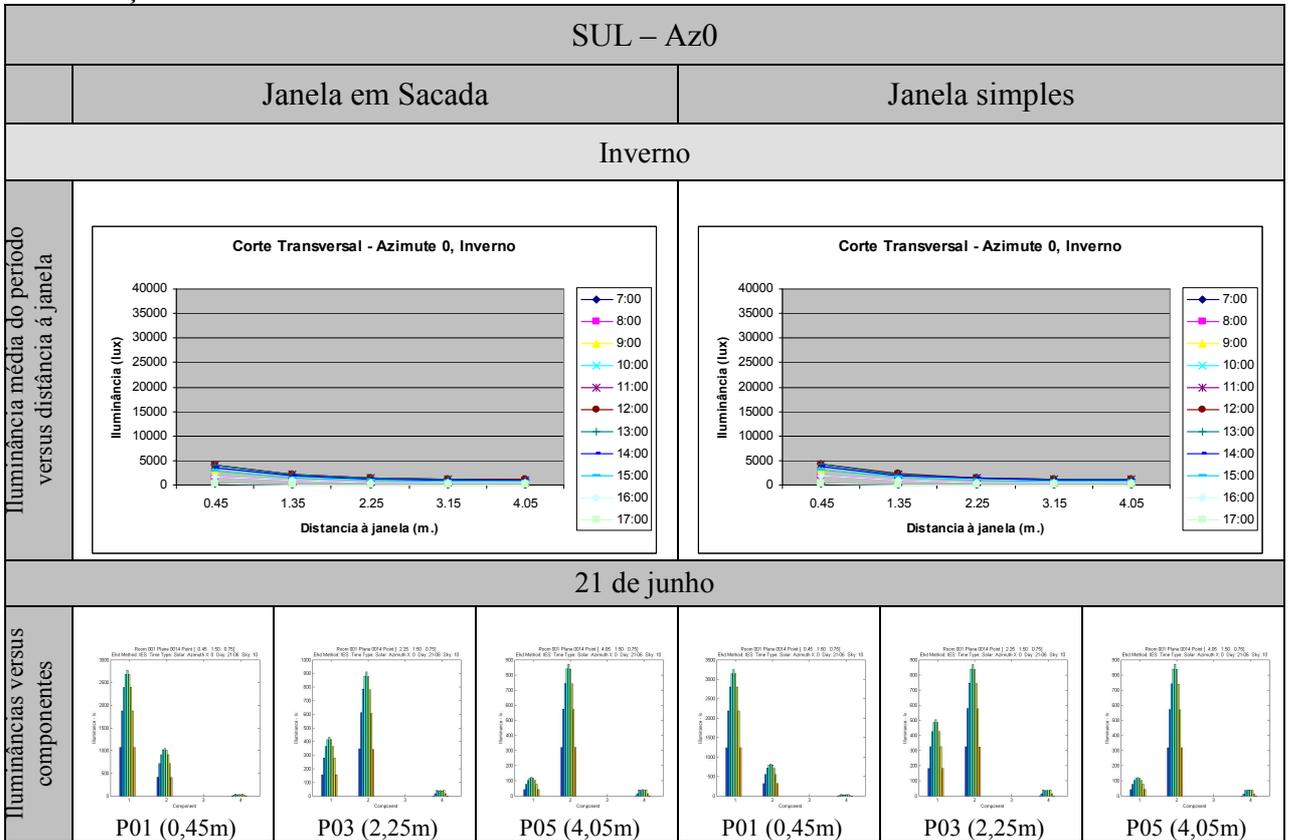
Simulação 1a: “Janela em Sacada” versus Janela simples.

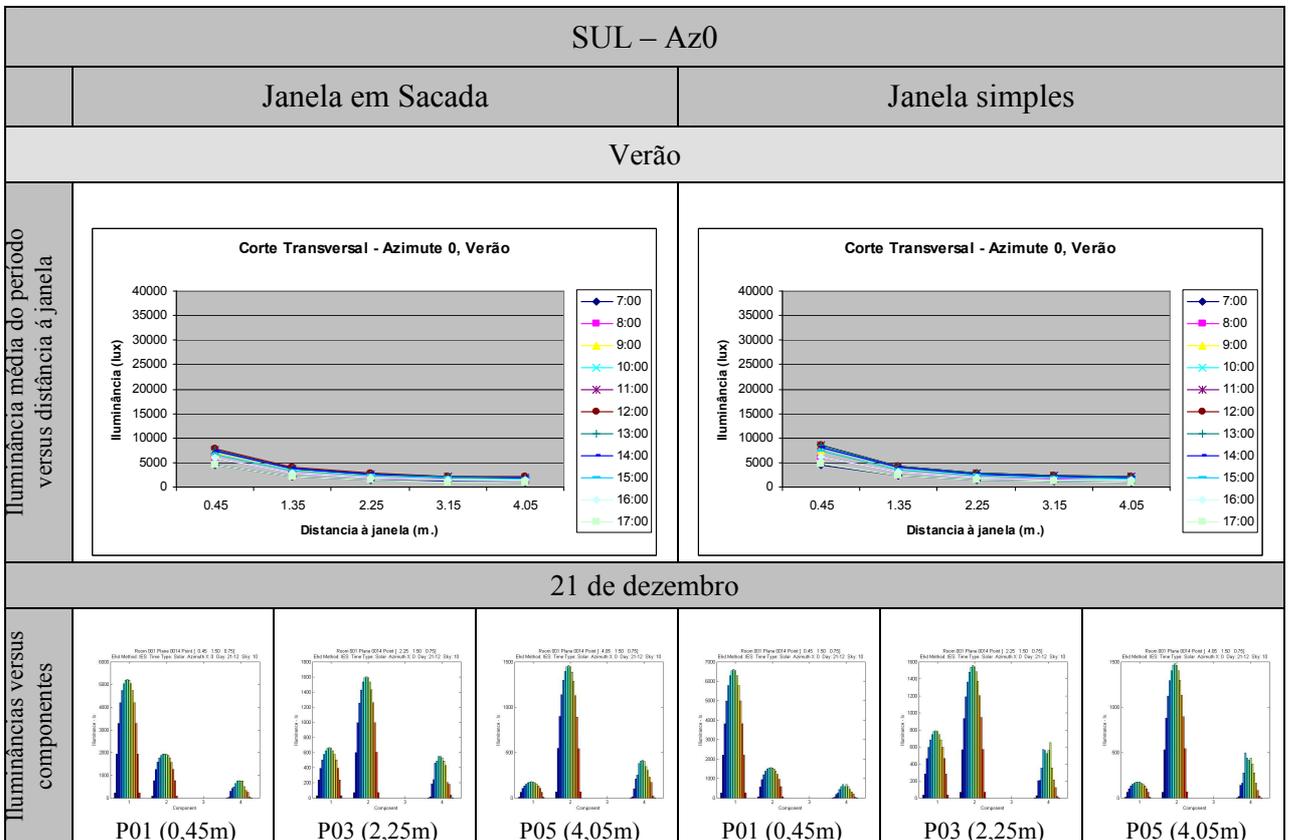
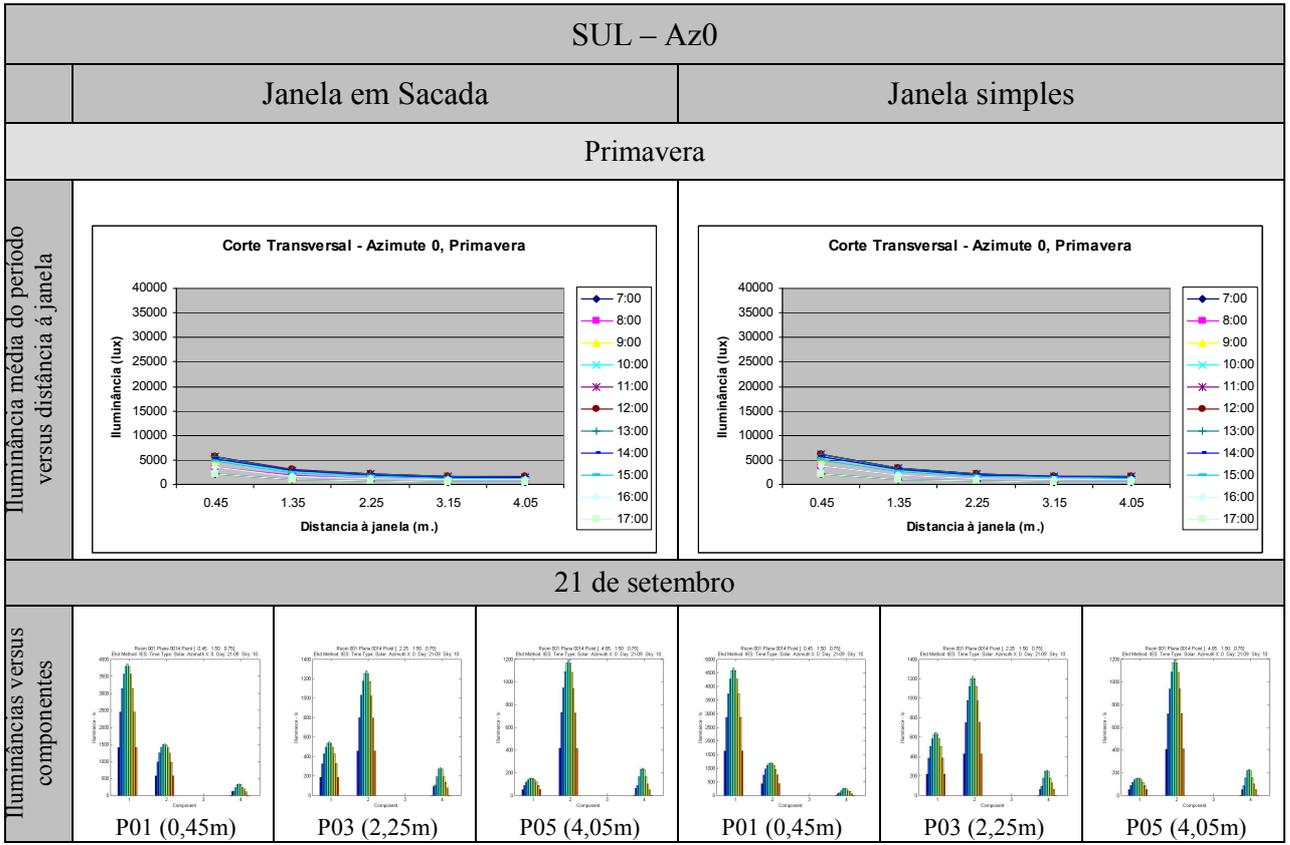
Orientação Norte



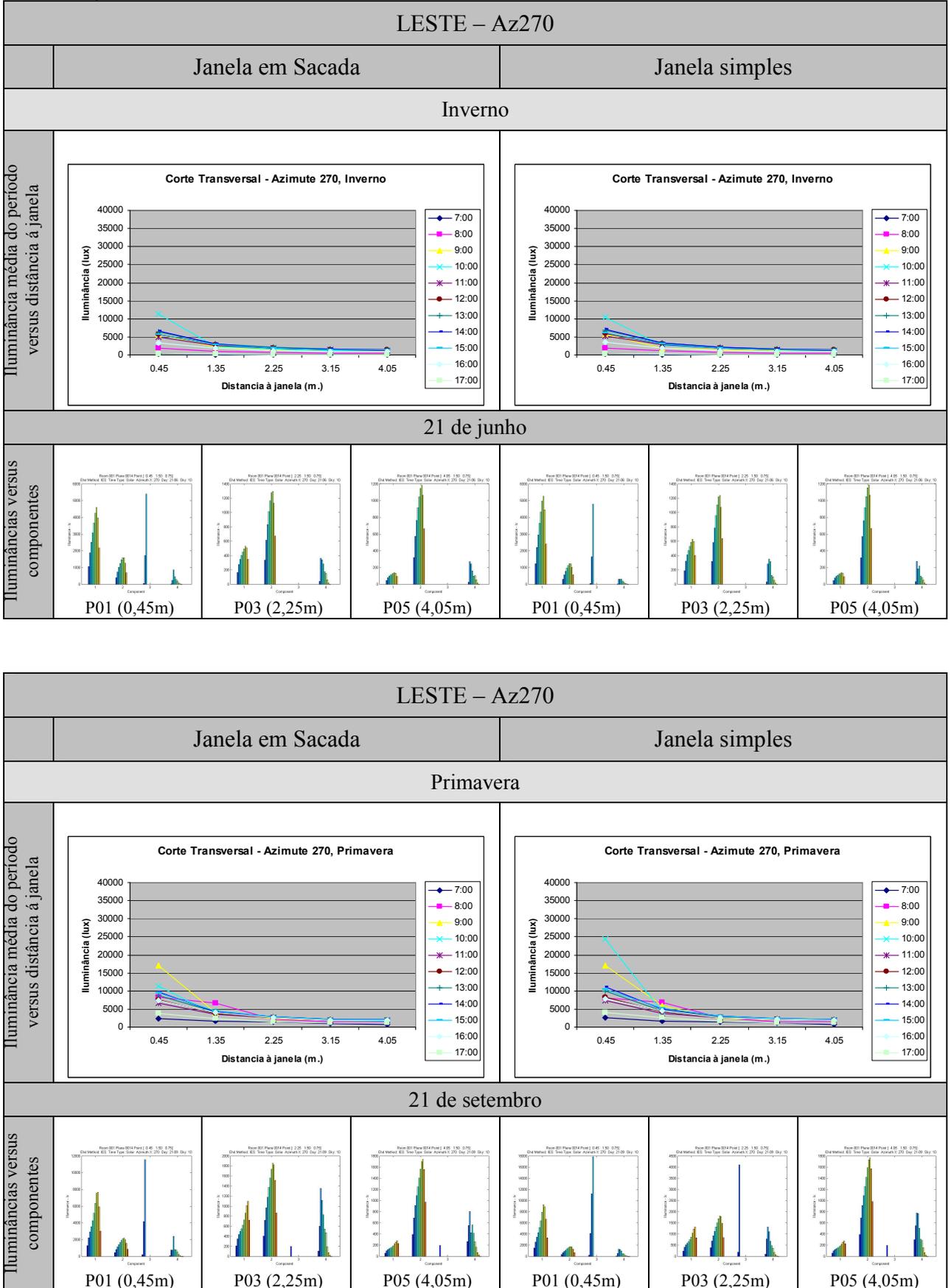


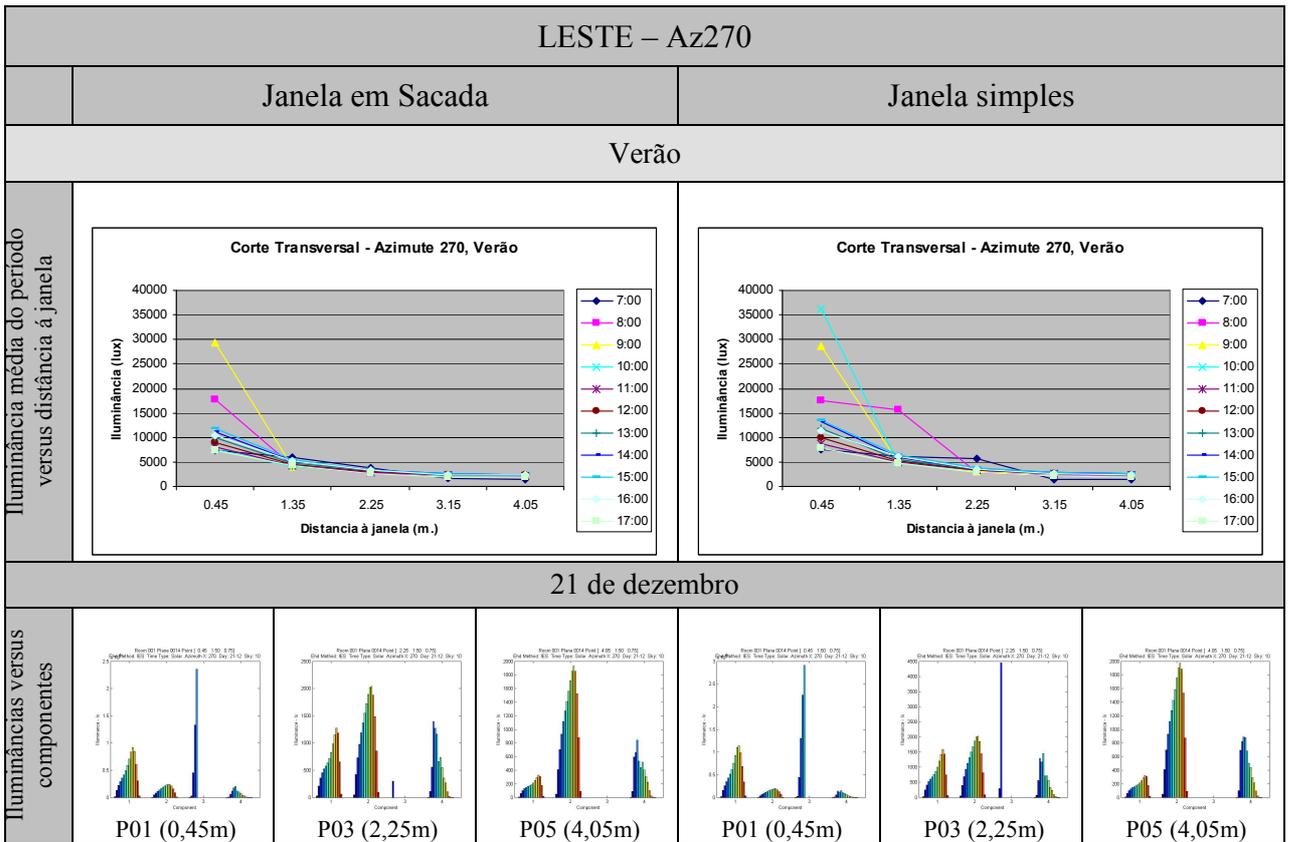
Orientação Sul



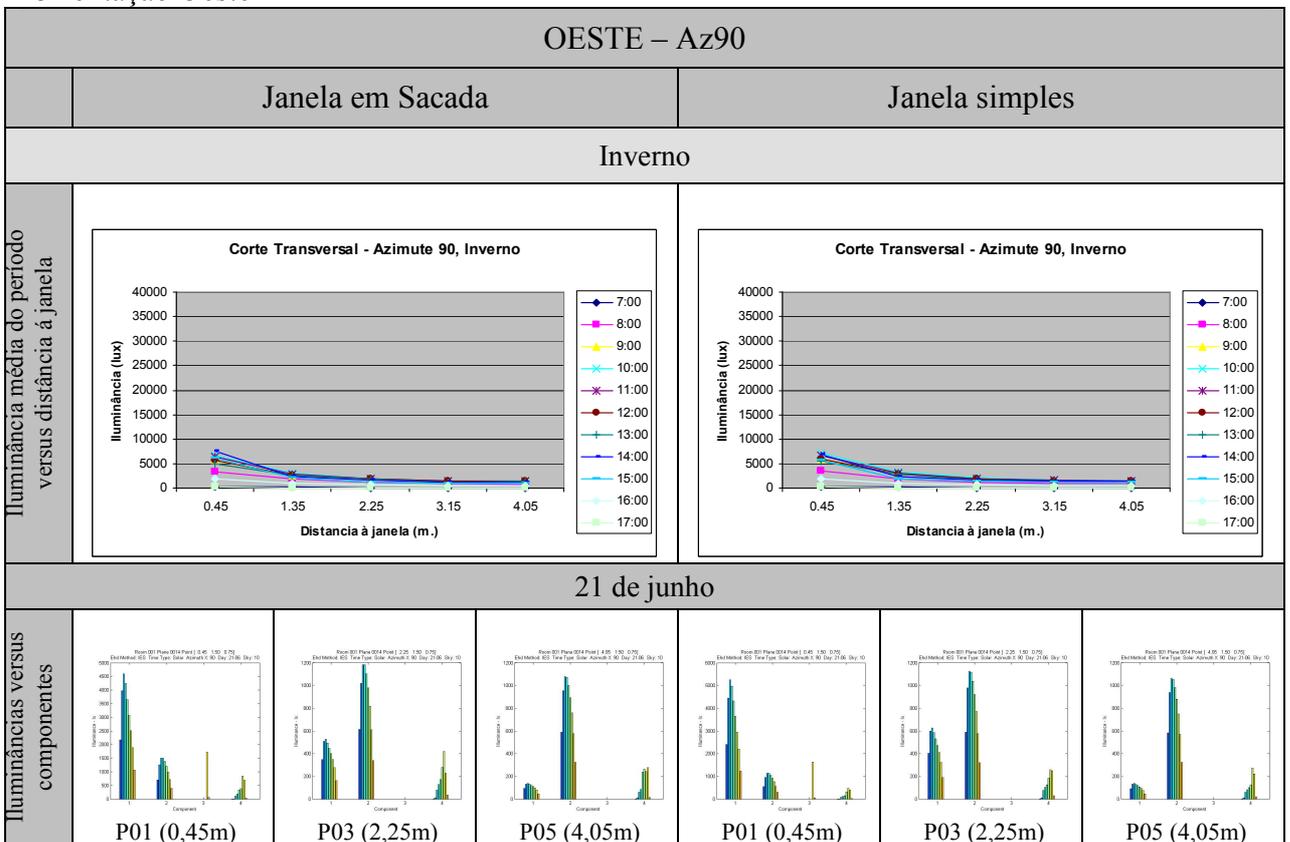


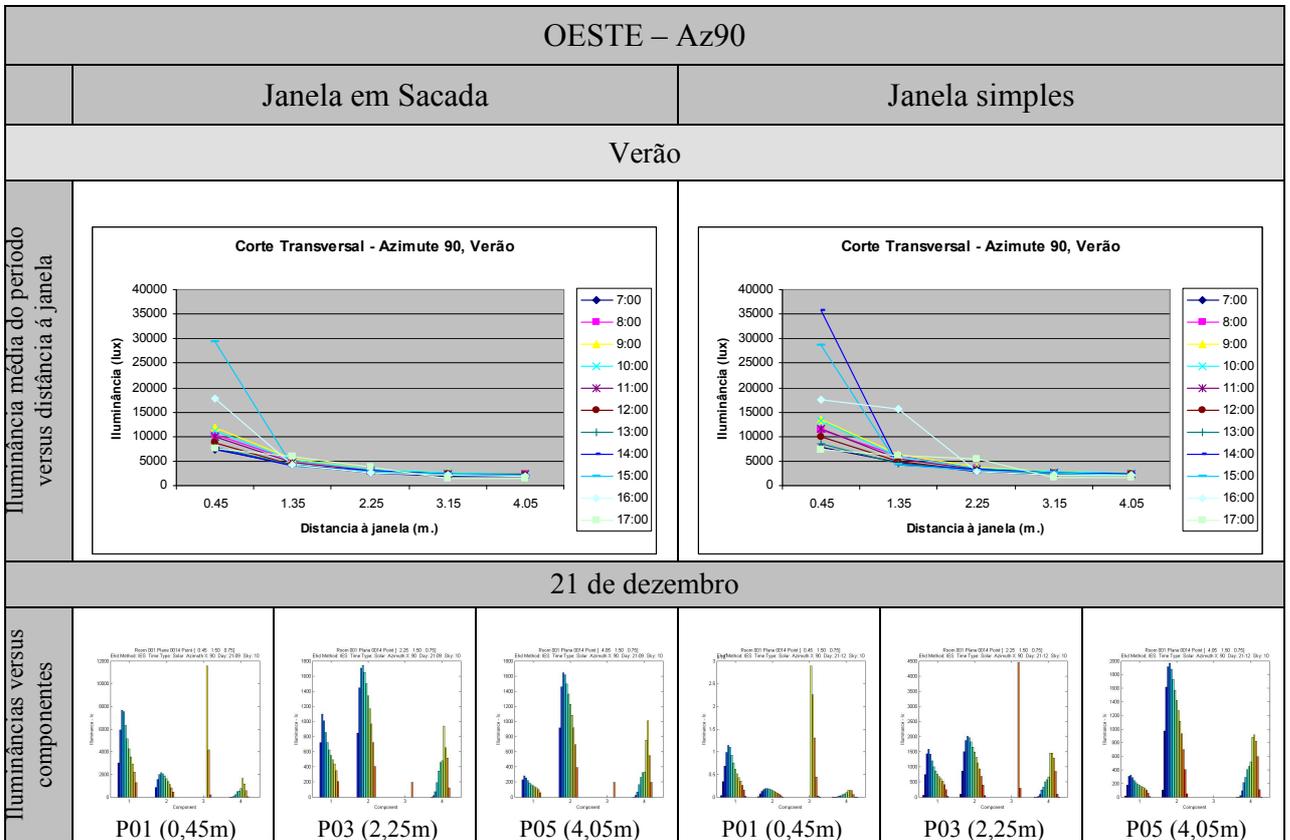
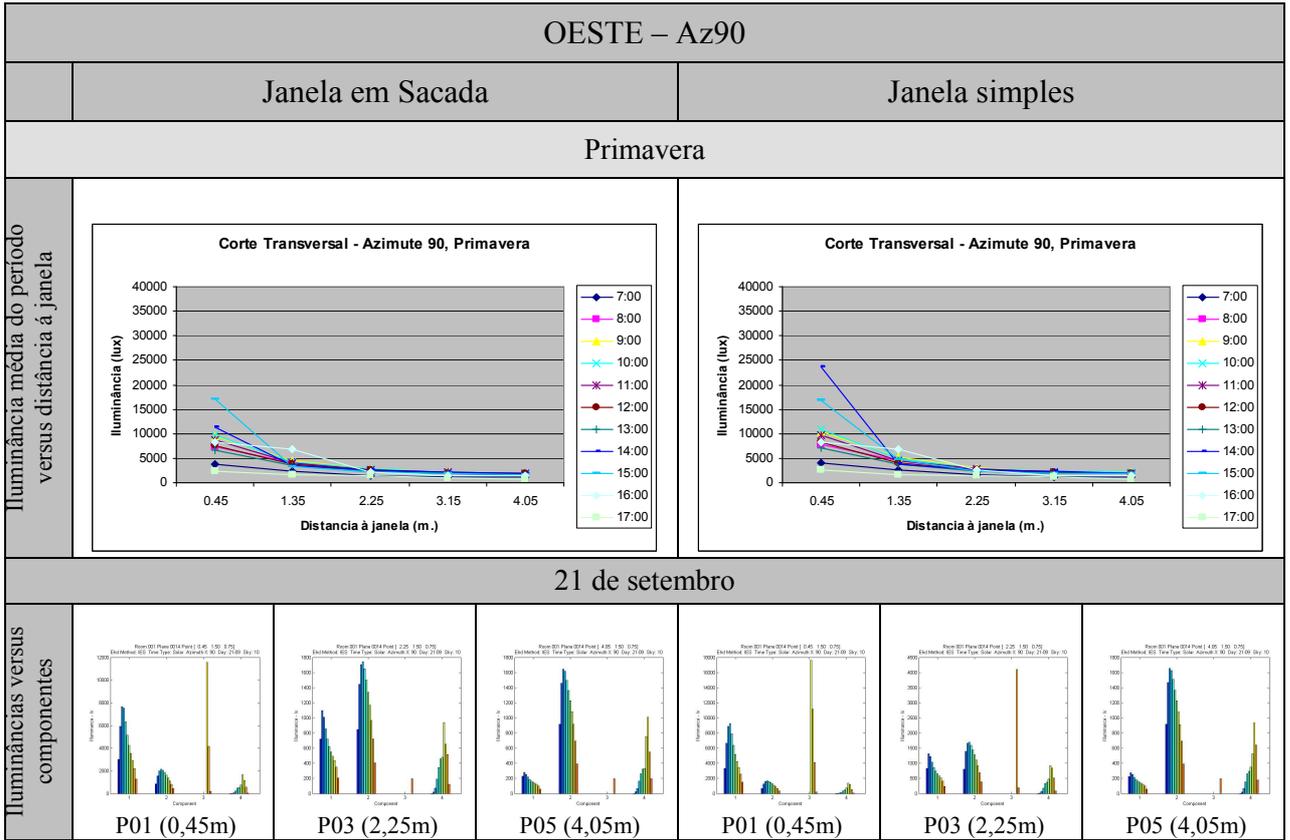
Orientação Leste





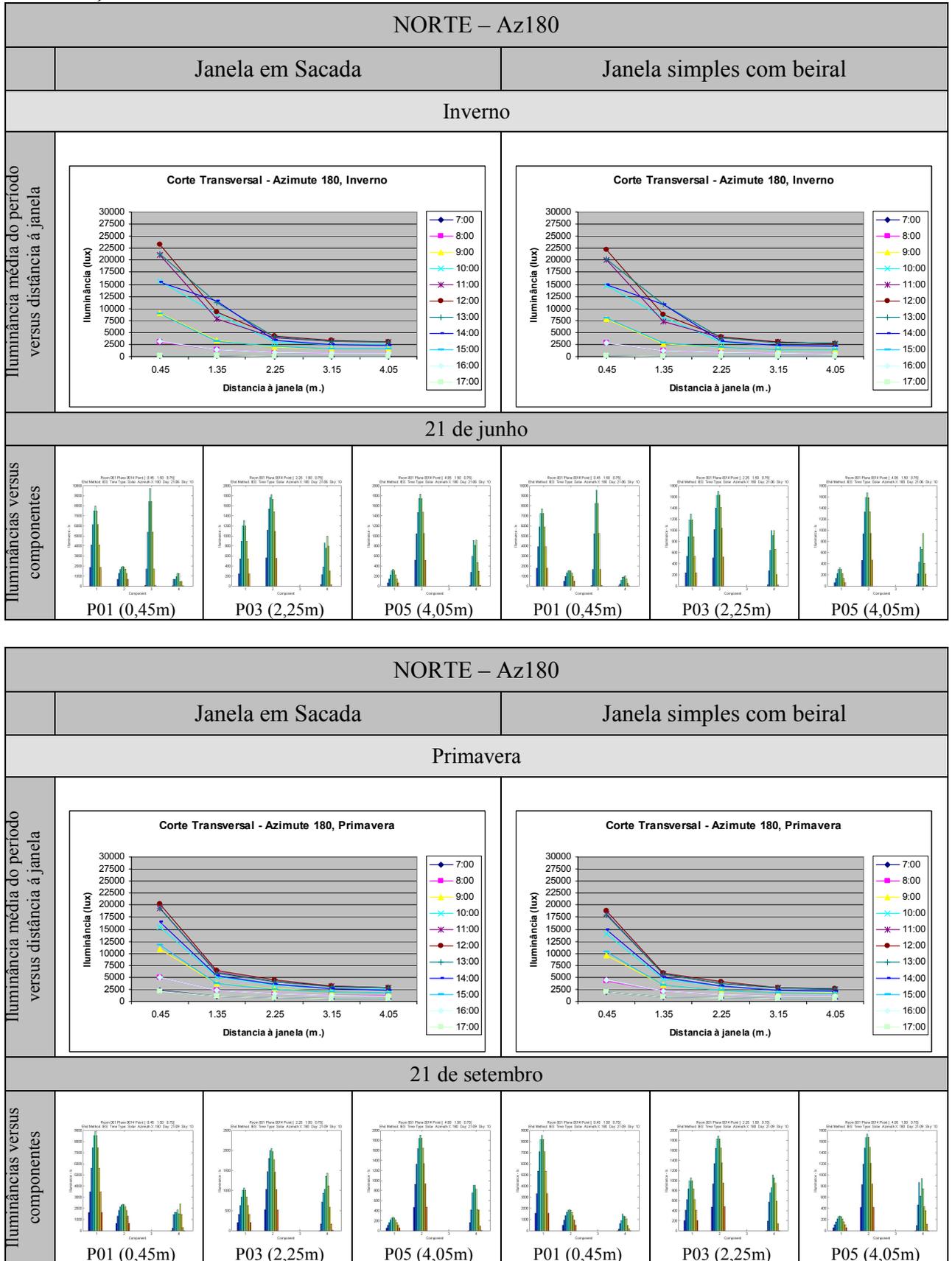
Orientação Oeste

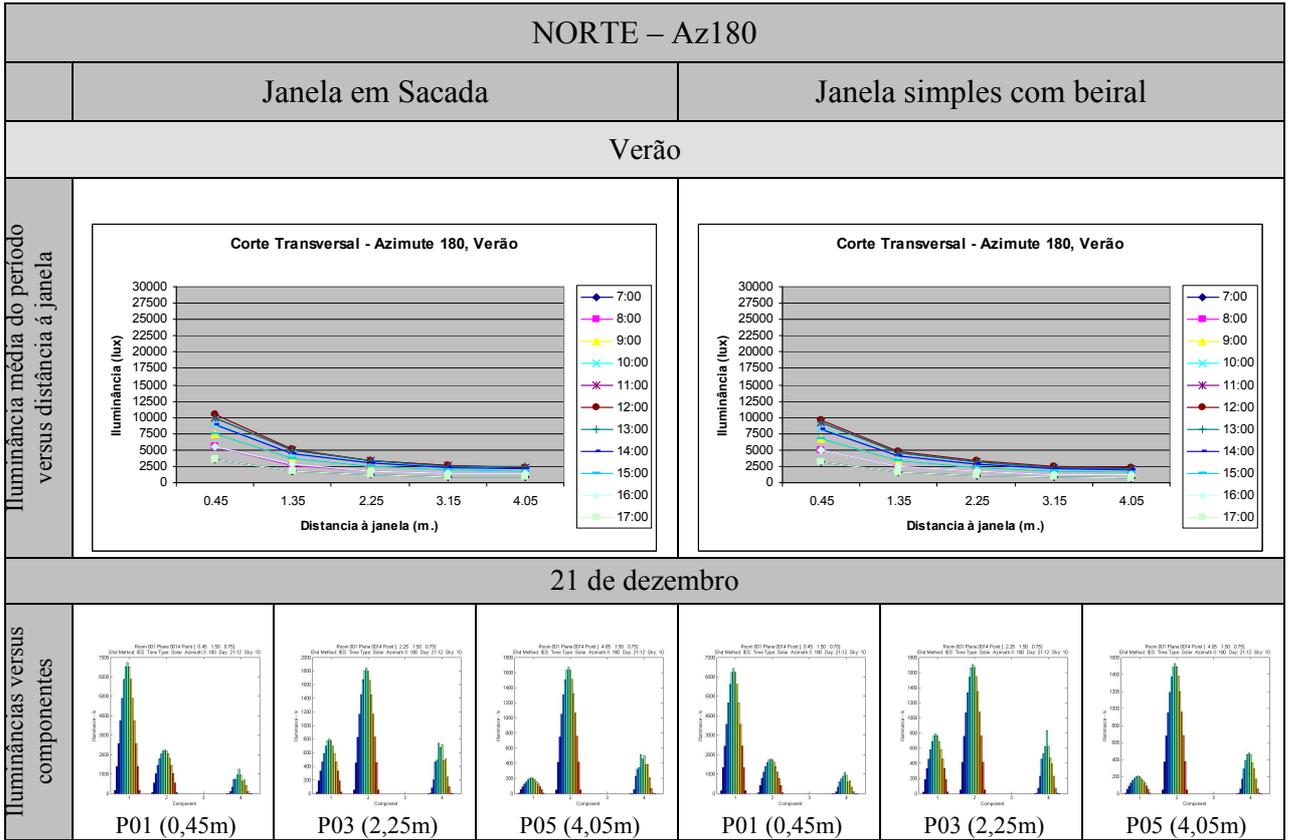




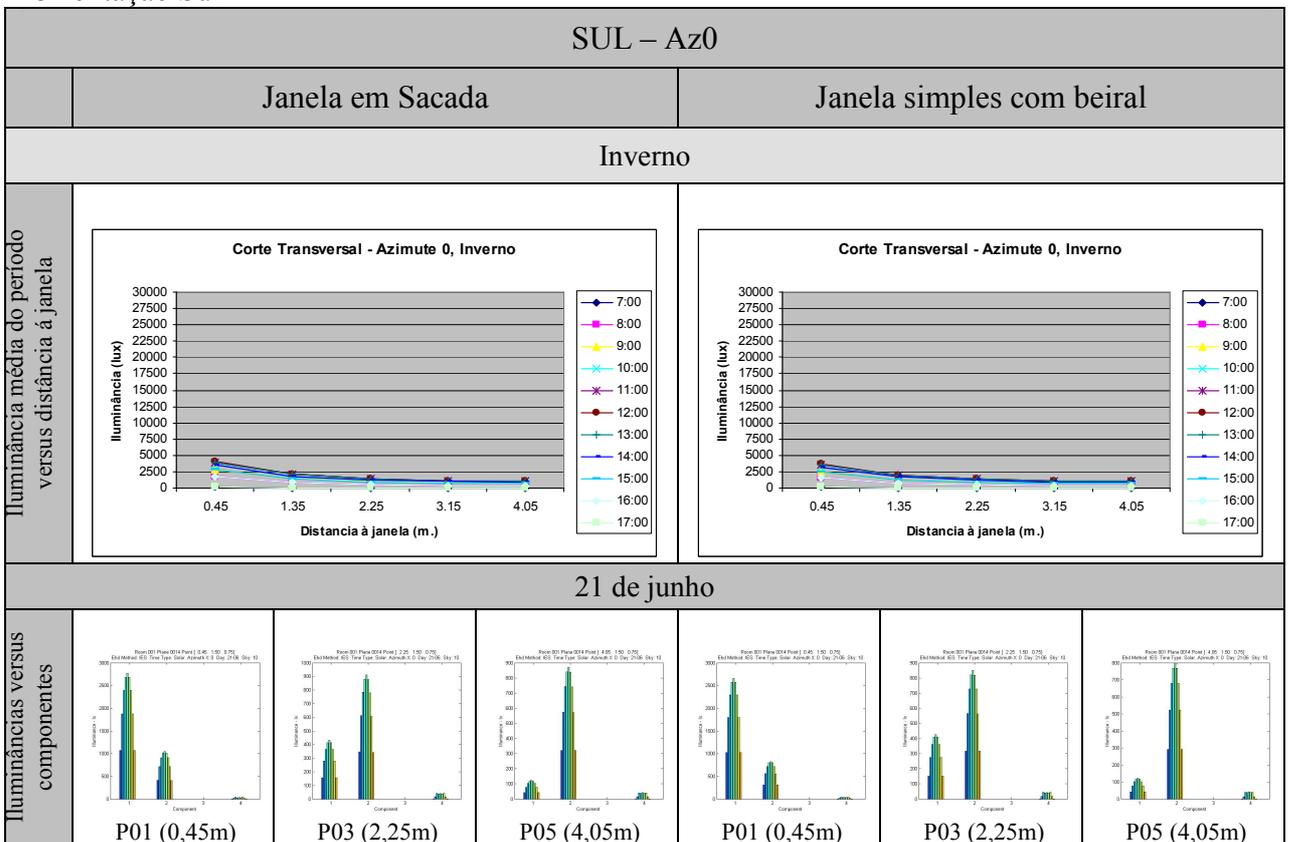
Simulação 1a: “Janela em Sacada” versus Janela simples com beiral.

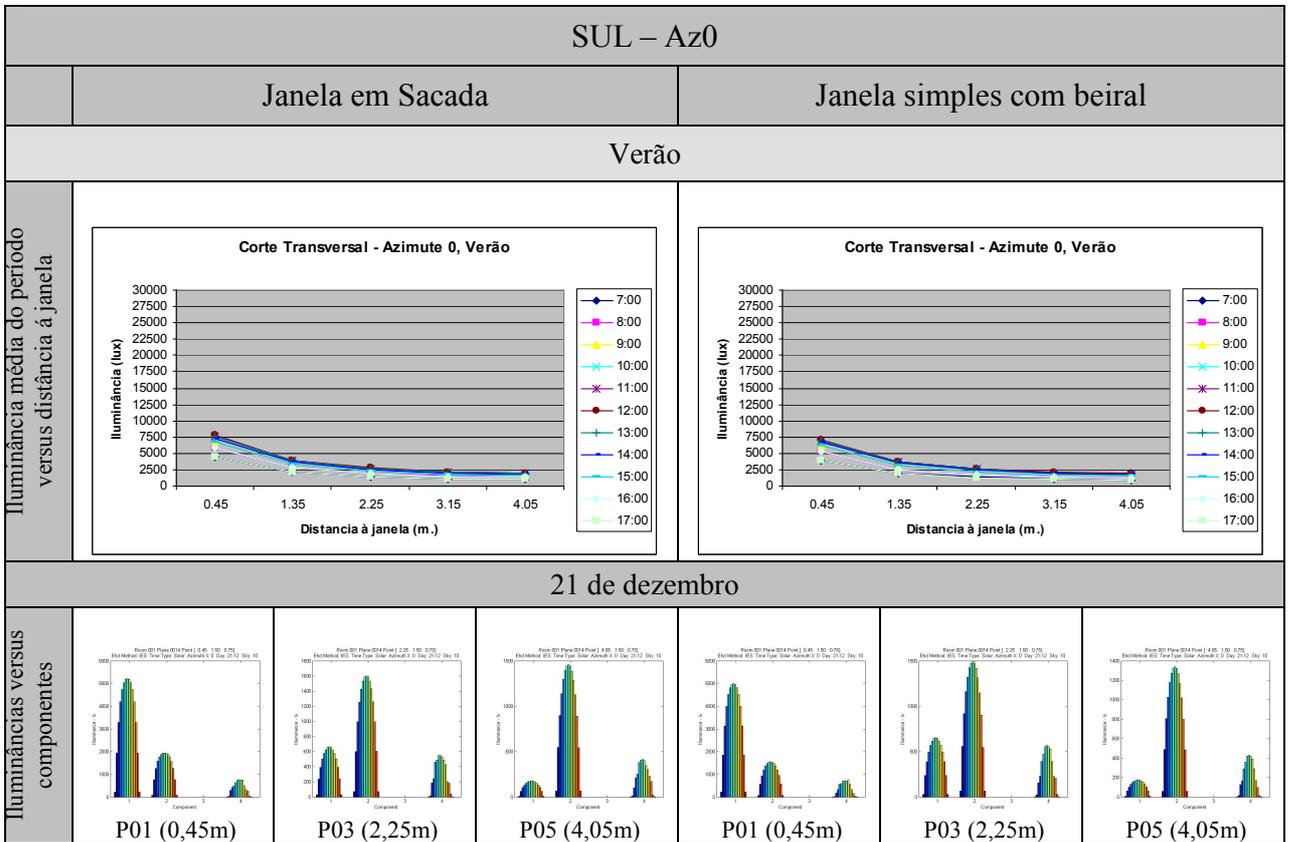
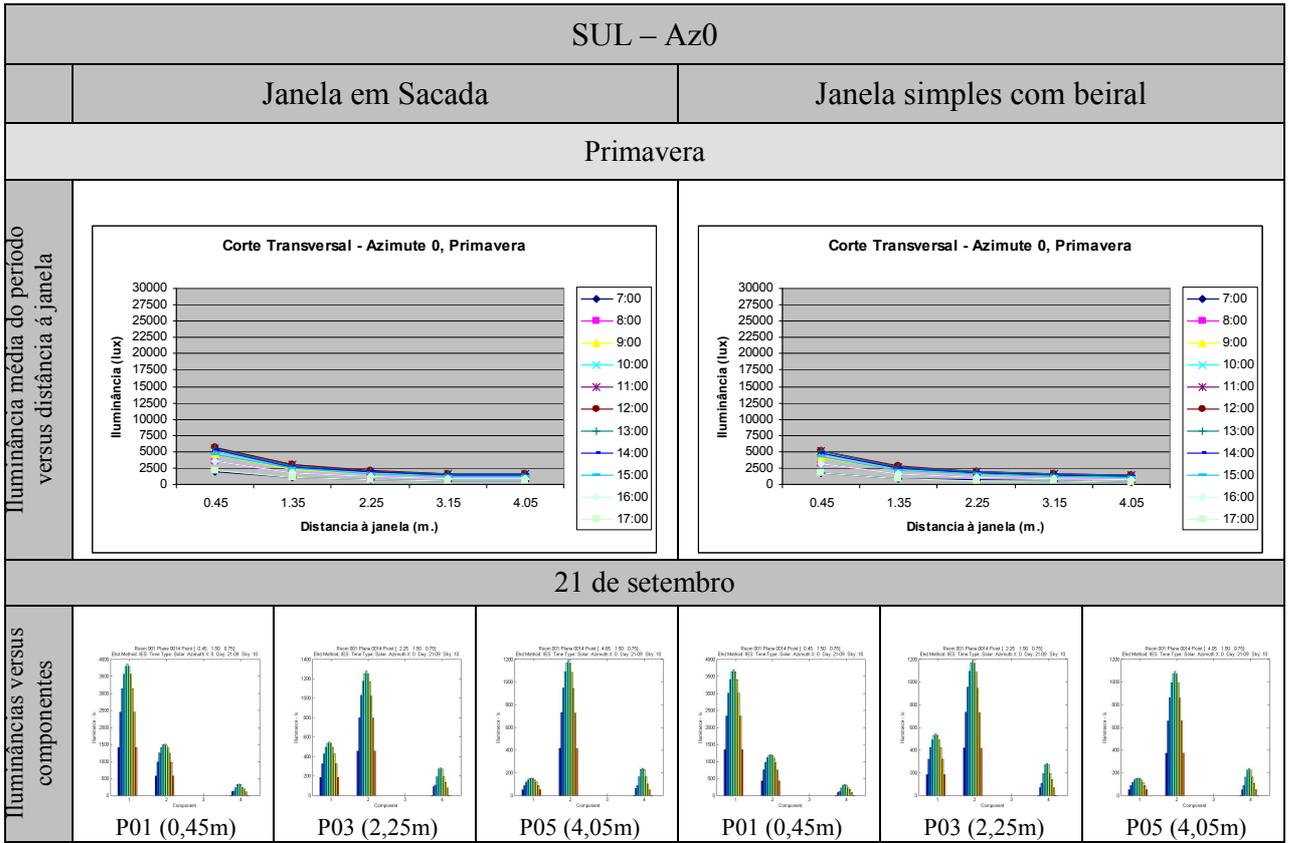
Orientação Norte



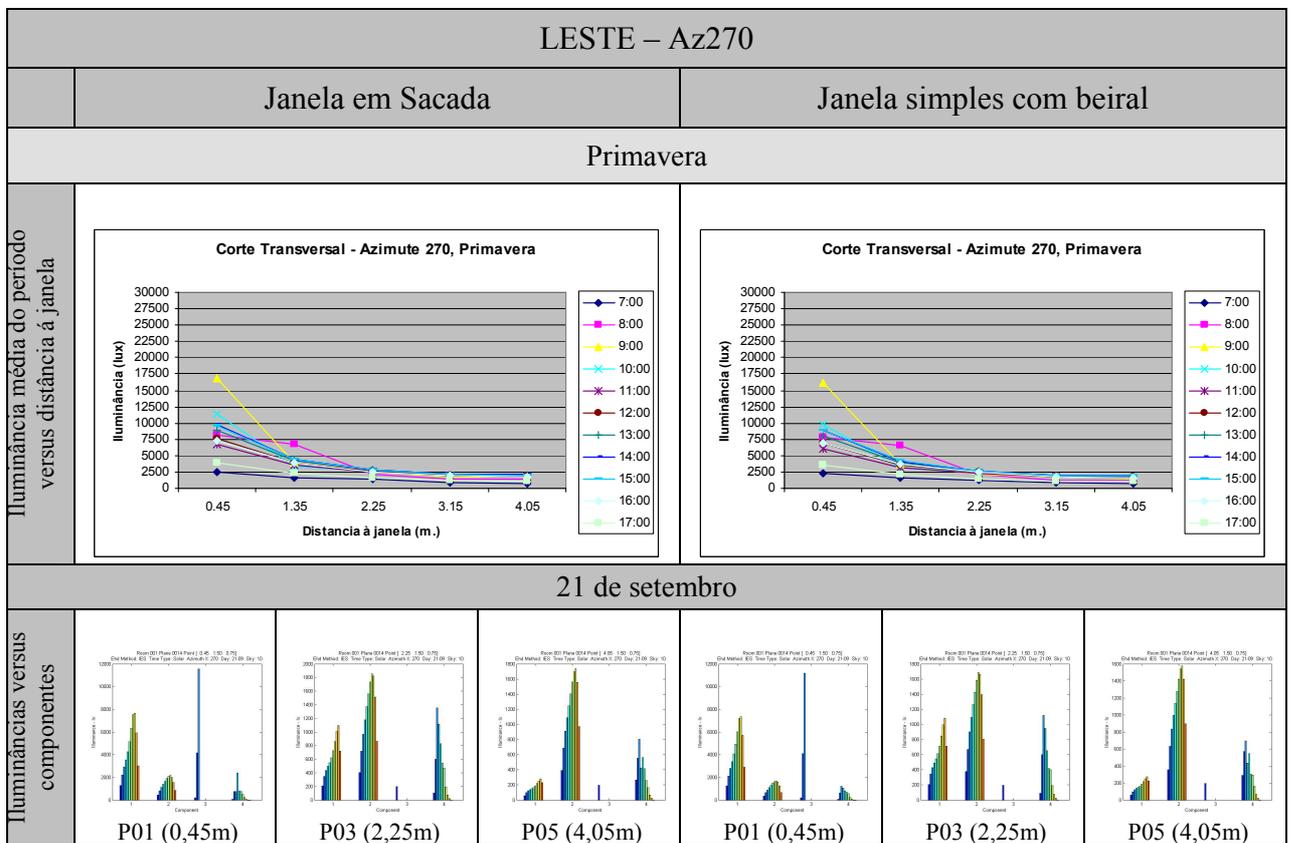
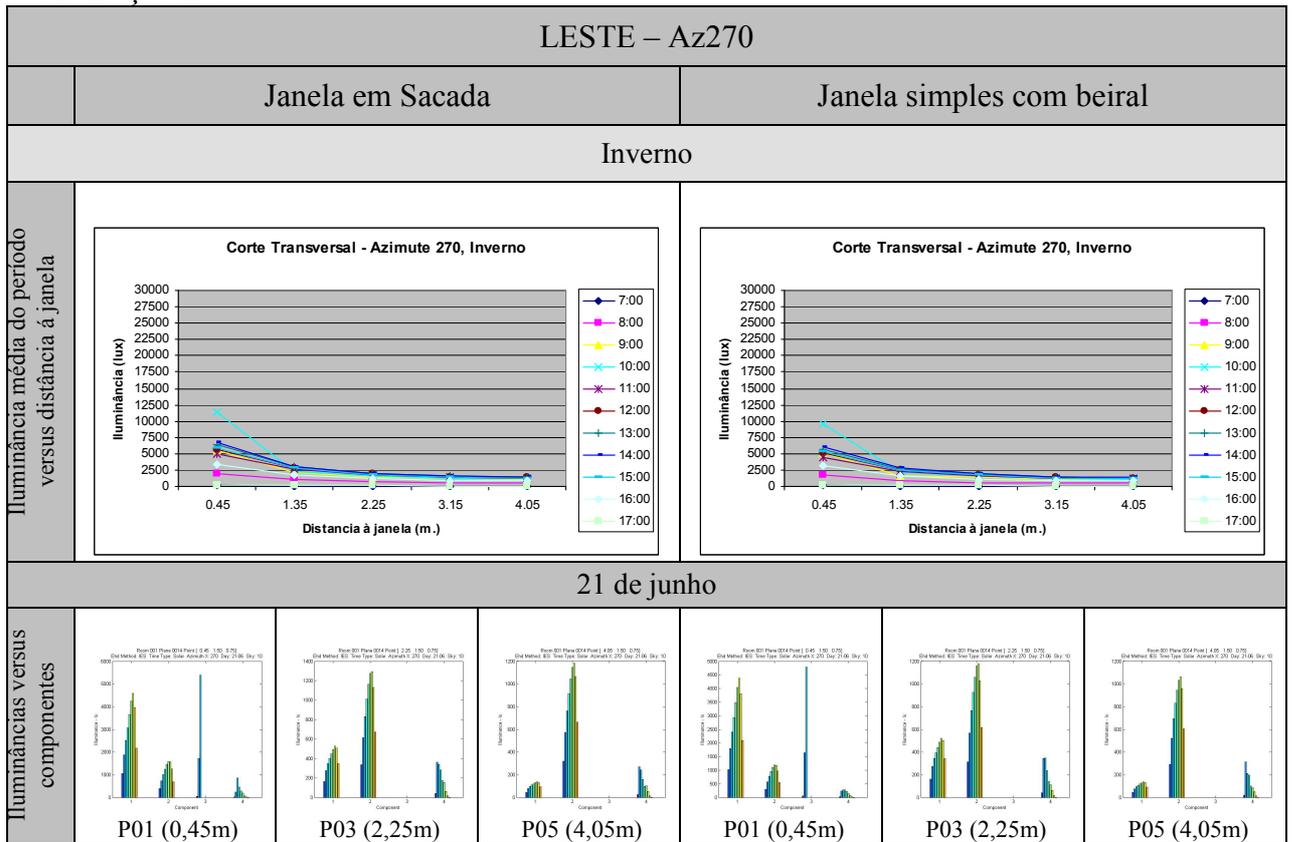


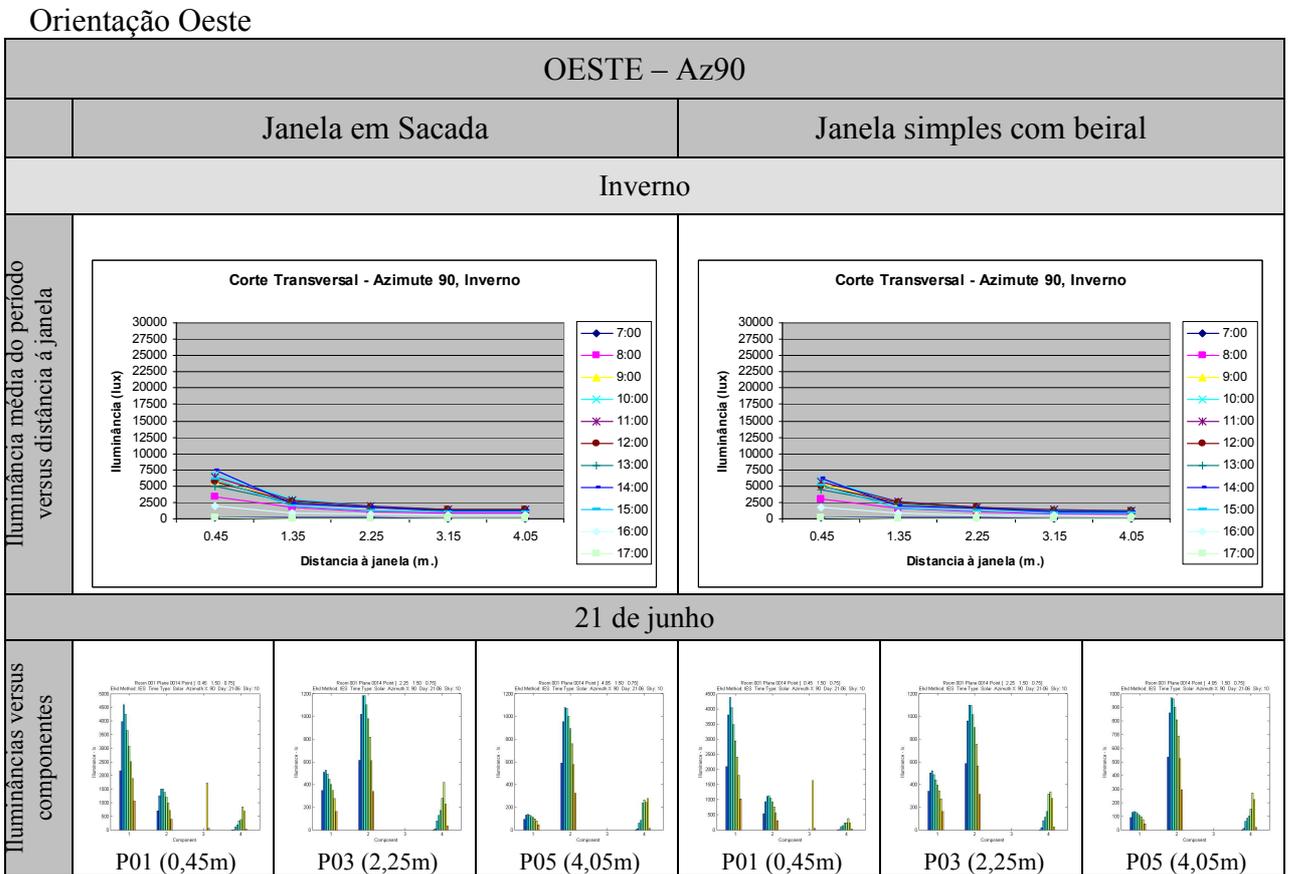
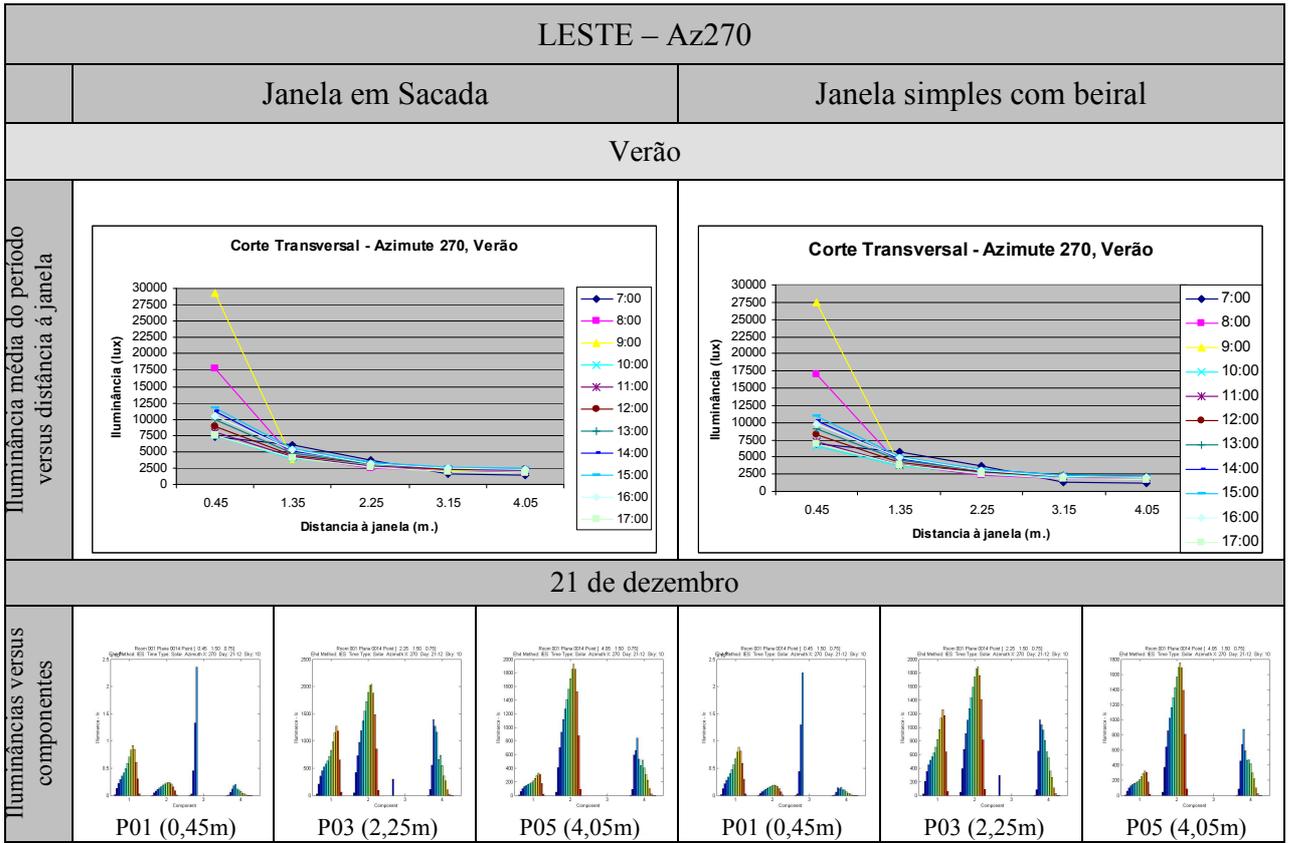
Orientação Sul

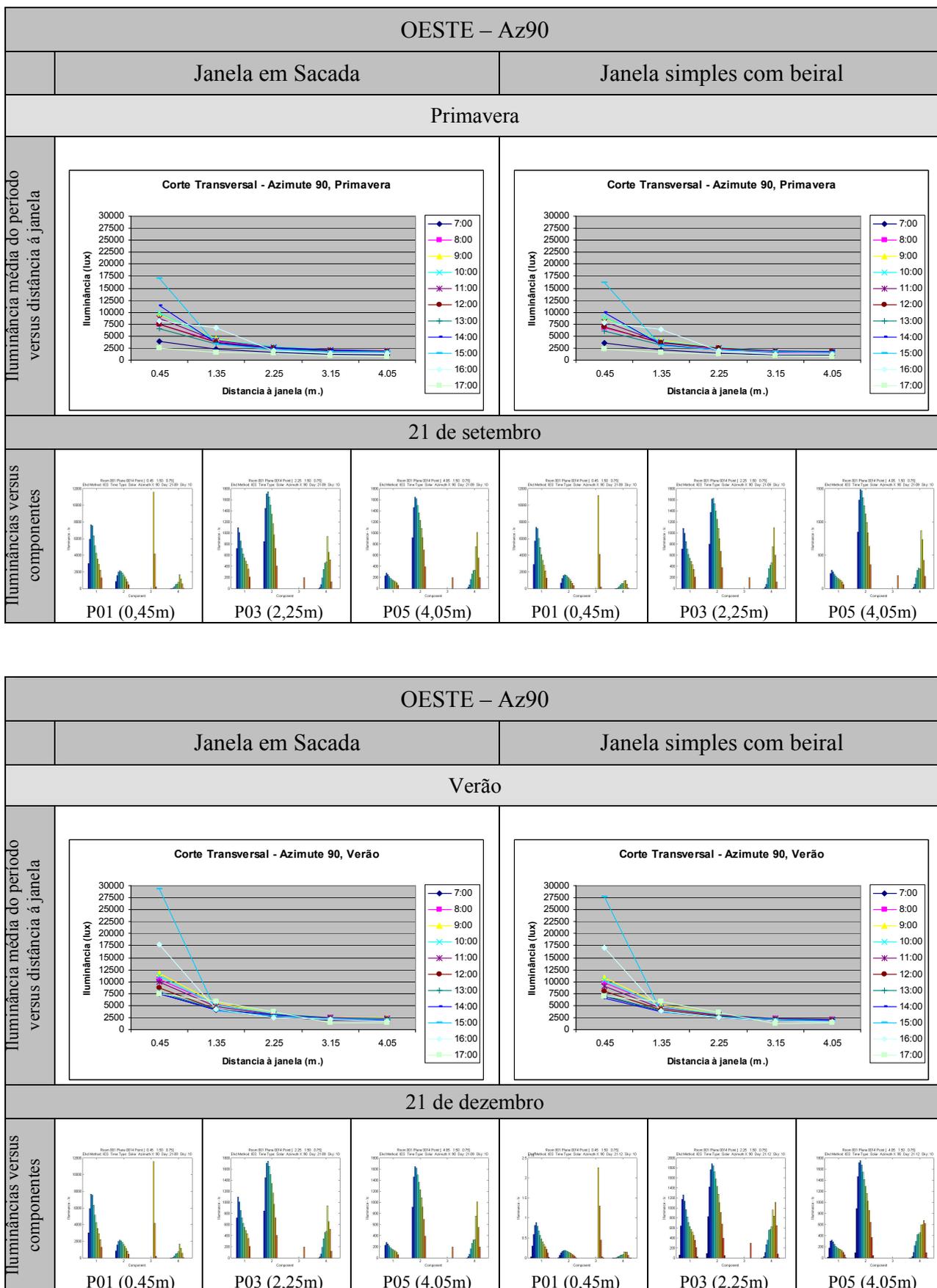




Orientação Leste

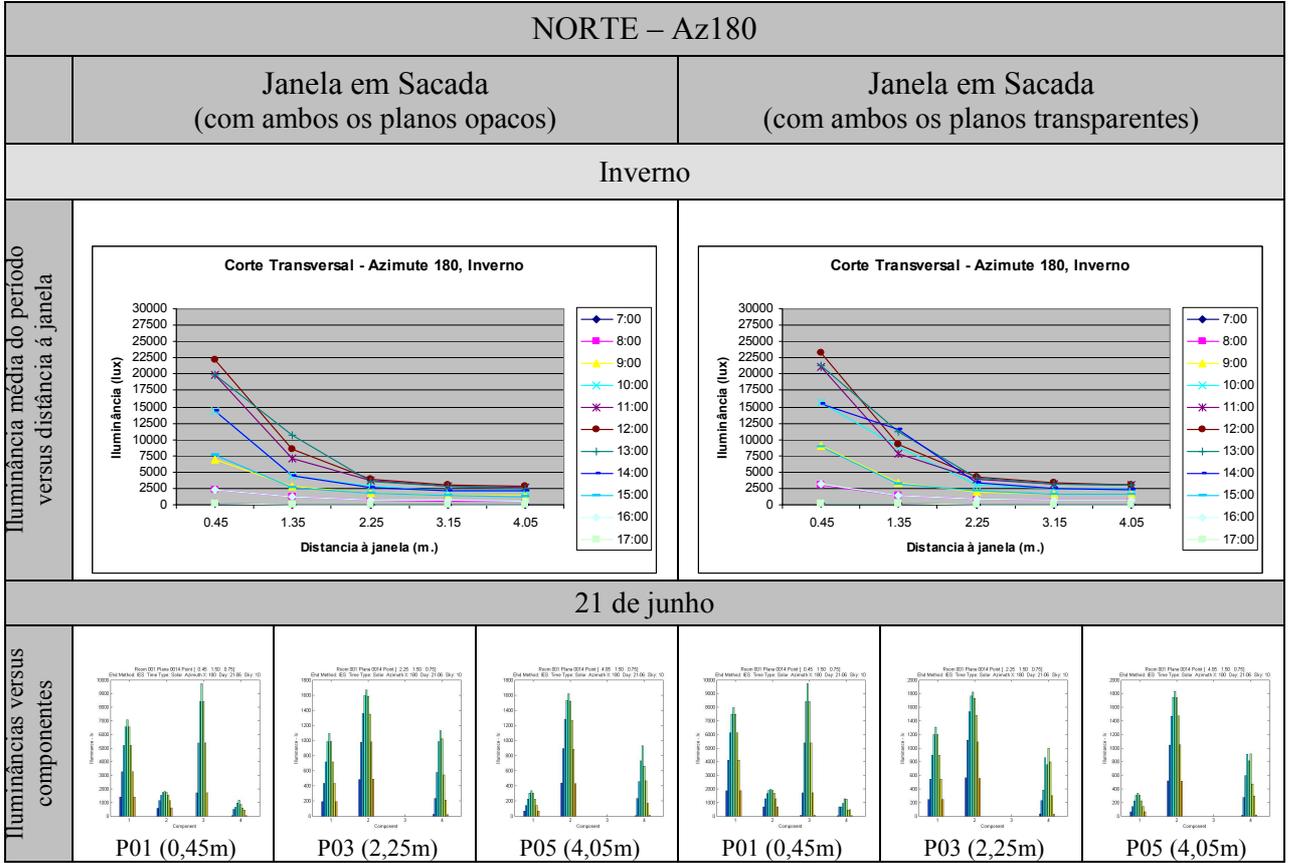


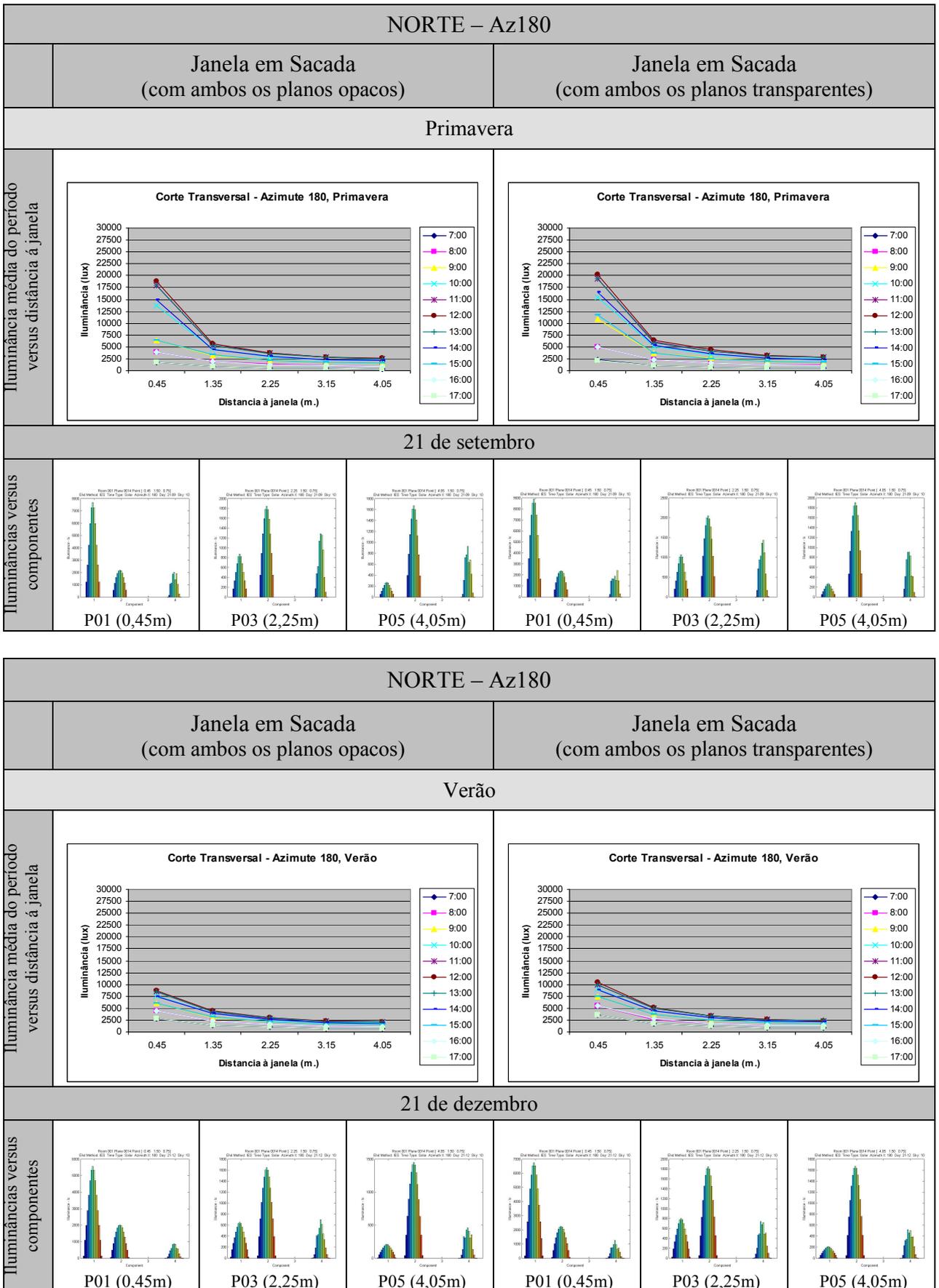




Simulação 2: “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos versus “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes.

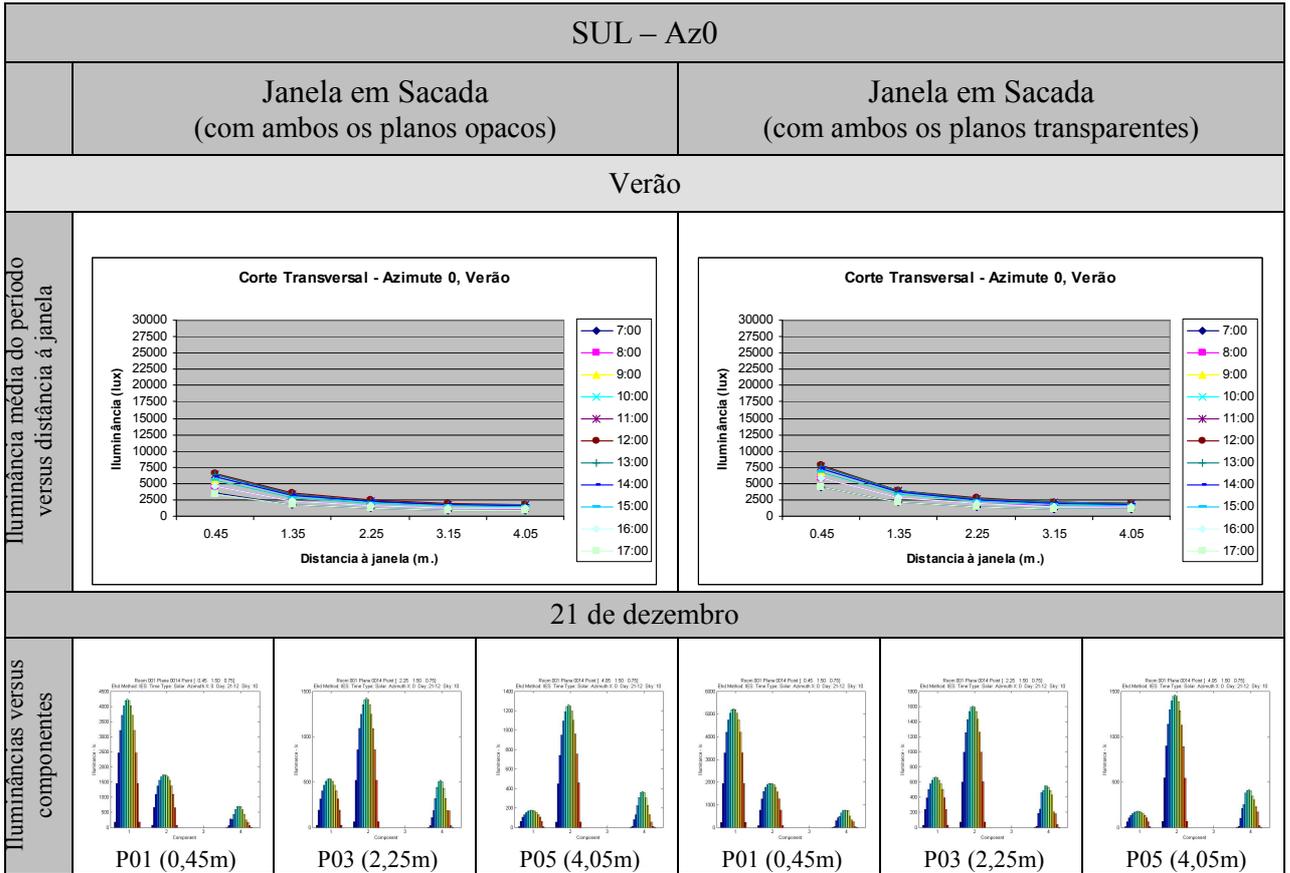
Orientação Norte



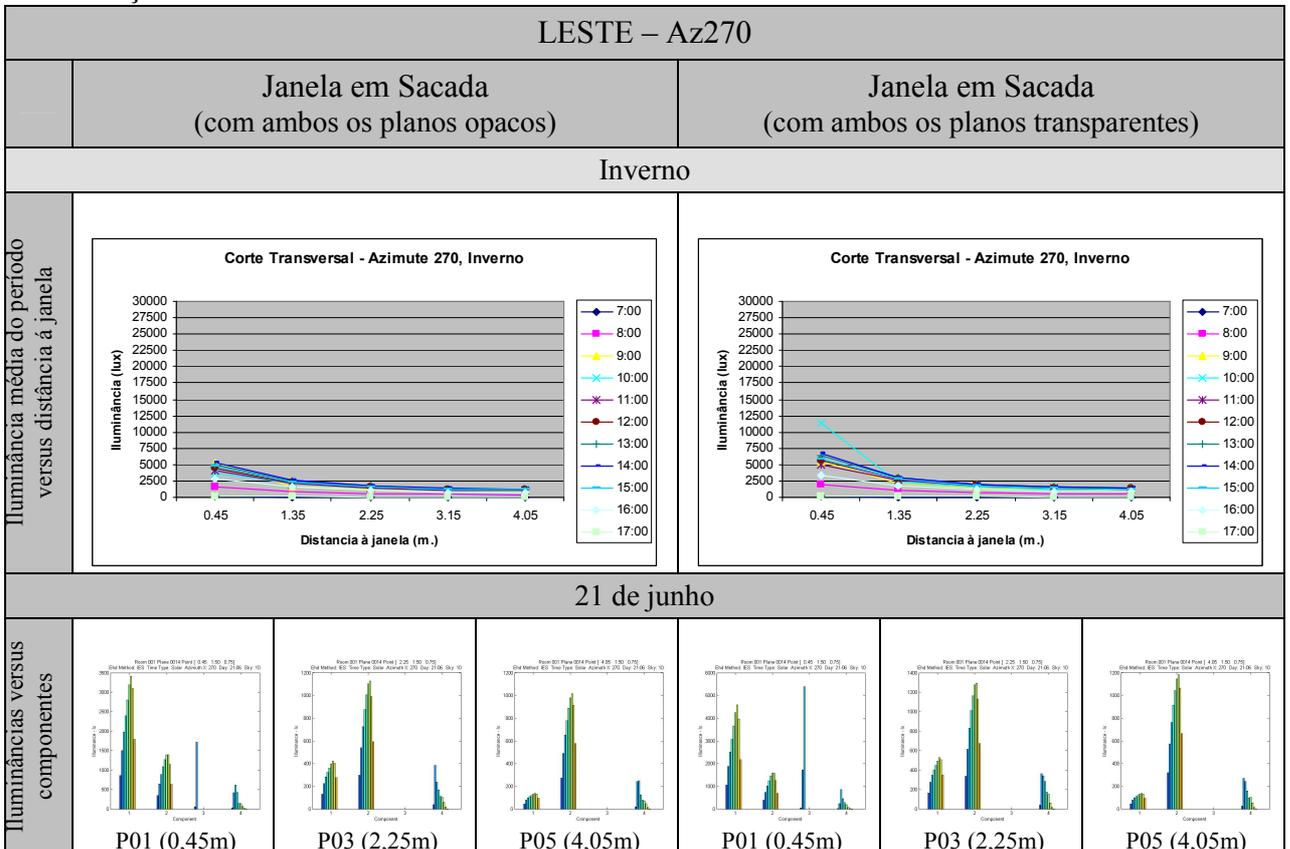


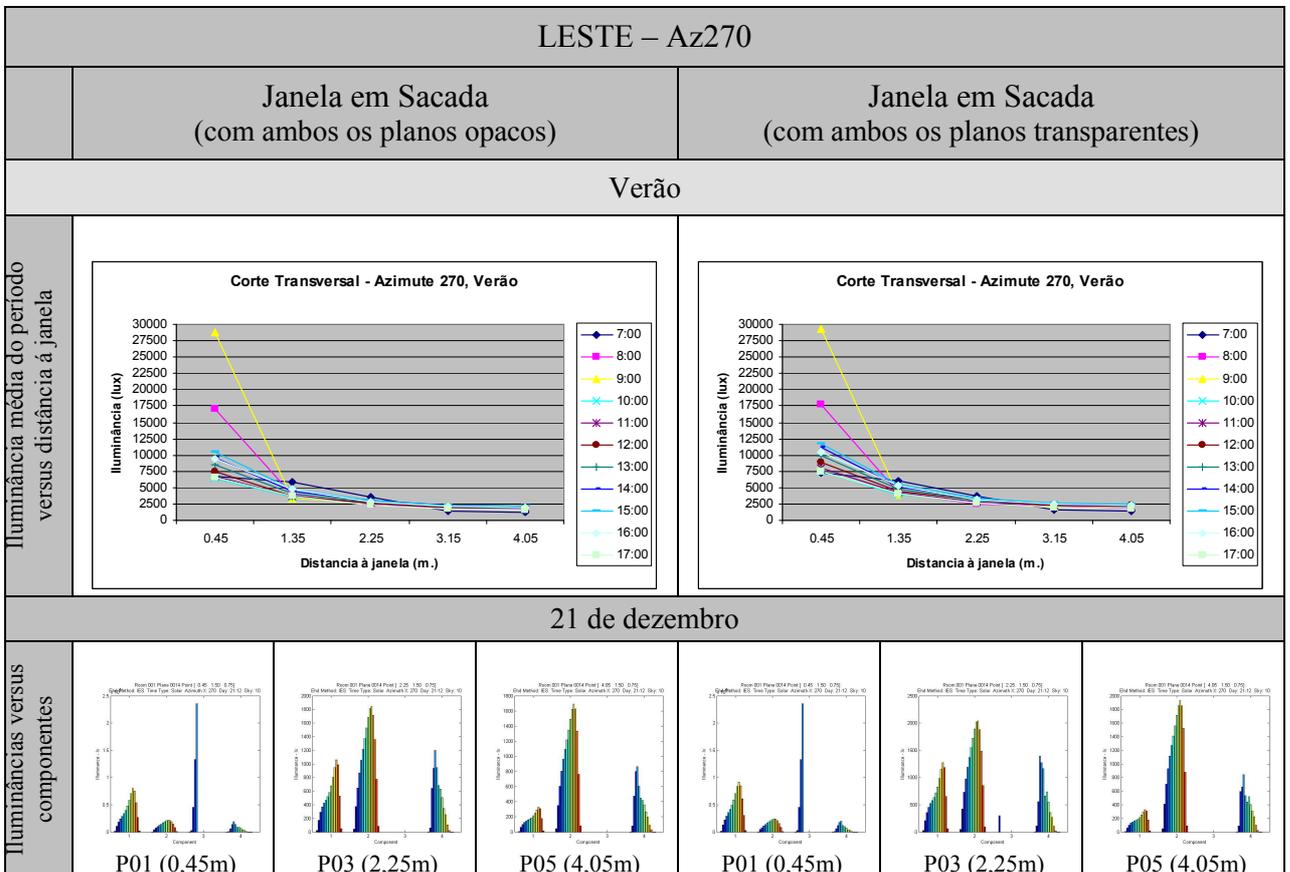
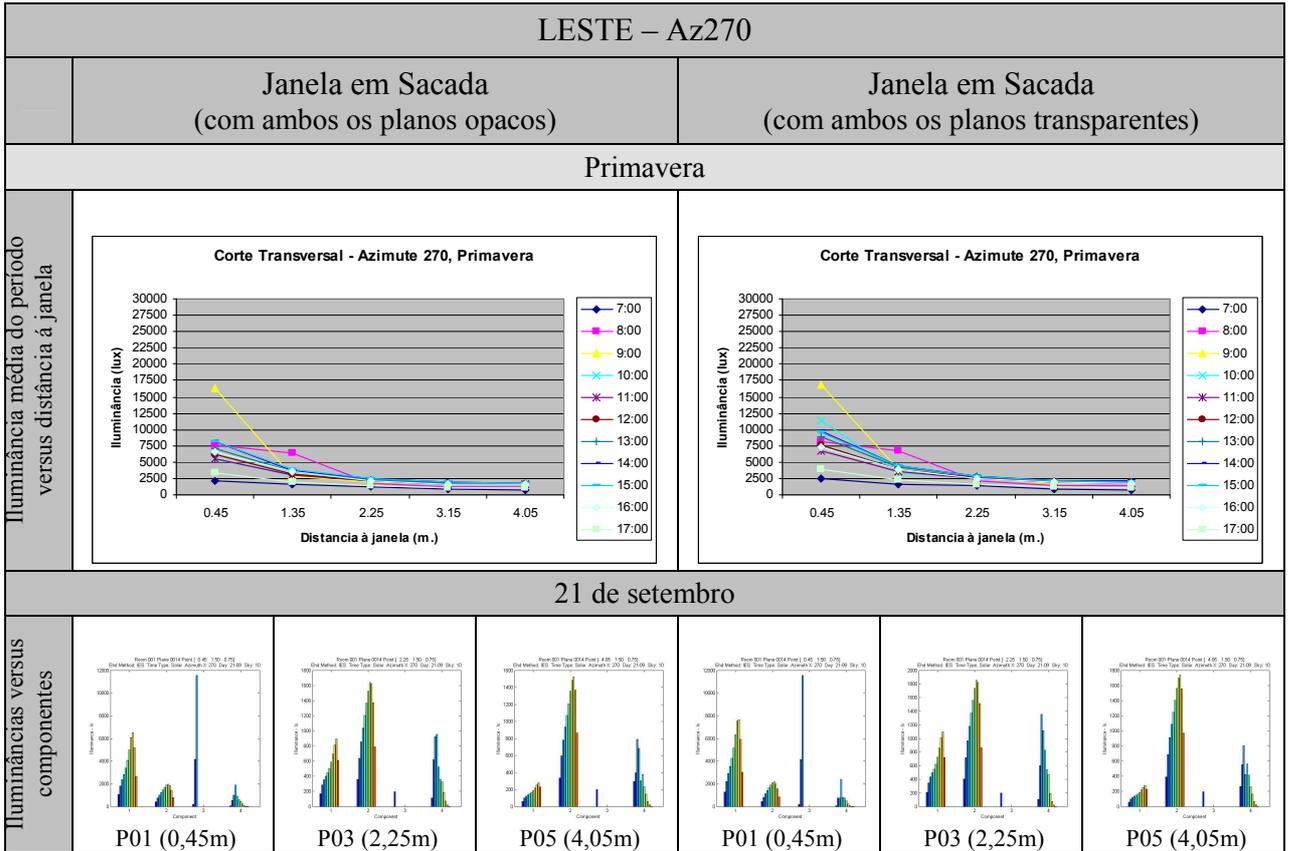
Orientação Sul

		SUL – Az0		
		Janela em Sacada (com ambos os planos opacos)	Janela em Sacada (com ambos os planos transparentes)	
Inverno				
Iluminância média do período versus distância à janela	<p>Corte Transversal - Azimute 0, Inverno</p> <p>Iluminância (lux) vs. Distancia à janela (m.)</p>		<p>Corte Transversal - Azimute 0, Inverno</p> <p>Iluminância (lux) vs. Distancia à janela (m.)</p>	
	21 de junho			
Iluminâncias versus componentes	<p>P01 (0,45m)</p>		<p>P03 (2,25m)</p>	
	<p>P05 (4,05m)</p>		<p>P01 (0,45m)</p>	
	<p>P03 (2,25m)</p>		<p>P05 (4,05m)</p>	
	SUL – Az0			
			Janela em Sacada (com ambos os planos opacos)	Janela em Sacada (com ambos os planos transparentes)
	Primavera			
Iluminância média do período versus distância à janela	<p>Corte Transversal - Azimute 0, Primavera</p> <p>Iluminância (lux) vs. Distancia à janela (m.)</p>		<p>Corte Transversal - Azimute 0, Primavera</p> <p>Iluminância (lux) vs. Distancia à janela (m.)</p>	
	21 de setembro			
Iluminâncias versus componentes	<p>P01 (0,45m)</p>		<p>P03 (2,25m)</p>	
	<p>P05 (4,05m)</p>		<p>P01 (0,45m)</p>	
	<p>P03 (2,25m)</p>		<p>P05 (4,05m)</p>	

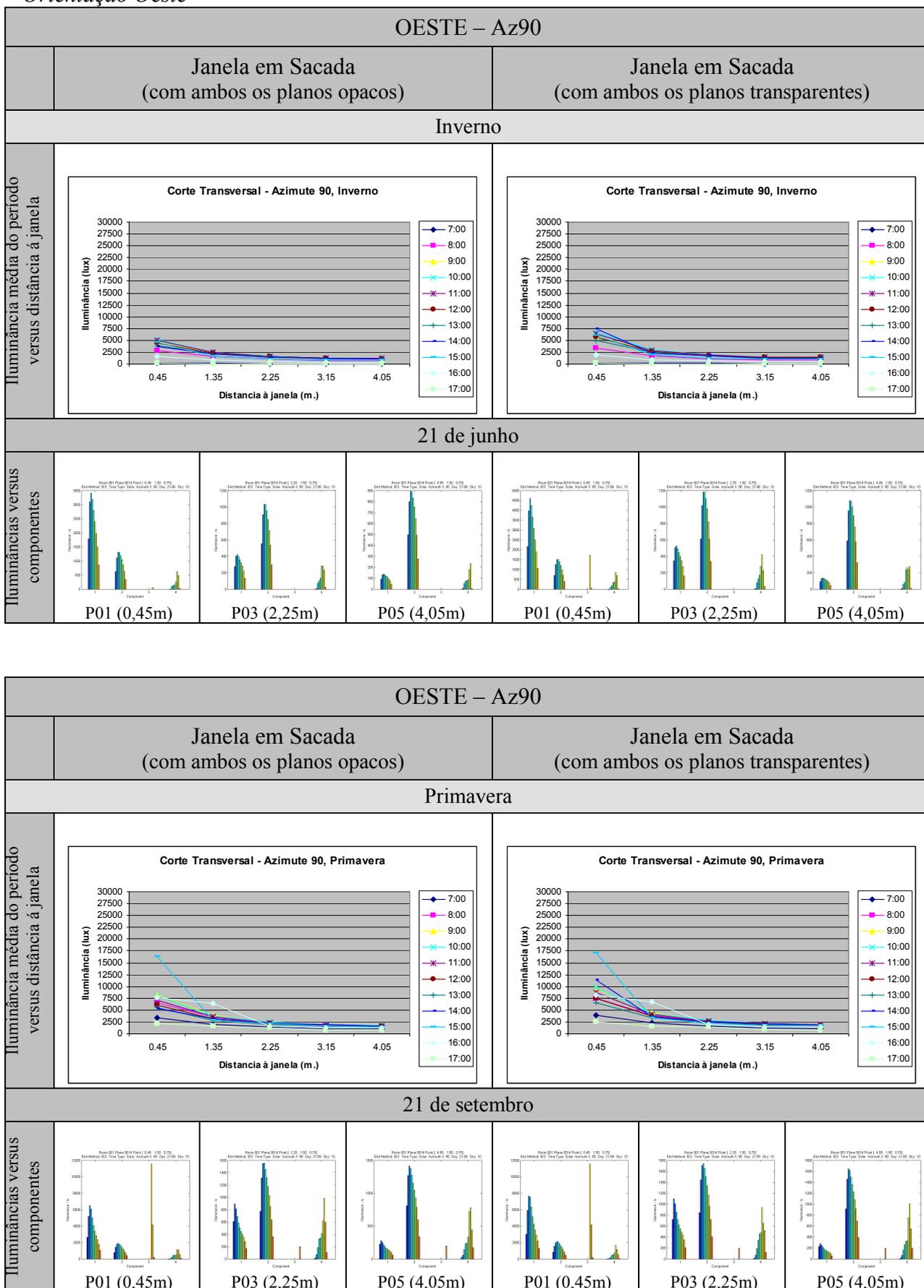


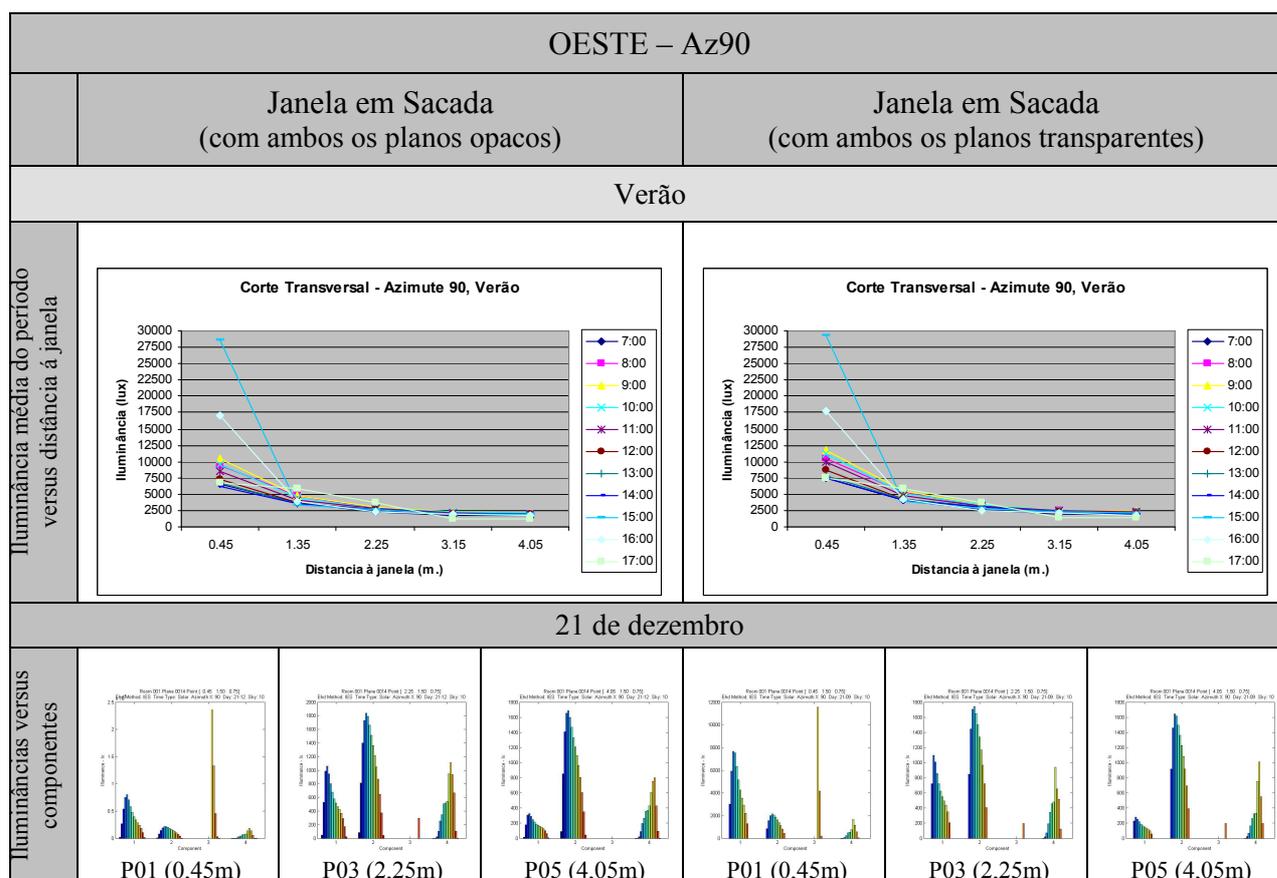
Orientação Leste





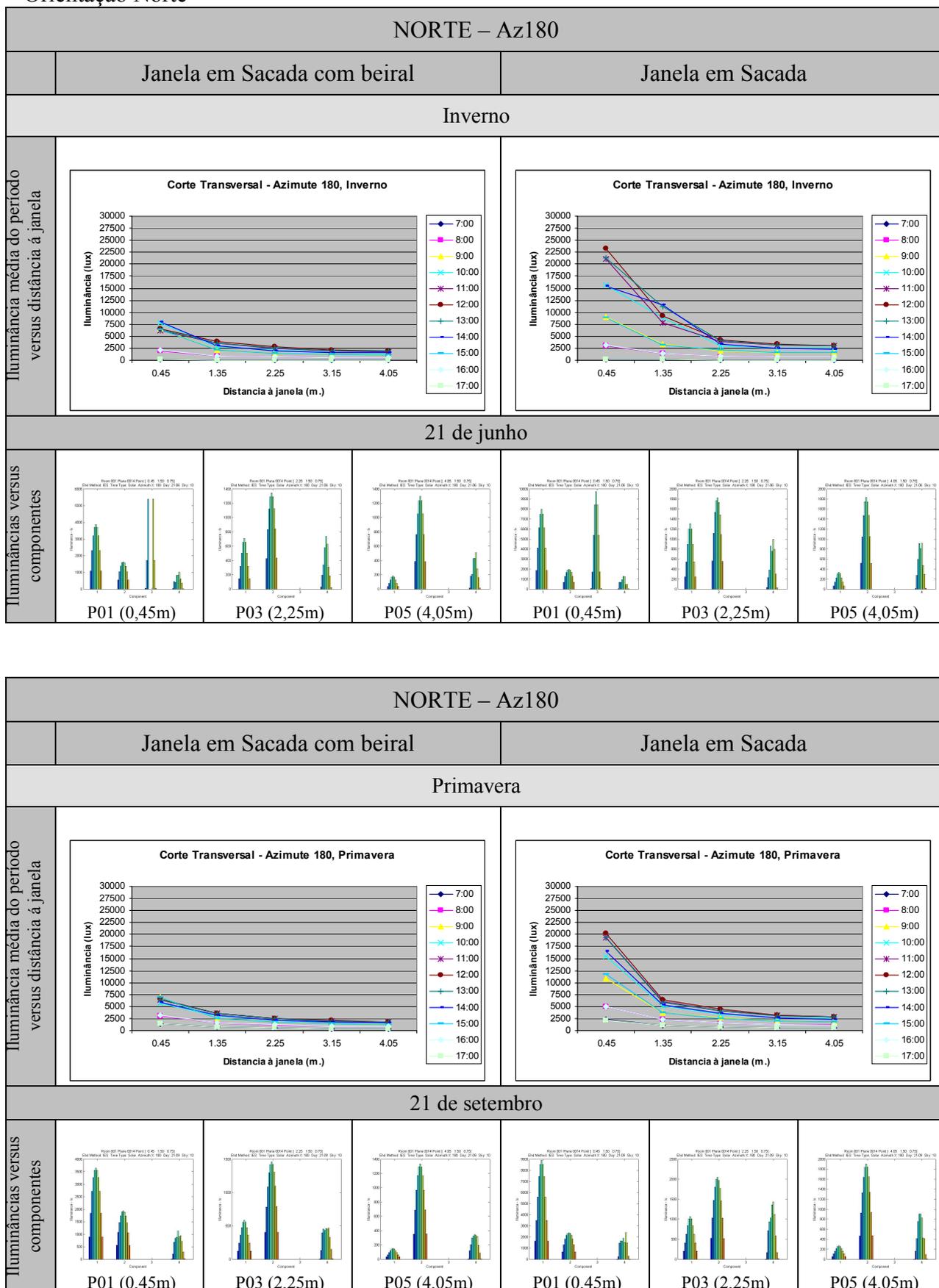
Orientação Oeste

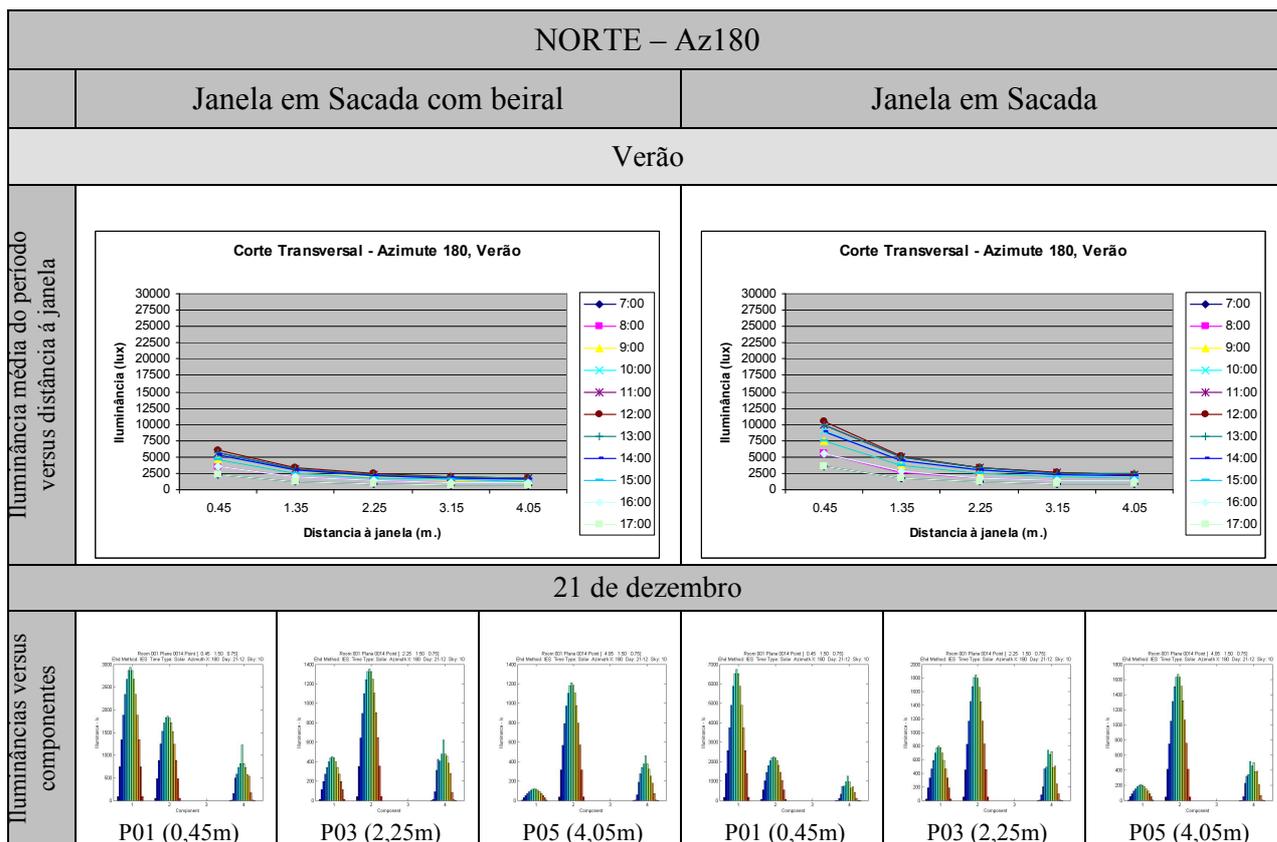




Simulação 3: “Janela em Sacada” com beiral versus “Janela em Sacada”.

Orientação Norte





APÊNDICE C - Acréscimo Percentual Relativo aos Valores das Iluminâncias.

Acréscimo Percentual Relativo aos Valores das Iluminâncias.

Na continuação, são apresentados os valores mínimos e máximos dos acréscimos em relação aos valores das iluminâncias. As tabelas foram organizadas mediante o seguinte: o tipo de janela; o ponto na seção transversal na malha de estudo; o período do ano em questão e a hora em que foi realizado cada experimento.

Etapa 1: cidade de Maceió, Brasil.

Simulação 1a: “Janela em Sacada” versus Janela simples.

Orientação Norte – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Norte.

P01: Inverno - 12h			P05: Primavera - 8h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela simples	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela simples
-68,5%	12.933lx	41.101lx	+7,6%	1.265lx	1.175lx

Orientação Sul – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Sul.

P01: Verão - 13h			P05: Verão - 16h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela simples	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela simples
-14,5%	10.023lx	11.727lx	+10,0%	1.524lx	1.385lx

Orientação Leste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Leste.

P01: Verão - 10h			P04: Verão - 8h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela simples	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela simples
-78,7%	7.420lx	34.767lx	+6,9%	2.036lx	1.905lx

Orientação Oeste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Oeste.

P01: Verão - 14h			P05: Inverno - 16h		
<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada”	Janela simples	<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada”	Janela simples
-78,9%	7.431lx	35.185lx	+10,7%	1.378lx	1.245lx

Simulação 1a: “Janela em Sacada” versus Janela simples com beiral.

Orientação Norte – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Norte.

P05: Inverno - 14h			P03: Inverno - 13h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral
-3,7%	2.325lx	2.414lx	+20,6%	4.418lx	3.664lx

Orientação Sul – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Sul.

P05: Verão - 15h			P02: Verão - 8h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral
+1,3%	1.850lx	1.826lx	+16,4%	3.074lx	2.641lx

Orientação Leste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Leste.

P05: Inverno - 10h			P05: Verão - 8h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral
-6,8%	1.679lx	1.802lx	+23,7%	1.901lx	1.537lx

Orientação Oeste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Oeste.

P03: Inverno - 15h			P03: Verão - 14h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral
-4,6%	2.158lx	2.262lx	+24,3%	3.456lx	2.781lx

Simulação 2: “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos versus “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes.

Orientação Norte – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Norte.

P01: Inverno - 15h			P05: Inverno - 14h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.
-65,1%	7.335lx	21.037lx	+0,2%	2.329lx	2.325lx

Orientação Sul – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Sul.

P05: Verão - 16h			P03: Verão - 11h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.
-23,0%	1.174lx	1.524lx	-8,9%	3.018lx	3.312lx

Orientação Leste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Leste.

P03: Verão - 7h			P05: Inverno - 10h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.
-46,9%	1.296lx	2.440lx	+5,0%	1.764lx	1.679lx

Orientação Oeste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Oeste.

P02: Inverno - 16h			P04: Verão - 15h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.
-39,4%	3.633lx	5.992lx	+7,1%	2.372lx	2.216lx

Simulação 3: “Janela em Sacada” com beiral versus “Janela em Sacada”.

Orientação Norte – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Norte.

P01: Inverno - 15h			P04: Verão - 15h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” com beiral	“Janela em Sacada”	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” com beiral	“Janela em Sacada”
-75,7%	5.122lx	21.037lx	-18,9%	1.276lx	1.573lx

Orientação Sul – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Sul.

P01: Verão - 14h			P05: Inverno - 15h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” com beiral	“Janela em Sacada”	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada” com beiral	“Janela em Sacada”
-43,1%	5.5120	9.695lx	-19,8%	943lx	1.176lx

Etapa 2: cidade de Valparaíso, Chile.

Simulação 1a: “Janela em Sacada” versus Janela simples.

Orientação Norte – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Norte.

P02: Inverno - 11h			P05: Inverno - 15h		
Acresc.	“Janela em Sacada”	Janela simples	Acresc.	“Janela em Sacada”	Janela simples
-53,1%	7.759lx	16.531lx	+6,2%	1.622lx	1.528lx

Orientação Sul – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Sul.

P02: Verão - 10h			P05: Verão - 16h		
Acresc.	“Janela em Sacada”	Janela simples	Acresc.	“Janela em Sacada”	Janela simples
-10,4%	3.684lx	4.109lx	+1,2%	1.458lx	1.441lx

Orientação Leste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Leste.

P01: Verão - 10h			P01: Inverno - 10h		
Acréscimo	“Janela em Sacada”	Janela simples	Acréscimo	“Janela em Sacada”	Janela simples
-79,3%	7.486lx	36.163lx	+10,1%	11.346lx	10.306lx

Orientação Oeste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Oeste.

P01: Verão - 14h			P01: Inverno - 14h		
Acresc.	“Janela em Sacada”	Janela simples	Acresc.	“Janela em Sacada”	Janela simples
-79,1%	7.489lx	35.820lx	+8,8%	7.475lx	6.868lx

Simulação 1b: “Janela em Sacada” versus Janela simples com beiral.

Orientação Norte – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Norte.

P03: Inverno - 10h			P02: Inverno - 10h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral
-4,8%	2.938lx	3.085lx	+21,0%	3.320lx	2.743lx

Orientação Sul – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Sul.

P03: Primavera - 10h			P05: Verão - 16h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral
+3,2%	1.869lx	1.812lx	+16,6%	1.458lx	1.250lx

Orientação Leste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Leste.

P05: Inverno - 9h			P02: Inverno - 9h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral
+0,5%	1.042lx	1.037lx	+24,8%	2.047lx	1.641lx

Orientação Oeste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Oeste.

P03: Inverno - 15h			P02: Inverno - 15h		
<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral	<i>Acréscimo</i>	“Janela em Sacada”	Janela com beiral
-0,5%	1.247lx	1.253lx	+29,8%	2.023lx	1.558lx

Simulação 2: “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais opacos versus “Janela em Sacada” com ambos os planos laterais transparentes.

Orientação Norte – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Norte.

P02: Inverno - 14h			P05: Inverno - 12h		
<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.	<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.
-61,2%	4.482lx	11.500lx	-3,2%	2.866lx	2.961lx

Orientação Sul – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Sul.

P01: Verão - 17h			P05: Inverno - 13h		
<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.	<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.
-23,0%	3.419lx	4.443lx	-11,0%	939lx	1.055lx

Orientação Leste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Leste.

P01: Inverno - 10h			P05: Verão - 8h		
<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.	<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.
-67,1%	3.732lx	11.346lx	+0,6%	1.826lx	1.815lx

Orientação Oeste – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Oeste.

P01: Primavera - 14h			P04: Inverno - 14h		
<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.	<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” 2planos opacos	“Janela em Sacada” 2planos transp.
-53,7%	5.240lx	11.315lx	+1,1%	1.225lx	1.212lx

Simulação 3: “Janela em Sacada” com beiral versus “Janela em Sacada”.

Orientação Norte – Tabela com o maior e menor acréscimo percentual do desempenho luminoso em relação aos valores das iluminâncias, na orientação Norte.

P02: Inverno - 14h			P04: Primavera - 8h		
<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” com beiral	“Janela em Sacada”	<i>Acresc.</i>	“Janela em Sacada” com beiral	“Janela em Sacada”
-73,9%	3.002lx	11.500lx	-19,8%	942lx	1.174lx

7. ANEXOS

ANEXO A - Caracterização dos tipos de céu	213
--	------------

ANEXO A – Caracterização dos tipos de céu.

Tipos de Céu

Produto da natureza transitória das nuvens torna-se impraticável o cálculo da influência da iluminação natural. Deste modo, e para simplificar esta variação nos estudos quantificáveis, foram criados os seguintes modelos padrões que representam os tipos gerais de céu (ver Figura 2-08).

- *Céu encoberto ou nublado*: existe um turvamento da abóbada celeste e o Sol não é visível. A distribuição da radiação e a luminância tendem a ser mais uniformes neste caso, por existir uma distribuição de luminância que não depende da posição do Sol (ver Figura 2-08,a) (LAMBERTS et al., 2004) (HOPKINSON et al., 1980).

- *Céu parcialmente nublado ou seminublado*: o céu contém partes divididas de céu claro e encoberto em diferentes proporções (ver Figura 2-08,b).

- *Céu claro ou despejado*: a radiação direta do Sol é preponderante, e a radiação difusa é mais intensa ao redor do Sol e próxima do horizonte. Com relação à luz, o céu e a atmosfera são claros e a luminância varia em relação ao zênite, ao horizonte e à posição do Sol (ver Figura 2-08,c).



(b)



(c)

Figura Ax-01 – Tipos de céu: céu encoberto ou nublado (a), céu parcialmente nublado ou seminublado (b), céu claro ou despejado (c). Fonte: www.imagebank.com (2007) (a, b, c).

Cabús (2002) explica que a CIE, Comissão Internationale de l'Eclairage, propôs um grupo de distribuições de iluminâncias que poderia modelar o céu debaixo de algumas condições. Esta distribuição propõe uma base universal para a classificação de medidas de distribuição de iluminância do céu, e dá um método para calcular procedimentos de projetos de luz natural. Deste modo, estabeleceram-se 15 modelos de céu, agrupados em 3 subgrupos que correspondem aos 3 tipos de céu tradicionais: céu encoberto ou nublado (1-5), céu parcialmente nublado ou seminublado (6-10) e céu claro ou despejado (11-15), podendo-se observar na Tabela 2-01.

Tabela Ax-01 – Modelos de céu CIE / CIE Sky Models.

Num	Descrição - Inglês	Classificação	Detalhamento - português
1	Overcast, steep gradation (approx CIE overcast).	Encoberto	Gradação alta (aproxima-se do Céu Encoberto CIE Tradicional).
2	Overcast, steep gradation, brightening towards sun.	Encoberto	Gradação alta. Brilho aumenta na direção ao Sol.
3	Overcast, moderate gradation, uniform in azimuth.	Encoberto	Gradação moderada, uniforme em azimute.
4	Overcast, moderate gradation, brightening towards sun.	Encoberto	Gradação moderada, Brilho aumenta na direção ao Sol.
5	Uniform sky.	Encoberto	Céu Uniforme.
6	Partly cloudy, moderately graded, brightening towards sun.	Parcialmente nublado	Gradação moderada, brilho aumenta na direção ao Sol.
7	Partly cloudy, moderately graded, brighter circumsolar.	Parcialmente nublado	Gradação moderada, região solar mais brilhante.
8	Partly cloudy, rather uniform, clear solar corona.	Parcialmente nublado	Relativamente uniforme, coroa solar limpa.
9	Partly cloudy, shaded sun position.	Parcialmente nublado	Sol sombreado.
10	Partly cloudy, brighter circumsolar.	Parcialmente nublado	Região solar mais brilhante.
11	White-blue sky with clear solar corona.	Claro	Céu branco-azulado com coroa solar limpa.
12	CIE clear sky with low turbidity.	Claro	Céu claro padrão CIE clássico com baixa turbidez.
13	CIE clear sky with higher turbidity.	Claro	Céu claro padrão CIE clássico, com alta turbidez.
14	Cloudless turbid with broader solar corona.	Claro	Céu com turbidez sem nuvens com coroa solar ampla.
15	White-blue turbid sky with wide solar corona.	Claro	Céu branco-azulado com turbidez e ampla coroa solar.

Fonte: Cabús (2002).

Na atualidade, os estudos de iluminação incluem estes modelos de céu nas suas análises, simplificando a escolha ao utilizar os céus predominantes para cada localidade. Por exemplo, no caso do centro e norte da Europa, onde o clima temperado possui céu predominantemente encoberto, baseiam-se os estudos de iluminação natural no modelo de céu totalmente encoberto, sendo descartada a análise com céu claro, produto de que sua aparição incomum

não justifica seu estudo (BAKER, STEEMERS, 2002). Por outro lado, nos climas quente e semi-úmido no trópico, como é o caso do Maceió, Brasil, o estudo do céu, pela análise do índice de distribuição de frequência de clareza, indicou que seu céu é dominado tipicamente por dias parcialmente nublados, definindo este tipo de céu para os estudos de iluminação natural, incluindo radiação direta e refletida (DE SOUZA et al., 2005).

No caso dos climas temperados pode-se estabelecer uma outra opção na escolha do modelo de céu para os estudos de iluminação natural. Segundo Tregenza e Loe (1998), o céu encoberto tem os mais baixos níveis de luz do dia e é o céu usado como referência para cálculos de iluminação natural em climas temperados, deste modo, cumpri-se com os níveis mínimos para iluminar uma tarefa.

