

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO - PPGAU
DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO – DEHA

DANDARA LUIZA DE MENDONÇA SARMENTO LINS

A INFLUÊNCIA DA VARANDA NO APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO
NATURAL NA ARQUITETURA RESIDENCIAL VERTICAL NO TRÓPICO ÚMIDO

MACEIÓ
2018

DANDARA LUIZA DE MENDONCA SARMENTO LINS

A INFLUÊNCIA DA VARANDA NO APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO
NATURAL NA ARQUITETURA RESIDENCIAL VERTICAL NO TRÓPICO ÚMIDO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús

MACEIÓ

2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho

L759n Lins, Dandara Luiza de Mendonça Sarmiento.
A influência da varanda no aproveitamento da iluminação natural na
arquitetura residencial vertical no trópico úmido / Dandara Luiza de Mendonça
Sarmiento Lins. – 2018.
166 f.: il.

Orientador: Ricardo Carvalho Cabús.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço
Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Maceió,
2018.

Bibliografia: f. 140-145.

1. Edifícios residenciais verticais. 2. Iluminação (Arquitetura e decoração). 3.
Balcões (Arquitetura). 4. Arquitetura e clima. I. Título.

CDU: 728:628.92

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

Dandara Luiza de Mendonça Sarmento Lins

**A INFLUÊNCIA DA VARANDA NO APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO
NATURAL NA ARQUITETURA RESIDENCIAL VERTICAL NO TRÓPICO ÚMIDO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

APROVADA EM 18/10 2018

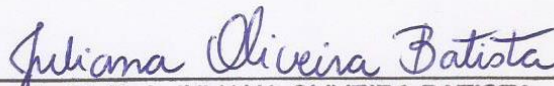
BANCA EXAMINADORA



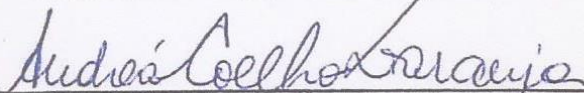
Prof. Dr. RICARDO CARVALHO CABÚS
Centro de Tecnologia – UFAL



Prof.^a. Dr.^a. GIANNA MELO BARBIRATO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



Prof.^a. Dr.^a. JULIANA OLIVEIRA BATISTA
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



Prof.^a. Dr.^a. ANDREA COELHO LARANJA
Centro de artes – UFES

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço à minha família, em especial aos meus pais, por todo o apoio e liberdade que me proporcionaram para que eu pudesse escolher meu caminho. Agradeço também a minha irmã e sobrinha, Camila e Mirela, pelo companheirismo.

Ao Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús pela orientação na realização deste trabalho, me dando a assistência e o apoio necessário para sua finalização.

Agradeço também ao grupo de pesquisa Grilu, em especial ao doutorando Pedro Ribeiro, que me prestou todo o suporte técnico necessário para a realização das simulações.

Ao Rodolfo, pela presença e incentivo ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

Às minhas amigas que, mesmo sem perceberem, me ajudaram ao longo deste trabalho me proporcionando momentos de descontração.

RESUMO

Ao longo da história das habitações no Brasil, a varanda marcou presença em diversos exemplares dos diferentes estilos arquitetônicos consolidados no país, permanecendo até a atualidade. Apesar de agregar diferentes funções, neste trabalho a varanda é encarada como um elemento arquitetônico com potencial de colaborar com o conforto ambiental e desempenho de edificações no trópico úmido. Esta dissertação tem como objetivo avaliar a influência da varanda no aproveitamento da luz natural em edifícios residenciais verticais multifamiliares em Maceió/AL, com dois objetivos específicos, sendo: a) avaliar a interferência de tipologias de peitoris no ambiente interno; e b) analisar a influência de incorporar a varanda ao ambiente interno. Na metodologia, foi definido um ambiente interno padrão, enquanto que, para a varanda foram consideradas como variáveis: 1) a profundidade, sendo: 1,05m, 1,65m e 2,25m; 2) a refletância das paredes, com valores de 85%, 45% e 5%; 3) o tipo de peitoril, podendo ser de vidro e alvenaria; e 4) o tipo de uso, sendo habitual ou incorporado. Este conjunto de variáveis resultou em 30 modelos de estudos que foram simulados no software TropLux. As simulações foram realizadas para as orientações leste e norte, considerando o intervalo das 8h30 às 17h30 para todos os dias do ano. Quanto ao primeiro objetivo específico obteve-se que, como o esperado, os resultados da Iluminância Média Anual demonstraram que nos modelos com peitoril de vidro o resultado foi sempre superior, tendo alcançado variação de 12,6% a 37,8% para leste e de 14,1% a 38,6% para norte. Os resultados da Uniformidade apontaram que os modelos com peitoril de vidro atingiram os menores resultados, porém não foram detectadas variações significativas no ambiente interno. Observou-se também que a profundidade da varanda ocasionou maiores alterações em comparação com as obtidas através das alterações da refletância de suas superfícies internas. Esta pesquisa demonstrou que, nos modelos estudados, todas as variáveis consideradas resultaram em alterações significativas na maioria dos casos. Assim, pode-se dizer que ao projetar uma varanda é relevante saber definir suas características combinando a necessidade de aproveitar a iluminação natural adequadamente com os demais condicionantes do projeto. Para o segundo objetivo específico conclui-se que a incorporação da varanda resultou em comportamentos inversos entre a Iluminância Média Anual e Uniformidade, ou seja, o uso incorporado teve menores resultados da Iluminâncias Médias Anuais e maiores da Uniformidade em relação ao uso habitual. Diante desta situação, o arquiteto ou o usuário precisa ponderar quais são os usos do ambiente, considerando o tipo de atividade de será exercida em seu interior para escolher qual a melhor configuração da varanda.

Palavras-chave: Iluminação natural. Varanda. Arquitetura no trópico úmido. Simulação computacional.

ABSTRACT

Throughout the history of housing in Brazil, the balcony appears in several examples of the different architectural styles consolidated in the country, remaining until the present time. Despite its various functions, in this paper, the balcony is seen as an architectural element with the potential to collaborate with the environmental comfort and energy performance of buildings in the tropics. This dissertation aims to evaluate the influence of the balcony in the use of natural light in multi-family vertical residential buildings in Maceio/AL, with two specific objectives, being: a) to evaluate the interference of typologies of balustrade in the internal environment; and b) analyze the influence of incorporating the balcony into the internal environment. For the methodology, was defined a standard internal environment, while, for the balustrade, were considered the following variables: 1) depth, being: 1,05m, 1,65m, and 2,25m; 2) the reflectance of the walls, with values of 85%, 45% and 5%; 3) the type of balustrade, which may be glass and masonry; and 4) the type of use, being customary or incorporated. These variables resulted in 30 models that were simulated in the TropLux software. The simulations were performed for the east and north orientations, considering the interval from 8:30 am to 5:30 p.m. for all days of the year. The results obtained as the first specific objective, shows, as expected, that the Average Illuminance in the models with glass sill the result was always higher, reaching a variation of 12,6% to 37,8% for the east and from 14,1% to 38,6% to the north. The Uniformity results showed that the models with glass balustrade achieved the lowest results, without significant variations in the internal environment. Furthermore, the depth of the balcony caused greater variations compared to those obtained by changes in the reflectance of its inner surfaces. This study demonstrated that in the models studied, all variables considered resulted in significant changes in most cases. Thus, when designing a balcony, it is essential to know how to define its characteristics, combining the need to take advantage of natural lighting appropriately with the other conditions of the project. It was concluded, for the second specific objective, that the incorporation of the balcony resulted in inverse behaviors between the Annual Average Illuminance and Uniformity, that is, the incorporated use had lower results of the Average and Annual Average Illuminations of Uniformity than general use. Lastly, faced with this situation, the architect or user needs to consider which are the uses of the environment, considering the type of activity that will be exercised inside to choose the best configuration of a balcony.

Keywords: Daylighting. Balcony. Balustrade. Computer simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	a) Mapa do Brasil com destaque para o estado de Alagoas. b) Mapa do Estado de Alagoas com destaque para a cidade de Maceió.	27
Figura 2	Varanda em edificação unifamiliar.	32
Figura 3	Varanda em edificação vertical multifamiliar.	32
Figura 4	Fachada de edifício com varanda e aberturas sem dispositivo de proteção solar.	34
Figura 5	Esquema ilustrativo dos posicionamentos da varanda na planta baixa de apartamentos.	35
Figura 6	Fachada de edifício com peitoril de vidro.	35
Figura 7	Fachada de edifício com peitoril de alvenaria.	35
Figura 8	Varanda com fechamento em vidro não incorporada à sala.	37
Figura 9	Varanda com fechamento em vidro incorporada à sala.	37
Figura 10	Fachada de edifício com varandas fechadas com vidro.	38
Figura 11	“Uma tarde de verão”, aquarela em papel pintada por Jean-Baptiste Debret em 1826 ilustrando um momento de descanso na varanda.	40
Figura 12	Ilustrações da estrutura padrão de um sobrado colonial. a) pavimento térreo; b) o pavimento superior; e c) perspectiva.	42
Figura 13	Palácio do Catete, obra do ecletismo com varanda com colunas e guarda-corpos de ferro.	43
Figura 14	Fachada frontal da primeira construção modernista do Brasil, projetada por Gregori Warchavchik. A casa possui estética modernista, apresentando volumes simples e sem adornos.	44
Figura 15	Fachada lateral da primeira construção modernista do Brasil, projetada por Gregori Warchavchik. Apesar de ser moderna, a casa possui elementos tradicionais a cultura brasileira, como, por exemplo, a varanda voltada para o jardim.	45
Figura 16	Fotografia recente da casa modernista com varanda de Valéria P. Cirrel, projetada por Lina Bo Bardi em 1958.	46
Figura 17	Sala de aula com varanda do Conjunto Residencial Pedregulho.	47
Figura 18	Edifício com varanda incorporada ao volume da edificação em Maceió/AL.	50

Figura 19	Edifício com varanda reta salientes em Maceió/AL.	50
Figura 20	Edifício com varanda curvas salientes em Maceió/AL.	51
Figura 21	Edifício com varanda de curvas acentuadas em Maceió/AL.	51
Figura 22	Edifício com varanda com ângulo fechado em Maceió/AL.	51
Figura 23	Edifício com varanda em composição com outro elemento em Maceió/AL.	51
Figura 24	Vista da rua a partir de uma varanda em Maceió/AL.	52
Figura 25	Vista da rua a partir de uma varanda em Maceió/AL 2.	52
Figura 26	Varanda do apartamento 204 do Edifício Breezes em Maceió/AL: a) lado esquerdo; e b) lado direito.	53
Figura 27	Edifício Casino com varandas vedadas a partir do desejo individual do morador em Maceió/AL.	54
Figura 28	Edifício com varandas incorporadas e vedadas a partir da reforma total em Maceió/AL.	54
Figura 29	Planta baixa do modelo de referência 2, em metros.	64
Figura 30	Corte AA', em metros: a) modelo de referência 1; e b) modelo de referência 2.	64
Figura 31	Volumetria dos modelos de referência: a) modelo de referência 1; e b) modelo de referência 2.	64
Figura 32	Propriedades de refletância e transmitância do vidro padrão do TropLux (CABÚS, 2002).	65
Figura 33	Vista frontal dos modelos: a) Peitoril de vidro simples; e b) peitoril de alvenaria.	66
Figura 34	Planta baixa dos modelos de referência, em metros.	67
Figura 35	Esquema explicativo da nomenclatura dos modelos do grupo A.	67
Figura 36	Corte e vista frontal dos modelos com varanda incorporada ao ambiente interno, em metros: a) com peitoril de alvenaria; e b) com peitoril de vidro simples.	68
Figura 37	Esquema explicativo da nomenclatura dos modelos do grupo B.	69
Figura 38	Planta esquemática das zonas de modelagem.	70
Figura 39	Perspectivas geradas pelo programa TropLux: a) modelo de referência 1; e b) modelo de referência 2 (CABÚS, 2002).	71
Figura 40	Carta solar: a) orientação norte; e b) orientação leste.	71

Figura 41	Plantas que ilustram os pontos de medição centralizados na malha dos planos imaginários contidos nos modelos de simulação do grupo A.	73
Figura 42	Plantas que ilustram os pontos de medição centralizados na malha dos planos imaginários contidos nos modelos de simulação do grupo B.	73
Figura 43	Esquema ilustrando os subgrupos de análises da influência da refletância da varanda no grupo A.	75
Figura 44	Esquema ilustrando os subgrupos de análise da influência da profundidade da varanda no grupo A.	75
Figura 45	Esquema ilustrando os subgrupos de análise da influência de incorporar a varanda ao ambiente interno no grupo B.	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Probabilidade de ocorrência dos tipos de céu: a) por hora; e b) por mês.	28
Gráfico 2	Energia consumida por setor no Brasil em 2016	29
Gráfico 3	ESA do plano a.1 dos modelos com peitoris de vidro e alvenaria do grupo A para orientação leste.	79
Gráfico 4	E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.	82
Gráfico 5	E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.	85
Gráfico 6	E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro e de alvenaria do grupo A para orientação leste.	88
Gráfico 7	U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.	89
Gráfico 8	U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.	92
Gráfico 9	U dos modelos com peitoril de vidro e alvenaria do grupo A para orientação leste.	95
Gráfico 10	ESA do plano a.1 dos modelos com peitoris de vidro e alvenaria do grupo A para orientação norte.	97
Gráfico 11	E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.	98
Gráfico 12	E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.	101
Gráfico 13	E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro e de alvenaria do grupo A para orientação norte.	103
Gráfico 14	U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.	105
Gráfico 15	U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.	107
Gráfico 16	Variação da U nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.	110
Gráfico 17	ESA do plano b.1 dos modelos com peitoril de vidro e alvenaria do grupo B orientados para leste.	112
Gráfico 18	E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.	113
Gráfico 19	E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação leste.	115
Gráfico 20	U dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.	118
Gráfico 21	U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação leste.	120
Gráfico 22	ESA do plano b.1 dos modelos com peitoris de vidro e alvenaria do grupo B orientados para norte.	122

Gráfico 23	E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.	123
Gráfico 24	E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação norte.	125
Gráfico 25	U dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação norte.	127
Gráfico 26	U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação norte.	129
Gráfico 27	Componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.	146
Gráfico 28	Componente refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.	147
Gráfico 29	Componente Direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.	149
Gráfico 30	Componente Refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.	150
Gráfico 31	Componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.	152
Gráfico 32	Componente refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.	123
Gráfico 33	Componente Direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.	155
Gráfico 34	Componente Refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.	155
Gráfico 35	Componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.	157
Gráfico 36	Componente refletida dos modelos com peitoril de vidro grupo B para orientação leste.	158
Gráfico 37	Componente direta dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação leste.	159
Gráfico 38	Componente refletida dos modelos com peitoril de alvenaria grupo B para orientação leste.	161
Gráfico 39	Componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação norte.	162
Gráfico 40	Componente refletida dos modelos com peitoril de vidro grupo B para orientação norte.	163

Gráfico 41	Componente direta dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação norte.	165
Gráfico 42	Componente refletida dos modelos com peitoril de alvenaria grupo B para orientação norte.	166

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Quantidade de edifícios para cada intervalo de profundidade da varanda identificados por Carvalho (2010).	35
Tabela 2	Quantidade de edifícios para cada tipo de peitoril identificados por Carvalho (2010).	35
Tabela 3	Refletâncias difusas das superfícies dos modelos de referência.	65
Tabela 4	Síntese das variações dos modelos de varanda do grupo A em metros.	68
Tabela 5	Síntese das variações dos modelos de varanda do grupo B em metros.	69
Tabela 6	Configurações de processamento das iluminâncias utilizadas para a realização das simulações.	74
Tabela 7	Varição entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação leste.	82
Tabela 8	Varição entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação leste.	83
Tabela 9	Varição da E_{MA} em relação ao modelo de referência 1 do grupo A para orientação leste.	84
Tabela 10	Varição entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação leste.	86
Tabela 11	Varição entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação leste.	86
Tabela 12	Varição da E_{MA} em relação ao modelo de referência 2 do grupo A para orientação leste.	87
Tabela 13	Varição da E_{MA} nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.	88
Tabela 14	Varição entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação leste.	90

Tabela 15	Varição entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação leste.	90
Tabela 16	Varição da U nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.	91
Tabela 17	Varição entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação leste.	93
Tabela 18	Varição entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação leste.	93
Tabela 19	Varição da U em relação ao modelo de referência 2 do grupo A para orientação leste.	94
Tabela 20	Varição da U nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.	95
Tabela 21	Varição entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação norte.	99
Tabela 22	Varição entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação norte.	99
Tabela 23	Varição da E_{MA} em relação ao modelo de referência 1 do grupo A para orientação norte.	100
Tabela 24	Varição entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação norte.	101
Tabela 25	Varição entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação norte.	102
Tabela 26	Varições da E_{MA} em relação ao modelo de referência 2 do grupo A para orientação norte.	102
Tabela 27	Varição da E_{MA} nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.	104

Tabela 28	Varição entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação norte.	105
Tabela 29	Varição entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação norte.	106
Tabela 30	Varição da U nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.	106
Tabela 31	Varição entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação norte.	108
Tabela 32	Varição entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação norte.	108
Tabela 33	Varição da U em relação ao modelo de referência 2 do grupo A para orientação norte.	109
Tabela 34	Varição da U nos modelos com peitoris de vidro em relação aos com peitoris de alvenaria do grupo A para orientação norte.	109
Tabela 35	Varição da E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de uso para orientação leste.	114
Tabela 36	Varição da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de vidro com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação leste.	114
Tabela 37	Varição da E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de uso para orientação leste.	116
Tabela 38	Varição da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação leste.	117
Tabela 39	Varição da U dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de uso para orientação leste.	118
Tabela 40	Varição da U em relação aos modelos de peitoril de vidro com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação leste.	119
Tabela 41	Varição da U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de uso para orientação leste.	120

Tabela 42	Varição da U em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação leste.	121
Tabela 43	E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.	124
Tabela 44	Varição da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de vidro com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.	124
Tabela 45	Varição da E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de uso para orientação norte.	126
Tabela 46	Varição da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.	126
Tabela 47	Varição da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.	127
Tabela 48	Varição da U em relação aos modelos de peitoril de vidro com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.	128
Tabela 49	Varição da U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de uso para orientação norte.	129
Tabela 50	Varição da U em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.	130
Tabela 51	Varição entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de vidro grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação leste.	148
Tabela 52	Varição entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de vidro grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação leste.	148
Tabela 53	Varição entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de alvenaria grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação leste.	151
Tabela 54	Varição entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de alvenaria grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação leste.	151
Tabela 55	Varição entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de vidro grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação norte.	154

Tabela 56	Varição entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de vidro grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação norte.	154
Tabela 57	Varição entre a maior e menor Componente Refletida em modelos com peitoril de alvenaria grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação norte.	156
Tabela 58	Varição entre a maior e menor Componente Refletida em modelos com peitoril de alvenaria grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação norte.	156
Tabela 59	Varição entre a maior e menor componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação leste.	158
Tabela 60	Varição entre a maior e menor componente refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação leste.	159
Tabela 61	Varição entre a maior e menor componente direta dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação leste.	160
Tabela 62	Varição entre a maior e menor componente refletida dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação leste.	160
Tabela 63	Varição entre a maior e menor componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação norte.	163
Tabela 64	Varição entre a maior e menor componente refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação norte.	164
Tabela 65	Varição entre a maior e menor componente direta dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação norte.	165
Tabela 66	Varição entre a maior e menor componente refletida dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação norte.	166

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALN	Autonomia da Luz Natural
ALNe	Autonomia da Luz Natural Espacial
C	Configuração
CD	Componente direta
CIE	<i>Commission Internationale de l'éclairage</i>
CR	Componente Refletida
CRE	Componente Refletida Externa
CRI	Componente Refletida Interna
D	Dimensão
E _{MA}	Iluminância Média Anual
ESA	Exposição Solar Anual
FLD	Fator de Luz do Dia
H	Habitual
I	Incorporada
IBRAM	Instituto Brasileiro de Museus
IES	<i>Illuminating Engineering Society</i>
IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North America</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	Organização Internacional de Normalização
IULN	Iluminância Útil de Luz Natural
lx	Lux
m	Metros
NBR	Norma Brasileira
P	Peitoril
R	Refletância
SDA	<i>Spatial Daylight Autonomy</i>
TMY	<i>Typical Meteorological Year</i>
U	Uniformidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
1.1 Objetivos	25
1.2 Estrutura do trabalho	26
2 REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1. Estratégias bioclimáticas na arquitetura do trópico úmido	27
2.2. A varanda	31
2.2.1 Histórico da varanda no Brasil	38
2.2.2 A varanda na arquitetura vertical de Maceió	48
2.3 A avaliação do desempenho luminoso na arquitetura	55
2.3.1 O <i>software</i> TropLux	56
2.3.2 Indicadores de desempenho luminoso	57
2.3.2.1 Autonomia de Luz Natural (ALN)	57
2.3.2.2 Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe)	58
2.3.2.3 Exposição Solar Anual (ESA)	60
2.3.2.4 Iluminância Média Anual (E_{MA})	61
2.3.2.5 Uniformidade (U)	61
2.4 Conclusões do capítulo	62
3 METODOLOGIA	63
3.1 Modelos de referência	63
3.2 A varanda: definição das variáveis	66
3.3 Elaboração dos modelos	70
3.4 Parâmetros de simulação computacional	71
3.5 Apresentação e análise dos resultados	74
3.6 Conclusões do capítulo	78
4 RESULTADOS E ANÁLISES	79
4.1 A influência do peitoril no aproveitamento da iluminação natural	79

4.1.1 Resultados para a orientação leste	79
4.1.1.1 Autonomia da Iluminação Natural Espacial (ALNe _{120/50%})	79
4.1.1.2 Exposição Solar Anual (ESA _{1000-250h})	80
4.1.1.3 Iluminância Média Anual (E _{MA})	81
4.1.1.4 Uniformidade (U)	89
4.1.2 Resultados para a orientação norte	96
4.1.2.1 Autonomia da Iluminação Natural Espacial (ALNe _{120/50%})	96
4.1.2.2 Exposição Solar Anual (ESA _{1000-250h})	96
4.1.2.3 Iluminância Média Anual (E _{MA})	97
4.1.2.4 Uniformidade (U)	104
4.2 A influência de incorporar a varanda ao ambiente interno no aproveitamento da iluminação natural	110
4.2.1 Resultados para a orientação leste	110
4.2.1.1 Autonomia da Iluminação Natural Espacial (ALNe _{120/50%})	110
4.2.1.2 Exposição Solar Anual (ESA _{1000-250h})	111
4.2.1.3 Iluminância Média Anual (E _{MA})	112
4.2.1.4 Uniformidade (U)	117
4.2.2 Resultados para a orientação norte	121
4.2.2.1 Autonomia da Iluminação Natural Espacial (ALNe _{120/50%})	121
4.2.2.2 Exposição Solar Anual (ESA _{1000-250h})	121
4.2.2.3 Iluminância Média Anual (E _{MA})	122
4.2.2.4 Uniformidade (U)	126
4.3 Conclusões do capítulo	130
4.3.1 A interferência de tipologias de peitoris no aproveitamento da iluminação natural	130
4.3.2 A influência de incorporar a varanda ao ambiente interno	132
5 CONCLUSÕES	134
REFERÊNCIAS	140
APÊNDICE A – Grupo A: Componente Direta e Componente Refletida dos modelos com orientação leste	146

APÊNDICE B – Grupo A: Componente Direta e Componente Refletida dos modelos com orientação norte	152
APÊNDICE C – Grupo B: Componente Direta e Componente Refletida dos modelos com orientação leste	157
APÊNDICE D – Grupo B: Componente Direta e Componente Refletida dos modelos com orientação norte	162

1 INTRODUÇÃO

A arquitetura bioclimática preocupa-se com a adequação da edificação às condições climáticas de seu local de inserção, com o objetivo de oferecer conforto ambiental satisfatório aos usuários. Pode-se dizer que esse conceito enxerga a envoltória da construção como uma “membrana” reguladora entre o exterior e o interior da edificação, a qual é utilizada como um instrumento para obter um ambiente interno confortável. Para projetar uma envoltória eficiente, é necessário que o arquiteto conheça as características do clima local e o comportamento dos materiais do ponto de vista térmico, luminoso e acústico, o que possibilita a escolha das estratégias bioclimáticas mais adequadas ao projeto (CORBELLA; CORNER, 2015).

Para as regiões de clima quente e úmido – tais como o litoral do nordeste brasileiro –, caracterizadas por apresentar pequenas flutuações diárias e sazonais de temperatura do ar e alto nível de umidade, recomenda-se como estratégia bioclimática que as construções evitem ganhos de calor excessivos através da radiação solar, ao passo que dissipem o calor produzido internamente. O resfriamento é a principal meta do projeto arquitetônico, uma vez que o conforto térmico do ambiente construído depende diretamente da prevenção de ganhos de calor e do alto grau de movimento do ar. Em tais regiões, as condições climáticas possibilitam uma maior integração entre os espaços internos e externos por meio da utilização de elementos arquitetônicos, tais como: varandas, pérgulas, venezianas e elementos vazados que propiciam a permeabilidade do ar através da edificação, ao mesmo tempo em que sombreiam e filtram a luminosidade natural (BITTENCOURT, 2008).

No que respeita à iluminação natural, destaca-se que o Nordeste tem condições de céu favoráveis para o aproveitamento da iluminação natural na arquitetura. No litoral maceioense, o céu típico é parcialmente nublado, com frequência de ocorrência estimada em 68,1% do ano, o qual caracteriza-se por produzir quantidade apreciável de radiação difusa e intensa luminosidade. Esse fenômeno é justificado pelo clima local característico, o qual se comporta de modo a gerar acúmulo de uma enorme quantidade de vapor d’água nas nuvens – o que acarreta uma redução da radiação solar direta como consequência das reflexões dos raios solares pelo vapor d’água e aumenta a radiação difusa (CABÚS, 2002).

Para a arquitetura, a luz natural pode ser vista como um elemento técnico ou estético. Tecnicamente, o uso da luz natural demanda dimensionamento e avaliação de desempenho, a fim de atender a necessidades fisiológicas para a realização de uma tarefa visual. Esteticamente, e utilizada para dotar o ambiente de efeitos de textura, cor e sombras. A decisão projetual de

incorpora-la a arquitetura influencia no interior e no exterior da construção: interfere no arranjo funcional e estrutural do edifício, no conforto visual e térmico dos usuários, no uso de energia na edificação, no tipo de iluminação artificial e nos sistemas de controle associados.

São diversas as razões que justificam um melhor aproveitamento da iluminação natural na arquitetura, dentre elas destacam-se: a qualidade ambiental, a variabilidade, a eficácia luminosa e a conservação de energia. A qualidade ambiental associa-se ao fato do ser humano ser naturalmente adaptados ao espectro luminoso da luz natural e, por isso, a realização de uma mesma tarefa demanda menos luz natural que artificial. Em consonância, a variabilidade da luz resulta em uma iluminação dinâmica ao longo das horas e do ano no interior do ambiente, em oposição a monotonia dos ambientes iluminados artificialmente. A luz natural também é mais eficaz, pois há o entendimento de que as fontes naturais resultam em menos calor no ambiente que alguns tipos de lâmpadas – não se pode esquecer, no entanto, da importância de equilibrar a necessidade de iluminar satisfatoriamente com a de proteger de ganhos de calor. Ademais, o uso desse tipo de iluminação conserva energia, já que seu aproveitamento reduz a necessidade de uso de fontes artificiais (CABÚS, 1997).

Cabe destacar, também, que a luz do dia é uma fonte de energia renovável e, a depender do usuário ou da utilização de sensores, propicia economia no consumo de energia. Outro benefício proporcionado pela luz natural está associado ao contato que a sua utilização estabelece entre interior e exterior através das aberturas. Segundo Tregenza e Loe (1998) as pessoas tendem a se sentirem insatisfeitas em ambientes totalmente confinados, além de haver um sentimento orgânico que associa janelas a saúde, luz e ventilação. Destaca-se como principal motivo desta necessidade de contato com o exterior o fato de as janelas proporcionarem contato com o exterior, pois a conexão possibilita que o usuário consiga inferir a condição do tempo e a hora do dia a partir da variação da iluminação natural.

Nos seres humanos, bem como em diversas espécies de plantas e animais, os ciclos diários de acordar e dormir, de temperatura e de outras mudanças corporais regulares são conhecidas como ritmos circadianos. Estes são controlados por um grupo de células cerebrais especializadas. Elas mantêm-se em constante funcionamento, sendo diretamente influenciadas pela luz. Os ciclos solares diários regulam o ritmo circadiano, sincronizando os nossos corpos com o exterior (TREGENZA; LOE, 1998). Muitos processos biológicos têm padrões diurnos relacionados à presença da luz, como os cardíacos, endócrinos, de regeneração celular e processos cerebrais (MARTAU, 2009). Tais benefícios justificam a inclusão das questões associadas ao aproveitamento da luz do dia no programa de projeto, sendo importante considerá-las desde as primeiras fases de criação, quando são definidas importantes variáveis do edifício

como orientação, volumetria, layout dos ambientes, aberturas e dispositivos de sombreamento (MATOS; SCARAZZATO, 2017).

Dentre os dispositivos arquitetônicos com potencial de colaborar com um melhor desempenho de edificações no trópico úmido, destaca-se a varanda. Ao longo da história das habitações no Brasil, este elemento marca presença em diversos exemplares dos diferentes estilos arquitetônicos consolidados no país. Esse espaço coberto, que pode ser projetado ou embutido na fachada, retrata uma linguagem característica à arquitetura doméstica brasileira: está vinculado a sua cultura material e reflete seus hábitos tradicionais de moradia. A varanda firmou-se como uma das expressões do modo de vida brasileiro e são notáveis as modificações físicas ocorridas com o tempo para adaptá-la a diferentes terrenos, necessidades e arranjos sociais (BRANDÃO; MARTINS, 2008a).

A varanda desempenha diversas funções na Arquitetura, as quais serão discutidas ao longo deste trabalho – com destaque à sua relação com a iluminação natural. Este dispositivo é considerado um artifício de adequação climática nos trópicos devido à sua capacidade de criar sombras, comportando-se como um beiral sem bloquear o acesso da ventilação. O sombreamento resulta na redução da incidência da radiação solar direta sobre a abertura e no consequente melhoramento do desempenho dos confortos térmico e luminoso da edificação. Do primeiro, pois se diminui a carga térmica transmitida e absorvida para o ambiente adjacente à varanda e permite-se a entrada dos ventos e do segundo, pois se reduz a probabilidade de ofuscamento, devido à menor parcela de luz direta no ambiente. Aqui, percebe-se que a relação da varanda com a luz do dia vai além de razões estéticas da fachada e interfere também na iluminação natural do interior do ambiente. Diante disso, entende-se que a varanda também se relaciona com os conceitos de sustentabilidade e eficiência energética, cuja aplicação gera a redução dos impactos da arquitetura sobre o meio ambiente. Observa-se que esse elemento arquitetônico, quando projetado de maneira adequada às necessidades impostas pelo clima quente e úmido, contribui para a redução do consumo energético do ambiente construído com uso de sistemas artificiais de iluminação e condicionamento do ar, uma vez que possibilita a utilização efetiva dos sistemas passivos de luz e vento (BRANDÃO; MARTINS 2008b).

Segundo Roméro e Reis (2012), a preocupação mundial com eficiência energética nos edifícios surgiu em 1973, data conhecida como o primeiro choque do petróleo¹. Até este momento, o consumo de energia elétrica não era uma grande preocupação no mundo e não havia

¹ Foi acarretada pela redução da extração de petróleo pelos produtores majoritários da Opep, o que resultou no aumento do preço do barril de US\$ 2,90 para US\$ 11,65 em apenas 90 dias. O crescimento repentino do preço do óleo provocou uma crise imediata (Roméro; Reis, 2012).

políticas públicas ou governamentais que interferissem na questão com o objetivo de disciplinar o consumo nos edifícios. A eclosão da crise energética foi responsável por iniciar o interesse pela aplicação de regulamentos que visassem à redução do consumo energético e definissem políticas de incentivo à economia destes recursos.

A preocupação com o consumo energético perdura até hoje e, apesar dos entraves, avanços consideráveis em direção a um maior grau de sustentabilidade e eficiência energética foram alcançados com o passar dos anos. O setor residencial tem potencial para redução do consumo energético, que pode ser explorado através da adoção de estratégias arquitetônicas que privilegiem a integração da construção com o clima local, capaz de reduzir a necessidade de utilização de meios artificiais para a promoção do conforto dos usuários. Assim, diante do cenário energético mundial e do valor das varandas para o contexto climático e cultural dos trópicos, são relevantes os estudos que reúnam conhecimento científico a respeito de sua utilização como um elemento que interfere no aproveitamento da luz natural da arquitetura residencial.

1.1 Objetivos

Avaliar a influência da varanda no aproveitamento da luz natural em edifícios residenciais verticais multifamiliares em Maceió/AL.

A pesquisa abrange os seguintes objetivos específicos:

- a. Avaliar a interferência de tipologias de peitoris no aproveitamento da iluminação natural do ambiente interno;
- b. Analisar a influência de incorporar a varanda ao ambiente interno no aproveitamento luminoso.

1.2 Estrutura do Trabalho

A presente dissertação está dividida em 5 partes, sendo:

Capítulo 1 – Introdução: apresentação da problemática tratada na pesquisa. Discute-se a relevância da varanda na arquitetura bioclimática para os climas quente e úmido e a importância de realizar o aproveitamento da iluminação natural nas edificações. Também são apresentados os objetivos da pesquisa.

Capítulo 2 - Revisão documental: levantamento documental de referências especializadas, tais como, periódicos, artigos de congressos, normas e livros, necessários a compreensão do problema e elaboração da metodologia. Apresentam-se informações sobre a arquitetura bioclimática, eficiência energética, estratégias bioclimáticas para os trópicos, varandas e indicadores de desempenho luminoso.

Capítulo 3 - Procedimentos metodológicos: descrição da metodologia adotada para obtenção dos resultados. Empreendeu-se a análise de acordo com os conceitos da Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe), da Exposição Solar Anual (ESA), da Iluminância Média Anual (E_{MA}) e da Uniformidade (U).

Capítulo 4 – Resultados e análises: exposição dos dados obtidos através das simulações computacionais. Os resultados e análises foram divididos em duas partes, definidas de acordo com os objetivos específicos. Inicialmente, estuda-se a influência do tipo de peitoril no desempenho luminoso dos modelos frente as diversas variáveis preestabelecidas na metodologia. Na segunda parte, mantém-se o foco na avaliação da interferência de incorporar a varanda a ao ambiente interno no desempenho luminoso.

Considerações finais: síntese dos principais resultados, bem como as conclusões extraídas das análises.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Estratégias bioclimáticas na arquitetura do trópico úmido

Não se pode tratar da Arquitetura Bioclimática sem antes levar em consideração as características do clima local. Maceió (latitude 9°40' S longitude 35°42' W), cidade onde está situado o objeto de estudo, e a capital do estado de Alagoas, localizado na região nordeste do Brasil (Figura 1). A cidade possui clima tropical quente e úmido, que se caracteriza por apresentar pequenas variações de temperatura diárias, sazonais e anuais. A temperatura média compensada anual é de 25,1°C, com variação anual de 2,7°C entre os valores médios mensais de temperatura (BRASIL, 2018).

Figura 1: a) Mapa do Brasil com destaque para o estado de Alagoas. b) Mapa do Estado de Alagoas com destaque para a cidade de Maceió.



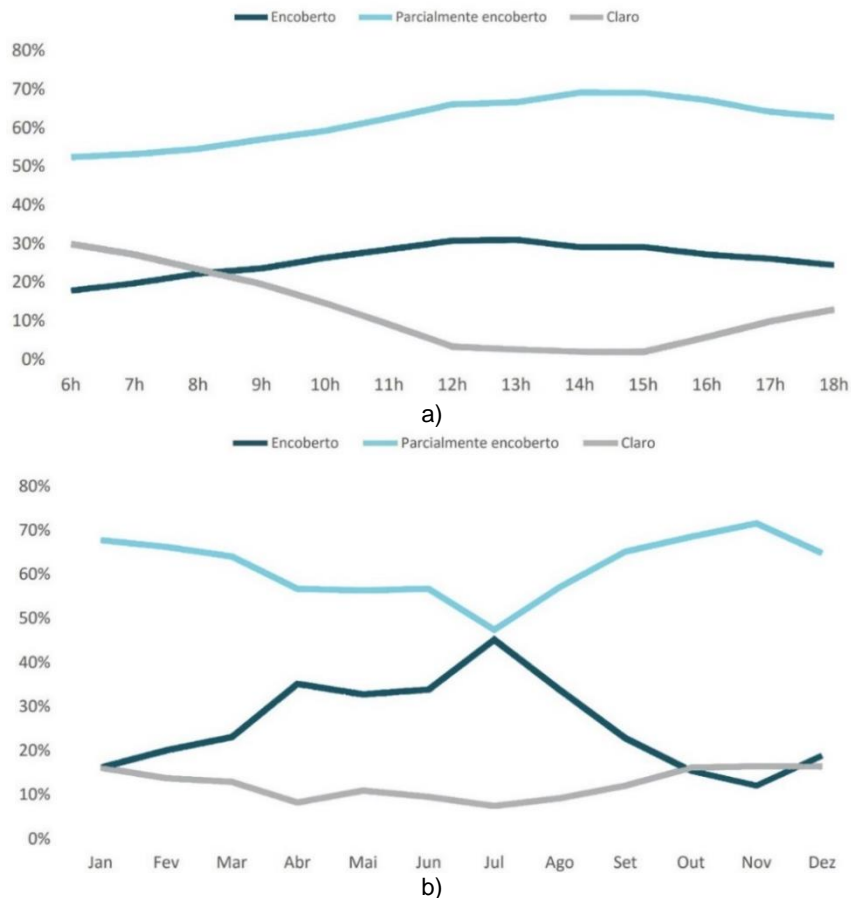
Fonte: Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes – DNIT1, 2015, adaptado pela Autora, 2018. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/mapas-ltimodais/mapaBrasil220213.jpg/view>>. Acesso em dezembro de 2017.

Segundo as normais climatológicas do INMET (BRASIL, 1992), a cidade apresenta basicamente duas estações: uma caracterizada por altas temperaturas e pouca pluviosidade, com ocorrência de chuvas passageiras no intervalo de outubro a janeiro, e outra chuvosa, a qual se caracteriza por suas temperaturas mais baixas, concentrando-se nos meses de abril a julho. Por situar-se na faixa litorânea e estar sob influência das massas d'água existentes (oceano, rios e lagoas), a cidade de Maceió apresenta taxa de umidade relativa do ar média de 78,3%. Observa-se que não

há grandes variações na umidade local ao longo do ano, uma vez que a média mais alta registrada é de 82,6%, no mês de maio, e a menor é de 74,7%, em novembro (BRASIL, 1992).

Cabús (2002) realizou estudos sobre a nebulosidade do céu de Maceió a partir de dados coletados na estação meteorológica do Aeroporto Zumbi dos Palmares. informações disponibilizadas para análise correspondiam ao intervalo de 10 anos (entre 1982 a 1991), com valores de medições realizadas a cada 3 horas. Em seus estudos, foi demonstrado que a média de nebulosidade anual da cidade é de aproximadamente 57%. Também se observou que a variação da nebulosidade que ocorre na cidade ao longo do dia é significativa: apresenta-se menor no período da manhã, aumenta ao longo do dia, alcança o pico durante a tarde e reduz ao pôr do sol. Ainda sobre Cabús (2002), seus estudos concluíram que o céu parcialmente encoberto é o mais recorrente na região, com frequência de 61,8% do ano. Em seguida ocorre o céu encoberto, com 25,8%, e o céu claro, com 12,4%. No Gráfico 1, é possível visualizar a probabilidade de ocorrência dos tipos de céus de acordo com o horário e o mês na cidade.

Gráfico 1: Probabilidade de ocorrência dos tipos de céu: a) por hora; e b) por mês.

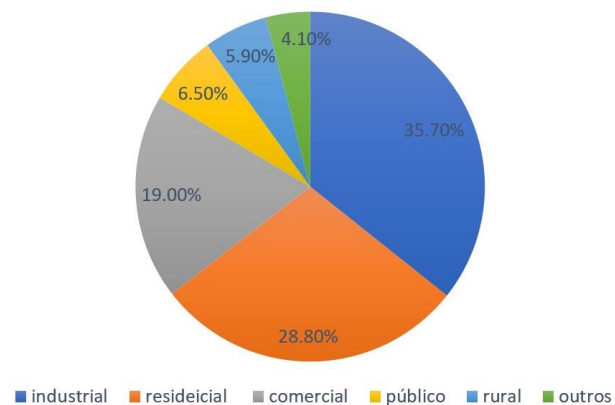


Fonte: Cabús, 2002, adaptado pela autora, 2018.

Para os climas tropicais quentes e úmidos, é recomendado como estratégias bioclimáticas: a) o controle da radiação solar, protegendo as superfícies da construção do sol direto; b) a redução das áreas de envidraçadas ao estritamente necessário, para garantir iluminação natural satisfatória; e c) o aproveitamento da ventilação para reduzir a umidade e promoção da renovação do ar e do resfriamento do ambiente interno (CORBELLA; CORNER, 2015). A arquitetura dos trópicos precisa ser leve, sombreada e ventilada. Com o aproveitamento da ventilação natural, os edifícios incorporam grandes aberturas capazes de permitir ampla ventilação cruzada natural e iluminação natural abundante. Os dispositivos de proteção solar, como beirais, brises, varandas e marquises, são elementos arquitetônicos necessários para proteção contra a radiação solar direta e para o caso de fortes chuvas. Para ambientes externos, recomenda-se o uso abundante de vegetação, pérgolas e varandas, a fim de que sejam criados espaços sombreados (ADAM, 2001).

Destaca-se que a arquitetura residencial é propícia para o uso de sistemas naturais de condicionamento e iluminação, visto que as atividades comumente exercidas no interior da moradia conferem maior comodidade e flexibilidade às necessidades individuais de conforto dos usuários. No entanto, apesar deste potencial inerente a habitação, a EPE (2017) aponta que em 2016 o setor residencial foi responsável por cerca de 28,8% do consumo total de energia produzida no Brasil (Gráfico 2). Desta maneira, é possível perceber que não obstante dos avanços obtidos ao longo dos últimos anos, ainda é necessário expandir e produzir conhecimento ecológico, aplicando-o à arquitetura, sem esquecer da importância de conscientizar a população quanto ao tema (ADAM, 2001).

Gráfico 2: Energia consumida por setor no Brasil em 2016.



Fonte: Adaptado do EPE, 2017.

Apesar da importância da luz natural na arquitetura para o conforto do usuário e eficiência da arquitetura, o Brasil ainda está em processo de desenvolvimento de estudos que auxiliem os

arquitetos a aproveitá-la adequadamente em seus projetos. Constata-se que há carência de pesquisas que indiquem efetivamente como o projetista deve se posicionar frente ao desafio de se beneficiar da luz do dia no ambiente interno. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui atualmente 14 normas que traçam recomendações que visam a regulamentação da questão de iluminação natural e/ou artificial na arquitetura. Entre elas, destaca-se a NBR 15215-1 (ABNT, 2005) que discorre sobre o aproveitamento da luz do dia, incluindo os procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural e o para a determinação da iluminação natural no ambiente. Apesar desta norma representar um grande passo para a regulamentação da iluminação natural em edificações, destaca-se que a sua formatação não foi construída de forma a facilitar sua utilização na prática projetual, além de não relacionar diretamente as condições da luz do dia com as variáveis arquitetônicas (ALBUQUERQUE; AMORIM, 2012).

No contexto internacional são postas algumas recomendações que são amplamente utilizadas por projetistas em geral, como, por exemplo, a relação entre a altura da abertura e a profundidade-limite de ambientes internos para o aproveitamento da luz natural proposta pela IESNA (2000). No entanto, observa-se que estas orientações não esclarecem o que garantem em iluminação natural no ambiente. Diante disso, verifica-se a relevância de estudos que busquem preencher essa lacuna, fornecendo indicações simples para iluminação natural em edifícios nos trópicos, embasadas em conceitos científicos, adequadas às diversas tipologias e adaptadas aos contextos climáticos (ALBUQUERQUE; AMORIM, 2012).

Frente ao contexto energético mundial, é preciso ter em vista que os edifícios devem ser projetados tendo como um de seus principais objetivos o uso eficiente da energia elétrica. Esta premissa pode ser associada a duas abordagens distintas: 1) a da eficiência, que se refere a obter mais trabalho a partir do mesmo montante de energia como, por exemplo, os avanços na tecnologia de lâmpadas que reduziu o consumo energético desses equipamentos mantendo os níveis de iluminação; e 2) a da conservação, que implica em consumir menos energia através da redução da demanda, o que pode ser obtido, por exemplo, através da redução do dispêndio de eletricidade na iluminação artificial através do aproveitamento da iluminação natural (THEODORSON, 2014).

A crescente conscientização ambiental no ramo da construção civil resultou no aumento da demanda pelo uso eficiente dos recursos naturais e no desenvolvimento de soluções baseadas no aproveitamento de energias renováveis. Os edifícios estão expostos à radiação solar em diferentes graus de intensidade ao longo do dia e do ano, o que requer uma gestão eficiente da luz natural. Ao aproveitá-la no ambiente interno, vários outros elementos igualmente

relevantes devem ser considerados simultaneamente, tais como a necessidade de minimizar o ganho de calor, enquanto é garantida iluminação satisfatória e se minimiza a probabilidade de ofuscamento. Uma solução comumente empregada para o controle da radiação solar e a intensidade da luz no ambiente são os sistemas de sombreamento anexados no exterior ou interior dos edifícios (BADARNAH, 2016).

Gonçalves e Duarte (2006) destacam que a produção de uma arquitetura de baixo impacto ambiental não está diretamente vinculada a um estilo ou um movimento arquitetônico, podendo ser encontrada em exemplares da arquitetura vernácula, assim como em muitas outras obras de modernismo ou da arquitetura mais recente, tais como a high-tech ou a eco-tech. Independentemente do resultado estético desejado pelo arquiteto, as soluções de projeto que garantem maior conforto ambiental e a eficiência energética relacionam os mesmos conhecimentos da física (transferência de calor, mecânica dos fluidos, física ondulatória e ótica) com os recursos locais e com a tecnologia apropriada.

2.2 A varanda

A varanda aparece na bibliografia brasileira com diferentes terminologias, sendo frequentemente usados como sinônimos e varanda os termos alpendre, latada, sacada, balcão, galeria, corredor, terraço, eirado e até sala de jantar (BRANDÃO; MARTINS, 2007a) (Figuras 2 e 3). Ao longo da história das habitações brasileiras a varanda aparece como um elemento quase que constante. Sendo assim, pode-se dizer que este dispositivo retrata uma linguagem característica à arquitetura doméstica do Brasil, associando-se à cultura material da nação e refletindo seus hábitos tradicionais de moradia. É notável que a varanda é imbuída de diversos significados e funções que acompanham e justificam o seu emprego na arquitetura tropical, fazendo dela uma expressão do modo de vida brasileiro (BRANDÃO; MARTINS, 2008a).

Esse espaço, intrinsecamente associado às tradições arquitetônicas brasileiras, tornou-se fundamental em decorrência das condições climáticas. A varanda protege as aberturas da edificação da incidência de chuvas e gera sombras sobre suas superfícies externas, resultando na redução do aquecimento interno devido ao controle da radiação solar direta que atinge a envoltória. Veríssimo e Bittar (1999) apontam que, além de contribuir para um melhor conforto térmico, esse elemento arquitetônico também funcionava como uma área de transição entre o

exterior e o interior, espaço de vigilância, ambiente de lazer e filtro em relação àqueles que possuíam ou não permissão para entrar na intimidade da moradia.

Figura 2: Varanda em edificação unifamiliar.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 3: Varanda em edificação vertical multifamiliar.



Fonte: Autora, 2017.

Ao longo dos anos, a varanda passou por modificações e adquiriu diferentes funções, posições e dimensões nas residências, para adequar-se às necessidades dos usuários, tendo sido incorporada também às edificações verticais multifamiliares. Nesta nova forma de morar, os projetistas e construtores observaram que nas unidades habitacionais deveria existir um espaço onde os antigos costumes de lazer em família continuassem a realizar-se – o que levou à inclusão da varanda no programa de necessidades dessas novas moradias (TOLEDO; COSTA, BULHÕES, 2010)

Queiroz (2008), ao analisar plantas de apartamentos paulistanos lançados entre 2000 e 2008, verificou um aumento expressivo da área destinada às varandas, que passaram a receber novas atividades e mobiliários. Neste período foi quando este espaço começou a comportar sofás e mesas para refeições na arquitetura vertical multifamiliar, claramente retomando o tradicional uso colonial de convívio familiar ou recepção de convidados. Também é quando surge o conceito de varanda gourmet, onde sua função de área de convivência é associada ao preparo de refeições informais, incluindo churrasqueiras e bancadas a seu mobiliário. O autor especula que o sucesso desta tendência está relacionado a uma mudança de hábito da população, que passou a encarar o preparo de alimentos como um momento de lazer e convívio, realizado em companhia de pessoas da família ou amigos.

Como se vê, a varanda é um elemento arquitetônico embutido de diversos significados para o brasileiro. Entre eles, destaca-se a simbologia atribuída a esse elemento em virtude da sua localização característica, na fachada da edificação. Segundo Brandão e Martins (2008a) a varanda habitualmente apresenta-se como uma área de ligação entre a casa e a rua, atuando como local do encontro e do diálogo entre os domínios privado e público. Este espaço suaviza a ligação entre o interno e o externo, em termos psicológicos e sociológicos. Neste aspecto, a sua interferência é mais perceptível quando comparamos o dispositivo com a transparência dos vidros desprotegidos nas fachadas dos apartamentos. Para as autoras, os panos de vidro promovem a continuidade espacial entre interior e exterior de maneira imediata e bruta, representando o limiar da invasão, mesmo que apenas visual, da privacidade do lar (Figura 4).

Kowaltowski et al (2003) estudaram o conforto ambiental a partir das sensações proporcionadas aos usuários pelo ambiente construído. Como fonte de pesquisa, observou as descrições de ambientes e espaços cotidianos contidos em oito obras literárias brasileiras com narrativas entre os séculos XVII e XX. O estudo concluiu que as condições de conforto proporcionadas pela arquitetura não se sobressaem como elemento de grande importância na literatura, tendo sido encontrado maior volume de críticas referentes a classes sociais e condições econômicas. Os autores também relatam que é evidente a inclusão das varandas em quase todas

as épocas. No conjunto de obras estudado, esse elemento aparece como um ambiente de integração e de proteção da incidência solar direta e das intempéries, além de estar relacionado com frequência às atividades de lazer e descanso, uma vez que era considerado um lugar agradável, bem ventilado e sombreado em diversas tipologias de moradia.

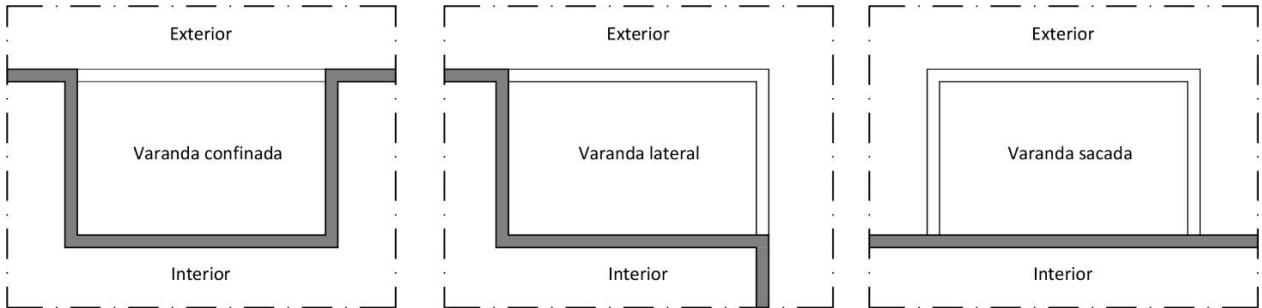
Figura 4: Fachada de edifício com varanda e aberturas sem dispositivo de proteção solar.



Fonte: Autora, 2017.

Carvalho (2010) realizou um levantamento que compreendeu 121 edificações verticais multifamiliares em Maceió/AL, com registros na prefeitura datados entre 2000 e 2009, a fim de analisar as características de suas varandas. As análises apontaram que a varanda possui forte presença nos edifícios da região, onde apenas 7,70% não possui o dispositivo. A autora também relata que a localização das varandas na planta dos apartamentos pode ser confinada, lateral ou sacada, as quais podem ocorrer de forma retangular ou curva (Figura 5). As Tabelas 1 e 2 sintetizam os dados levantados sobre as profundidades recorrentes das varandas da amostra e os tipos de fechamento dos peitoris detectados (Figura 6 e 7).

Figura 5: Esquema ilustrativo dos posicionamentos da varanda na planta baixa de apartamentos.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018, adaptada de Carvalho, 2010.

Tabela 1: Quantidade de edifícios para cada intervalo de profundidade da varanda em Maceió entre 2000 e 2009 identificados por Carvalho (2010).

Profundidade	Quantidade
$\leq 1,50$ m	49
$1,50 < x \leq 3,00$ m	47
$x > 3,00$ m	5

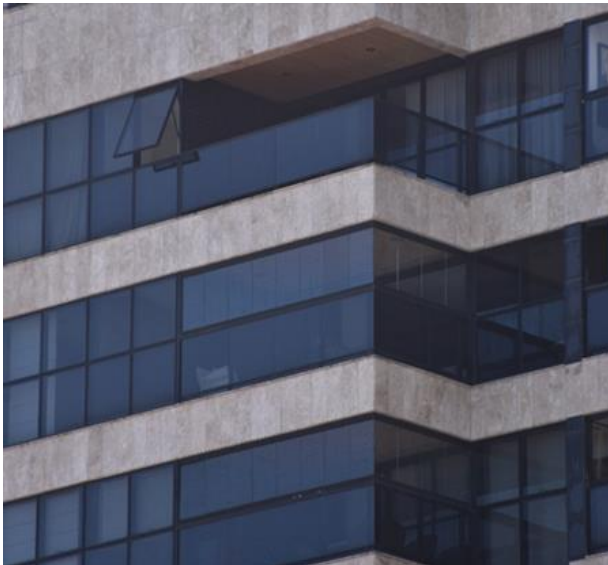
Fonte: Fonte: Elaborada pela autora, 2018, adaptada de Carvalho, 2010.

Tabela 2: Quantidade de edifícios para cada tipo de peitoril de varandas em Maceió entre 2000 e 2009 identificados por Carvalho (2010).

Fechamento do peitoril	Quantidade
Vidro	16
Alvenaria	21
Misto (alvenaria + vidro)	39

Fonte: Fonte: Elaborada pela autora, 2018, adaptada de Carvalho, 2010.

Figura 6: Fachada de edifício com peitoril de vidro.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 7: Fachada de edifício com peitoril de alvenaria.



Fonte: Autora, 2017.

Jorge (2004) analisou as motivações e consequências do recorrente fenômeno de vedação e incorporação da varanda ao ambiente interno de edifícios verticais segundo a vontade individual dos moradores na cidade de Vitória/ES. A autora apontou que:

A interferência no habitat pode ser interpretada como uma necessidade subjetiva, de desejo de personalização do objeto ou fruto da dinâmica do habitar, que eleva o morador a uma posição muito mais ativa. [...] Nesta relação de intervir no espaço construído evidenciam-se tendências comuns, como necessidades de manutenção, modernização, acréscimos e ampliações - posturas indissociáveis da configuração externa da obra arquitetônica. [...] De fato, a prática relacionada à participação do usuário na obra construída é uma manifestação de adequação às necessidades e anseios do morador, e tal relação evidencia-se mais claramente nas edificações unifamiliares térreas. Porém, o olhar atento é capaz de flagrar inúmeras manifestações isoladas e fragmentadas de interferência no habitat vertical, com o comprometimento da essência arquitetônica, da harmonia global do edifício e consequentemente do entorno inserido (JORGE, 2004, n.p).

Como consequência, foi observada a falta de um padrão compositivo e a descaracterização do projeto original, o que resultou no comprometimento da harmonia arquitetônica das fachadas. São listados como motivos que contribuíram para o desencadeamento desse fenômeno: os efeitos prejudiciais à saúde causados pela poluição atmosférica, gerada por indústrias de grande porte instaladas na cidade, e a necessidade de ganhar espaço no interior das unidades, devido à área reduzida dos apartamentos em razão do aumento de unidades habitacionais.

Através da percepção desse mesmo fenômeno na arquitetura residencial vertical de Maceió (Figura 10), Toledo, Costa e Bulhões (2010) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de verificar as causas desse fato na cidade, além de detectar os novos usos destinados a esses espaços, a partir da aplicação de questionários e visitas in loco na cidade de Maceió/AL. Os autores relatam que foram encontradas três situações de uso desse espaço na amostra. São elas:

- varandas fechadas e sem mudança de uso (Figura 8);
- varandas fechadas e com mudança de uso;
- varandas fechadas e incorporadas à sala de estar (Figura 9).

A pesquisa também detectou que os fechamentos (Figura 10) variaram entre:

- janela de vidro com caixilhos de alumínio e sistema de correr (Figura 8);
- placas de vidro sem caixilhos e sistema de correr;
- cortina de vidro com sistema de deslizar pivotante (Figura 9).

O questionário de Toledo, Costa e Bulhões (2010) elucidou que os principais motivos para o fechamento das varandas são aspectos ambientais, como a ventilação em excesso e a incidência de chuvas indesejadas, os quais também são os fatores apontados como responsáveis pela pouca utilização do espaço pelos usuários, que não se sentiam confortáveis no ambiente. Outra questão relevante detectada pela pesquisa foi o desejo do usuário de destinar um novo

uso à varanda, a exemplo de convertê-la em sala de estar. Foi constatado que a intervenção fez com que o ambiente deixasse de ser considerado, pela maioria, uma área sem uso, tornando-o uma área de lazer e contemplação da paisagem, ou seja, um lugar de maior permanência.

Figura 8: Varanda com fechamento em vidro não incorporada à sala.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 9: Varanda com fechamento em vidro incorporada à sala.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 10: Fachada de edifício com varandas fechadas com vidro.



Fonte: Autora, 2017.

2.2.1 Histórico da varanda no Brasil

Habitualmente, não ligamos para os aspectos culturais contidos numa habitação. Moramos, simplesmente. Abrigamo-nos sem maiores cogitações. No entanto, muitos temas de nosso cotidiano domiciliar ligam-se às relações necessárias que comparecem ao universo habitacional, vinculando a construção, a forma de construção, isto é, o chamado partido arquitetônico, aos recursos oferecidos pela natureza da envoltória e aos materiais trazidos de fora e também ao clima. Na casa estão implícitas as técnicas ou o “saber fazer” decorrente do conhecimento próprio da comunidade (LEMOS, 1996, p. 9).

De tudo um pouco, a casa é o reduto da família e, portanto, seu próprio espelho, refletindo também, numa maneira mais abrangente, a sociedade da qual essa mesma família faz parte, ao mesmo tempo em que é geradora (VERÍSSIMO; BITTAR, 1999, p. 21).

A família brasileira é um produto da miscigenação branca, índia e africana. Ao chegar ao novo mundo, o português se deparou com a presença dos povos indígenas, habitantes da terra já adaptados aos condicionantes locais. Com eles, os colonizadores entraram em contato com tradições até então desconhecidas e apropriaram-se de alguns dos hábitos alimentares e

construtivos dos nativos. Posteriormente, a chegada dos africanos – trazidos como escravos para substituir a mão de obra nativa – possibilitou que os colonizadores se aproximassem de um arsenal de novos conhecimentos compostos por deuses, hábitos, cantigas de ninar e formas ancestrais, os quais foram também incorporados à cultura brasileira. Nesse contexto, entende-se que o português foi uma espécie de coordenador, responsável por reunir, selecionar e reinterpretar o conhecimento dos povos dominados conforme suas necessidades, obtendo entre os resultados a configuração inicial da moradia brasileira (VERÍSSIMO; BITTAR, 1999; MENDES; VERÍSSIMO; BITTAR, 2011).

Vários fatores influenciaram a consolidação da configuração de moradia no Brasil, tais como o clima tropical e úmido, a flora, a disponibilidade de materiais construtivos, a miscigenação cultural, entre outros (MENDES; VERÍSSIMO; BITTAR, 2011). Para Bruand (2005) o clima foi o fator que mais interferiu na constituição da arquitetura brasileira. A localização geográfica do país, situado quase que totalmente entre o Equador e o Trópico de Capricórnio, proporciona temperaturas elevadas durante o verão, as quais podem estender-se durante todo o ano em algumas regiões. Portanto, percebe-se que a primeira questão posta aos arquitetos era a necessidade de combater o calor e o excesso de luminosidade provenientes da insolação intensa dos trópicos.

Inicialmente, a definição do modelo familiar brasileiro acontece no núcleo rural, primeira base econômica da colônia, regido pelo patriarcalismo latifundiário. O resultado espacial desse sistema é a definição da arquitetura da casa-grande de engenho monocultor, o qual, conforme a época e a geografia, podia variar de partido arquitetônico, mantendo-se constante, no entanto, a presença de varanda. Destaca-se que por toda a colônia a estrutura social permaneceu a mesma durante mais de três séculos, fazendo com que as sedes de fazenda apresentassem poucas alterações em suas plantas ao longo dos anos (VERÍSSIMO; BITTAR, 1999).

A casa-grande, habitação do senhor-de-engenho e de sua família, geralmente era constituída por varandas, salas, alcovas, quarto de hóspedes, capela e cozinhas gigantescas. A insistência na utilização das varandas ia além das necessidades climáticas. Funcionava como o principal ambiente filtrante do mundo exterior, além de ser utilizada para o lazer e realização de refeições. Em uma sociedade rigorosamente estruturada, na qual era imposta a clausura feminina em sua moradia, a varanda era usada como área de transição que limitava ao espaço fronteiro o elemento social externo (MENDES; VERÍSSIMO; BITTAR, 2011). Entre suas funções, a varanda também era usada como ambiente de vigília. Lemos (1978) destaca esse uso do ambiente nas seguintes afirmações: “da varanda, alpendrada ou não, o patrão apreciava todo o movimento da

casa funcionando (LEMOS, 1978, p. 81)”; “Ali, da varanda em estratégico nível, o proprietário, homem de muitos méritos, podia fiscalizar as várias etapas do serviço açucareiro” (Ibid., p. 84).

A varanda aparece nos relatos do artista francês Jean-Baptiste Debret² sobre a vida e a história brasileira no período colonial (Figura 11), nos quais é apontado que:

É muito natural que, sob uma temperatura que se eleva até 45 graus, sob um sol insuportável durante seis a oito meses do ano, o brasileiro tenha adotado o uso da varanda em suas construções; também encontrada, embora de forma mais simples, na mais pobre habitação (DEBRET, 1971 apud BANDEIRA; LAGO, 2008, p. 181).

Figura 11: “Uma tarde de verão”, aquarela em papel pintada por Jean-Baptiste Debret em 1826 ilustrando um momento de descanso na varanda.



Fonte: Bandeira; Lago, 2008.

Enquanto a varanda aparecia como um elemento constante na habitação rural em todo o período colonial, isso não ocorria nas cidades. Pelo menos não à vista dos transeuntes, pois nesse tipo de moradia a varanda comumente se volta para o quintal, criando uma área de convívio da família. As casas populares urbanas eram geminadas e coladas ao alinhamento do terreno, o

² Jean-Baptiste Debret (Paris, França, 1768 – 1848) era pintor, desenhista, gravador, professor, decorador, cenógrafo. É autor do livro “Viagem Pitoresca e Histórica ao Brasil”, ilustrado com litogravuras cuja base são aquarelas realizadas com seus estudos e observações (BANDEIRA; LAGO, 2008).

que resultava em plantas com cômodos encarreirados e quintal posto na parte posterior do lote. O ambiente frontal da construção geralmente abrigava sala de recepção, oficina de artesanato ou loja. Na parte central, eram dispostos os dormitórios acessíveis por corredor lateral, enquanto pelos fundos entrava-se à cozinha, seguida pela varanda que dava acesso ao quintal, onde havia uma instalação sanitária precária (LEMOS, 1996).

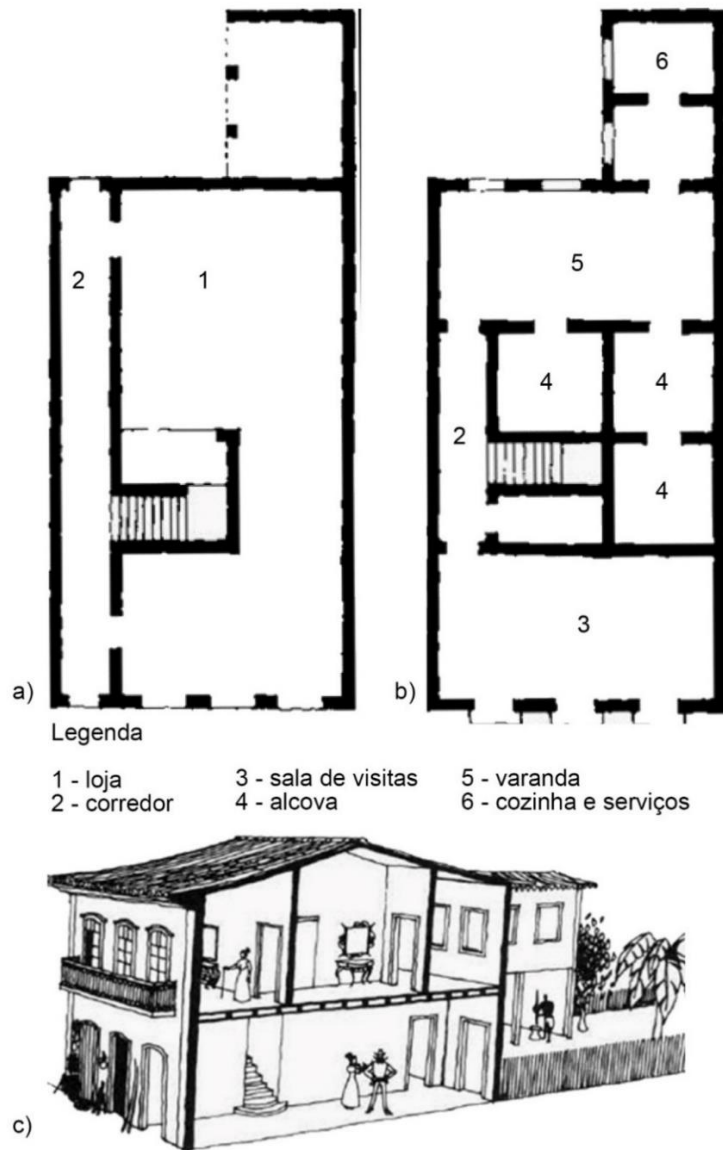
Na área urbana paulista haviam também os sobrados, habitações dos fazendeiros e comerciantes abastados, que se caracterizavam por possuir dois pavimentos sendo o térreo utilizado como estabelecimento comercial ou para acomodação de escravos e animais. A distribuição dos ambientes internos do piso superior desses sobrados não contrastava com a comumente encontrada nas casas populares. Nele, a sala de visitas localiza-se na parte frontal, ao adentrar a edificação encontrava-se um corredor ladeado pelas portas que davam acesso às alcovas e, por fim, disponha-se a varanda, a cozinha e o quintal (Figuras 12) A varanda dessas casas era um espaço grande que, geralmente, compreendia toda a largura do terreno. Nessas habitações tinha este ambiente exercia funções muito importantes, servindo como espaço de transição o interior e o exterior, de apoio a cozinha para a preparação e cozimento dos alimentos e como área de convivência, onde os moradores costumavam fazer suas refeições diárias. As varandas eram muito utilizadas especialmente pelas mulheres da casa, pois sua localização garantia proteção contra os olhares de visitantes, ali elas podiam vigiar as crianças nos quintais e realizar os serviços domésticos (NOVAKOSKI, 2017).

Lemos (1996) aponta que a varanda é raramente encontrada na arquitetura europeia em geral, uma vez que sua utilização como moderador de temperatura é desnecessária. Os poucos exemplares desse elemento arquitetônico existentes no continente são encontrados em construções religiosas, onde lhes cabiam a função de abrigar catecúmenos à espera do batismo, conforme os procedimentos canônicos. Na arquitetura residencial, destaca-se que foram encontradas algumas casas providas de varanda em Portugal, as quais tinham a função de refrescar os interiores. O autor aponta que essa prática não ocorreu de forma generalizada, aparentando ser recente ou contemporânea ao uso do dispositivo no Brasil.

Nas residências de influência neoclássica, a varanda passa a ser menos frequente. Quando era empregada, aparecia sem a mesma gama de funções, na forma de um pátio colonado à maneira de um claustro. Posteriormente, com a chegada do romantismo e progressiva aproximação com a Europa, a varanda afirma-se definitivamente na arquitetura brasileira, sendo associada ao jardim inglês. Neste momento, com a independência e cultura do café, ocorre uma vagarosa abertura dos núcleos familiares e de suas habitações ao público externo. Nestas casas

era comum o uso do corredor-alpendre, misto de circulação e varanda, que passou a revelar espaços anteriormente reservados apenas a intimidade da família. (VERÍSSIMO; BITTAR, 1999).

Figura 12: Ilustrações da estrutura padrão de um sobrado colonial. a) pavimento térreo; b) o pavimento superior; e c) perspectiva.



Fonte: Reis filho, 2011, p. 29 apud Novakoski, 2017, p. 237.

No ecletismo, período que se estendeu até as primeiras décadas do século XX, surge a tendência de proporcionar total independência entre as áreas de estar, repouso e serviço da casa. A premissa adotada era a de garantir a circulação entre uma e outra, sem que houvesse a necessidade de passar pela terceira. Esse planejamento, avesso a circulações superpostas³,

³ Configuração da planta que resulta na passagem obrigatória por certas dependências (LEMOS, 1996).

prosperou primeiramente nos hábitos da alta sociedade e, posteriormente, passou a influenciar o planejamento das casas de classe média. Destaca-se que, apesar dessa mudança, o emprego da varanda não foi abandonado e ela permaneceu presente na arquitetura desse período, sendo comumente usada como passagem forçada para ir à cozinha, ao quintal, ao banheiro e até aos dormitórios (LEMOS, 1996).

Segundo Reis Filho (2004), como consequência da decadência do sistema escravagista e do início da imigração europeia, desenvolveu-se o trabalho remunerado e aperfeiçoaram-se as técnicas construtivas. Foi sob a inspiração do ecletismo que surgiram as primeiras residências urbanas com novo esquema de implantação, as quais romperam com as tradições coloniais e exigiram modificações nas tipologias de lotes e construções. As novas moradias eram afastadas dos vizinhos e tinham jardins laterais, novidade que vinha introduzir um elemento paisagístico na arquitetura residencial. Nessa nova forma de projetar a habitação, o contato com os jardins laterais era garantido pela presença de varandas comumente apoiadas em colunas de ferro e usadas, também, como corredor de acesso (Figura 13).

Figura 13: Palácio do Catete, obra do ecletismo com varanda com colunas e guarda-corpos de ferro.



Fonte: Instituto Brasileiro de Museus (Ibram), 2007.

O ecletismo entra em crise em 1930, em decorrência do surgimento de novas questões relacionadas à necessidade de uma nova abordagem tecnológica. Nesse contexto, a família brasileira sente-se inquieta para escolher a nova estética de suas moradias, rejeitando o radicalismo do movimento “moderno”. Em meio a essa crise de cunho ideológico e de identidade nacional, consolida-se o nacionalismo proposto pelo neocolonialismo, encarado como um porto seguro para a casa brasileira. Nas novas soluções formais propostas por esse estilo, a varanda é encarada como um elemento versátil, capaz de adaptar-se perfeitamente à disposição geral da residência, estando presente em mansões de novos bairros e casas mais modestas dos subúrbios ou vilas (VERÍSSIMO; BITTAR, 1999).

Paralelamente à predominância do neocolonialismo, em 1928 foi construída a primeira residência moderna no Brasil, a casa do arquiteto russo Gregori Warchavchik (Figura 14 e 15). Situada na cidade de São Paulo, a casa possui inspiração cubista, com puros e assimétricos volumes pintados de branco. O projeto segue o conceito de “máquina de morar”, porém com algumas concessões aos princípios básicos da arquitetura tropical. A fachada principal era uma superfície lisa, sem elementos de proteção contra sol ou chuva, em contraste à espaçosa varanda coberta com a tradicional telha-canal deixada à vista, que o arquiteto projetou na face posterior (BRUAND, 2008).

Figura 14: Fachada frontal da primeira construção modernista do Brasil, projetada por Gregori Warchavchik. A casa possui estética modernista, apresentando volumes simples e sem adornos.



Figura 15: Fachada lateral da primeira construção modernista do Brasil, projetada por Gregori Warchavchik. Apesar de ser moderna, a casa possui elementos tradicionais a cultura brasileira, como, por exemplo, a varanda voltada para o jardim.



Fonte: Archdaily, 20131. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/01-17010/classicos-da-arquiteturacasa-modernista-da-rua-santa-cruz-gregori-warchavchik> >. Acesso em maio de 2018.

O movimento moderno aflorou na Europa no século XX, no entanto, foi apenas por volta dos anos 40 que este estilo ganha força no Brasil, quando enfim se tornou aceitável para a maioria da população (VERÍSSIMO; BITTAR, 1999). A vanguarda brasileira, responsável pela Semana de Arte Moderna de 1922 em São Paulo e do Salão de 1931 no Rio de Janeiro, buscava a atualização de um país que há pouco havia se tornado republicano e abolicionista, mas que ainda não podia ser considerado industrializado e em sintonia com a linguagem da máquina. Nesta busca haviam também anseios em definir uma identidade nacional, compatível com a história da nação. Foi neste contexto que se desenvolveu a Arquitetura Moderna Brasileira, lidando com a dualidade existente entre a linguagem universal modernista e o regionalismo, incorporado ao estilo através da utilização do elementos e materiais da tradição construtiva brasileira (BRANDÃO; MARTINS, 2007b). Assim, em diversas edificações modernas brasileiras detectasse a incorporação de elementos de proteção ao sol, tais como brise-soleil, versões modernas dos muxarabis, beirais e as largas varandas, e soluções arquitetônicas que favorecem a circulação de ar para amenizar o calor. Estas estratégias, características da arquitetura dos trópicos, dão às

obras modernas características diferenciadas das obras do modernismo na Europa (CAVALCANTI; LAGO, 2005).

Segundo Cavalcanti (2001), Lina Bo Bardi, apesar de sua origem italiana, foi a arquiteta modernista que mais estudou sobre soluções populares nativas no desenho de utensílios e habitações. Talvez por isso ela comumente incorporasse a varanda ao programa de necessidade de seus poucos exemplares de projetos residenciais. Um exemplo é a casa feita de adobe, palha (material posteriormente substituído por telha de barro) e madeira de Valéria P. Cirrel, construída em São Paulo em 1958 (Figura 16). A residência possui dois volumes independentes, em que o pavimento térreo é totalmente envolto por uma generosa varanda em tábuas corridas, responsável por integrá-los.

Figura 16: Fotografia recente da casa modernista com varanda de Valéria P. Cirrel, projetada por Lina Bo Bardi em 1958.



Fonte: Archdaily, 2016. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/800798/classicos-da-arquitetura-casavaleria-cirell-lina-bo-bardi> >. Acesso em dezembro de 2017.

Entre as edificações habitacionais verticais do modernismo que fizeram uso das varandas, destaca-se o Conjunto Residencial Prefeito Mendes de Moraes (Pedregulho) (Figura 17). O complexo, construído entre os anos de 1947 e 1952 no Rio de Janeiro, foi concebido por Affonso Reidy com o objetivo de abrigar funcionários de baixo poder aquisitivo da prefeitura carioca, oferecendo-lhes, além de moradia, outros equipamentos, tais como: escola, lavanderia, mercado e ginásio. Na ocasião, vislumbrava-se realizar o ideal ético do modernismo de revolucionar a

arquitetura concomitantemente à mudança de hábito dos mais pobres. Nesse projeto, a varanda foi incorporada à sala de estar em dois blocos de apartamentos. Elas também foram empregadas no mercado, no centro de saúde e nas salas de aulas, com a função de isolar, arejar e proteger da isolação excessiva. Atualmente o conjunto se encontra conservado em sua forma original, podendo ser visitado (CAVALCANTI, 2001).

Figura 17: Sala de aula com varanda do Conjunto Residencial Pedregulho.



Fonte: Archdaily, 2015. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/776776/uma-arquitetura-para-a-cidade-aobra-de-affonso-eduardoreidy/563e7a57e58ecea9eb00003f-uma-arquitetura-para-a-cidade-aobra-de-affonsoeduardo-reidy-imagem>>. Acesso em dezembro de 2017.

Brandão e Martins (2007b) apontam que o cenário começa a mudar na segunda metade do século XX. A partir da análise de edificações cariocas deste período, as autoras constataram que os projetos de habitação multifamiliar passaram a desprezar os elementos tradicionais de adequação climática, apresentando uma crescente substituição das varandas, brises, treliças, cobogós, entre outros, por extensos panos de vidro, seguindo a tendência do estilo internacional pregada pelo modernismo europeu. Para Veríssimo e Bittar (1999) a abertura da sociedade brasileira ao *american-way-of-life*, com seus subprodutos de consumo em massa, foi um dos motivos que levou a gradativa extinção da varanda nas reflexões arquitetônicas de muitos profissionais. Aliado a isso, os autores também destacam que os avanços tecnológicos

alcançados nesse período resultaram no surgimento do aparelho de ar condicionado em um momento no qual a energia elétrica ainda custava pouco – novidade que possibilitou aparente vitória sobre o clima tropical, tornando possível dispensar dispositivos de adequação bioclimática.

O rigor formal da Arquitetura Moderna perdeu força nos anos 70, permitindo uma reavaliação fundamental de suas fontes, que seria acentuada com a crise capitalista. Nesse contexto, a casa brasileira reinicia a busca por sentido e razões no desenho de cunho tradicional, interessada em resgatar valores que considerava mais brasileiros. A varanda retoma seu lugar no programa de necessidades das habitações; às vezes perdendo seu sentido de vigília, controle, amenização e transição antes existente, tornando-se um complemento do setor social. O cenário dos anos 80 e 90 não altera os valores sociais da utilização desse espaço, que serve também como meio de produzir status. A varanda passa a ser ocupada apenas em recepções ou ocasiões especiais, e propicia, às vezes, um belo panorama de pavimentos mais elevados (VERÍSSIMO; BITTAR, 1999).

Brandão e Martins (2007b) destacam que um dos fatos que mais evidenciam o retorno da varanda à arquitetura na contemporaneidade em edifícios de apartamentos é o “avarandamento” de construções já existentes, que consiste em cobrir a transparência dos panos de vidro com esse espaço semiaberto. As autoras apontam que o início deste processo na cidade do Rio de Janeiro/RJ se deu em 2003, quando um prédio situado no bairro do Leblon recebeu um acréscimo de 17% na área total do imóvel a partir da construção de varandas em sua fachada, vinte e sete anos após ser edificado. O fato é que esta ação foi repetida em outras edificações o que levou a criação da resolução de nº 578 de 03 de janeiro de 2005 que regulamenta a construção de sacadas em prédios já consolidados no Rio de Janeiro. É perceptível que a criação desta lei veio para atender aos anseios da comunidade, demonstrando que esse espaço da casa não é apenas uma imposição feita pelo projetista ou pelas estratégias de adequação clima, mas um desejo do usuário.

2.2.2 A varanda na arquitetura vertical de Maceió

Foi entre os anos 1950 e finais de 1970 que se iniciou a implantação de edifícios verticais na cidade de Maceió (Maceió, 2007), especialmente no centro da cidade, sendo em sua grande maioria direcionados às instituições públicas e serviços. A verticalização para fins residenciais ganha força a partir da década de 80, impulsionada pelo “boom” do turismo e concentração do

capital das imobiliárias em investimentos situados na orla marítima norte da cidade. A varanda fez-se presente na arquitetura residencial vertical desde as primeiras construções, trazendo a herança dos antigos alpendres das casas de fazenda dos engenhos nordestinos e dos casarões, onde este elemento assume o papel de anteparo aos raios solares e espaço intermediário entre o interior e o exterior (CAVALCANTE, 2015).

A Lei Municipal Nº 5.593/07 institui o Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió, responsável por estabelecer normas técnicas para todo tipo de construção, os procedimentos de aprovação de projeto e licenças para execução de obras, bem como os parâmetros para fiscalização do andamento da obra e aplicação de penalidades. A varanda é mencionada uma única vez neste documento, no Art. 317. Este a define como um compartimento de permanência transitória, juntamente com as circulações, banheiros, lavabos, vestuários, depósitos e áreas de instalações especiais com acesso restrito, para os quais foi estipulado que o pé direito mínimo deve ser igual a 2,20m (MACEIÓ, 2007).

Para os compartimentos de permanência transitória o Código estabelece apenas 3 diretrizes, as quais são dificilmente aplicáveis a uma varanda, sendo:

- nestes espaços será admitida a iluminação artificial e a ventilação indireta ou induzida, desde que atenda às normas técnicas brasileiras específicas (Art. 320);
- estas áreas poderão possuir tiragem de ar mecânica ou serem ventilados através de dutos horizontais (Art. 367);
- nos edifícios situados em Setor de Preservação Rigorosa, poderão sofrer modificações desde que não provoquem alteração no seu aspecto externo, que resulte em melhor ventilação nas áreas de permanência transitória (Art. 369) (MACEIÓ, 2007).

A função de ambiente de transição entre o exterior e o interior exercida pela varanda também foi percebida por Cavalcante (2015) na cidade de Maceió. A autora, que investigou as estratégias projetuais dos arquitetos em edifícios verticais na orla de Maceió/AL do período de 1980 a 2012, observou a existência de barreiras visuais entre o privado e o público na orla maceioense, onde o diálogo entre eles é apenas permitido através das varandas e fachadas envidraçadas. A pesquisadora afirma que o projeto arquitetônico também é resultado da crise de segurança que assola cidade, o que faz com que o espaço de transitoriedade entre o privado e o público se reduza ou se extinga. Nesse contexto surgiram espaços que dificultam o acesso à construção, onde cada vez mais a transição entre o espaço público e privado é limitada, através de muros altos, grades e clausuras.

A varanda também pode ser usada como um elemento plástico, capaz de ajudar o arquiteto a compor a fachada da edificação com volumes retos ou curvilíneos. Na arquitetura

residencial vertical de Maceió, observa-se que este elemento arquitetônico toma diversas formas e posicionamentos: 1) discreta, incorporada ao volume da edificação (Figura 18); 2) sacada, criando volumes salientes (Figura 19); 3) com discretas saliências curvas (Figura 20); 4) ou até mesmo curvas mais acentuadas (Figura 21); 5) em forma de volumes com ângulos fechados (Figura 22); ou 6) em conjunto com outros elementos, criando uma composição de cheios e vazios (Figura 23).

Barbosa (2009), ao fazer uma reflexão crítica sobre a arquitetura contemporânea de Maceió, aborda sobre o uso das cores nas fachadas das edificações residenciais verticais afirmando que a utilização da cor com objetivo de destacar os volumes nas edificações residenciais multifamiliares tornou-se mais perceptível recentemente. Isso se deu devido à evolução dos materiais ao longo das últimas décadas, que disponibilizou aos arquitetos uma extensa gama de opções para trabalhar em fachadas de edifícios. (Figuras 18 a 25).

Figura 18: Edifício com varanda incorporada ao volume da edificação em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Figura 19: Edifício com varanda reta salientes em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Figura 20: Edifício com varanda curvas salientes em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Figura 21: Edifício com varanda de curvas acentuadas em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Figura 22: Edifício com varanda com ângulo fechado em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Figura 23: Edifício com varanda em composição com outro elemento em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Figura 24: Vista da rua a partir de uma varanda em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Figura 25: Vista da rua a partir de uma varanda em Maceió/AL 2.



Fonte: a autora, 2018.

Ao percorrer as ruas da cidade, observa-se que na arquitetura residencial vertical existe grande variação na paleta de cores empregada nas fachadas, onde é possível encontrar desde os tons claros até os mais escuros, utilizados apesar das ressalvas associadas ao conforto térmico. Também constatou-se que para revestir o interior das varandas de apartamentos comumente é utilizado o mesmo material e cor empregados no exterior da edificação. Ao longo deste trabalho foram demonstradas fotografias de varandas com revestimentos e cores internas variadas. É possível encontrar exemplares como o demonstrado pelas Figura 26, que exibem uma mesma varanda com paredes de cores diferentes.

Figura 26: Fotografia de uma mesma varanda em Maceió/AL: a) parede esquerda; e b) parede direita.



Fonte: a autora, 2018.

Como citado anteriormente, Toledo, Costa e Bulhões (2010), afirmam que muitos proprietários estão fechando as varandas com esquadrias de vidro, argumentando como principais motivos para esta mudança problemas relacionados ao excesso de ventos e chuvas, bem como a necessidade de dar um novo uso a este espaço. Um exemplo disso, é o Edifício Casino Rosselli, onde praticamente todos os moradores fecharam suas varandas por conta própria (Figura 27). Barbosa (2009) destaca que esta alteração, além da redução da área apta para entrada de ar, também interfere na estética original projetada pelo arquiteto, visto que a

colocação destas esquadrias se dá de forma aleatória. É possível fazer este tipo de intervenção sem prejudicar a estética da fachada da construção, um exemplo é o Edifício Solar Graciliano Ramos, onde os moradores se mobilizam para reformar toda a edificação, incorporando a varanda a sala em todas as unidades (Figura 28).

Carvalho (2010) realizou uma pesquisa que tinha como objetivo principal avaliar o sombreamento e a iluminação natural de varandas em apartamentos de edifícios residenciais multifamiliares localizados no bairro da Ponta Verde. A pesquisa limitou-se a simular um ponto sobre o sofá, na sala de estar, e outro sobre a mesa, na sala de jantar, onde os 14 modelos estudados consideravam sua orientação real. A autora, a partir da análise de seus resultados, concluiu que a implantação das varandas nos apartamentos não foi suficiente para impedir iluminâncias acima do recomendado pela NBR 5413 (ABNT, 1992) na sala de estar, o que torna necessário o uso de outros componentes, caso se objetive melhorar o desempenho do ambiente. No entanto, esse componente não impede a obtenção de valores de iluminância na sala de jantar dentro da faixa aceita pela norma.

Figura 27: Edifício Casino com varandas vedadas a partir do desejo individual do morador em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Figura 28: Edifício com varandas incorporadas e vedadas a partir da reforma total em Maceió/AL.



Fonte: a autora, 2018.

Outra pesquisa sobre o tema, realizada por França, Carvalho e Cabús (2009), teve como objetivo analisar a influência do uso de varandas na iluminação natural em salas de estar/jantar em edifício residencial multifamiliar na cidade de Maceió – AL. Para tanto, foram feitas análises de uma edificação existente, comparando duas situações: a situação real, sem varanda, e uma situação hipotética, com a presença da componente. As simulações foram realizadas nos dias 22 de todos os meses do ano, de hora em hora, para os céus encoberto e parcialmente nublado com o ambiente orientado para o sudeste. Foram calculadas as iluminâncias para apenas dois pontos: um no nível do sofá e outro no da mesa de jantar. A pesquisa chegou à conclusão que, apesar da varanda ser considerada uma boa estratégia para diminuir o nível de iluminância que chega ao ambiente adjacente, na situação estudada esse componente não obteve desempenho satisfatório, pois os valores resultaram acima do desejado. Os autores apontaram que o tamanho da varanda hipotética não foi satisfatório e destacaram a necessidade de aprofundar mais os estudos sobre a questão.

A varanda é um elemento arquitetônico estudado por pesquisadores do conforto ambiental de todo o mundo. Lee et al (2006) e Naish, Tan e Demirbilek (2014) investigaram a redução de ruído resultante da combinação de diferentes tratamentos de varanda na Coreia e Austrália, respectivamente. Omrani et al (2017) investigaram o impacto deste dispositivo arquitetônico na ventilação natural e nas condições térmicas da edificação considerando o contexto climático Austrália. O impacto ambiental do envidraçamento das varandas de apartamentos foi estudado por SALEH (2015), na Finlândia, e por Nowak-Dzieszko e Rojewska-Warchał (2015), na Polônia. Ainda sobre as pesquisas a cerca deste dispositivo, também se destaca os estudos de Hilliaho et al (2015), que monitoram a temperatura de 22 varandas na Finlândia.

2.3 A Avaliação do Desempenho Luminoso na Arquitetura

Em um projeto arquitetônico, o desempenho luminoso deve ser uma preocupação do arquiteto, seja no momento inicial do projeto ou em uma edificação já existente que necessite de reforma. Ao longo dos anos, estudiosos da iluminação natural criaram ferramentas baseadas em cálculos matemáticos que tinham como objetivo ajudar os projetistas a avaliar de maneira rápida e aproximada o desempenho da luz do dia na arquitetura. Segundo Tregenza e Loe (1998) estes

algoritmos são uma simplificação do mundo real partindo-se do pressuposto de que tudo é constante, exceto um pequeno número de variáveis.

Porém, com o passar dos anos e as conseqüentes evoluções possibilitadas pela modernidade, o computador se estabeleceu como uma nova ferramenta de auxílio à realização dos cálculos de desempenho da luz natural na arquitetura, através das simulações computacionais. Atualmente é difundido entre os pesquisadores de iluminação que a distribuição complexa e instável da luz natural em um ambiente é o tema adequado para a análise por computador (TREGENZA; LOE, 1998). O uso da simulação computacional em pesquisas na arquitetura consolidou-se rapidamente nas últimas décadas devido aos avanços tecnológicos, o que se tornou um método rápido e eficiente para pesquisas. Ao longo dos anos, os computadores ficaram cada vez mais rápidos e dispuseram de recursos de computação gráfica, tornando possível a criação de *softwares* baseados em metodologias avançadas (CABÚS, 2005). Ainda hoje “as técnicas utilizadas pelos programas de simulação vêm sendo constantemente revisadas, atualizadas e aprimoradas de forma a fornecer maior credibilidade e fidelidade aos resultados obtidos” (RIBEIRO, 2017, p. 53).

2.3.1 O software TropLux

Existem diversos programas direcionados para o cálculo e predição da luz natural no ambiente construído, dentre eles, destaca-se o TropLux (CABÚS, 2002) desenvolvido por Cabús. O autor percebeu que havia escassez de programas capazes de simular satisfatoriamente a realidade da iluminação nos trópicos. Com a intenção de preencher essa lacuna, o programa foi desenvolvido com o objetivo de avaliar algoritmos e testar abordagens metodológicas, permitindo variar parâmetros de acordo com as necessidades climáticas específicas dos trópicos, sendo eficiente também para outros tipos de climas (CABÚS, 2005). Ao longo dos anos, o software continuou sendo atualizado e aprimorado pelo Grupo de Pesquisa em Iluminação (GRILU) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), estando atualmente na sua 7ª versão. O TropLux tem sido utilizado para desenvolver pesquisas nacionais e internacionais de teses, dissertações e artigos de congressos e revistas (RIBEIRO, 2017).

O código do TropLux (CABÚS, 2002) foi desenvolvido em MatLab⁴ e utiliza seus módulos de interface gráfica para gerar um ambiente de trabalho acessível ao usuário. O programa é

⁴ Acrônimo de MATrix LABoratory, o MatLab é um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico.

baseado em três conceitos fundamentais: 1) o método Monte Carlo, que trata da abordagem estatística para solucionar integrais múltiplas; 2) o método do raio traçado, que segue o caminho de um raio entre superfícies; e 3) o conceito de coeficientes de luz natural, que relacionam a iluminância em determinada superfície, a partir de dada subdivisão do céu, à iluminância normal em um plano desobstruído, a partir dessa mesma subdivisão (CABÚS, 2005). O TropLux (CABÚS, 2002) permite que sejam gerados diferentes tipos de geometrias (formadas através de planos retangulares definidos pelas coordenadas de seus vértices) e conformações de abertura, para a simulação do comportamento da luz natural para um ou mais pontos no interior do ambiente. As simulações são feitas de acordo com as configurações de localização, orientação geográfica, características dos materiais e modo de processamento preestabelecido pelo usuário, gerando como resultado os níveis de iluminância, que podem ser visualizados em tabelas, gráficos e isocurvas.

O TropLux tem sido utilizado em trabalhos científicos como teses (LARANJA, 2010; CARVALHO, 2018), dissertações (MANHAS, 2016; RIBEIRO, 2017), artigos em congressos (FRANÇA; CARVALHO; CABÚS; 2009, MARTINS; CABÚS, 2016, RIBEIRO; CABÚS, 2015).

2.3.2 Indicadores de desempenho luminoso

Os indicadores de desempenho luminoso, tais como o Fator de Luz do Dia – FLD (MARDALJEVIC; CHRISTOFFERSEN, 2013) e o Iluminância Útil de Luz Natural – IULN (NABIL; MARDALJEVIC, 2006), são parâmetros importantes para o estudo do aproveitamento da iluminação. Sua aplicação auxilia os arquitetos na avaliação de diferentes sistemas, bem como podem ser usados para determinar se a luz natural está de acordo com as necessidades visuais de determinado ambiente. Neste tópico são descritos alguns destes métodos.

2.3.2.1 Autonomia da Luz Natural (ALN)

Em 1989, a *Association Suisse des Electriciens* definiu em norma a Autonomia da Luz Natural – ALN (*Daylight Autonomy – DA*) como correspondente a porcentagem das horas consideradas na análise que atinge um limite mínimo pré-determinado de iluminância no

ambiente interno apenas com a iluminação natural. De acordo com tal documento, esse conceito é o resultado da fusão entre o Fator de Luz do Dia e a necessidade de atingir níveis mínimos de iluminação. Posteriormente, no ano de 2001, Reinhart, Mardaljevic e Rogers redefiniram a ALN ao proporem que a sua porcentagem final da considerasse apenas as horas ocupadas durante o dia no ambiente em estudo, desconsiderando o período noturno (REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006).

2.3.2.2 Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe)

Para a *Illuminating Engineering Society* – IES, a avaliação do desempenho luminoso de um ambiente arquitetônico naturalmente iluminado requer métodos de análises específicos, diferentes daqueles desenvolvidos para o estudo da luz em um espaço com iluminação artificial. Por exemplo, ao iluminar artificialmente um ambiente, a iluminância média anual é uma métrica significativa e útil para a avaliação de desempenho, especialmente quando o projeto objetiva fornecer uma iluminação geral padrão e uniforme. No entanto, em um ambiente iluminado pela luz do dia, esse parâmetro tem menos significado ao avaliá-lo. Primeiro por razões espaciais, pois geralmente os ambientes iluminados naturalmente possuem distribuições de iluminância não uniformes devido à relação geométrica de espaço e abertura. Segundo por uma questão de ordem espacial e temporal, já que as fontes de luz natural variam em intensidade luminosa e posicionamento ao longo do dia e do ano, fazendo com que a iluminação no interior do espaço oscile ao longo do tempo. Como os níveis de luz natural são dinâmicos e dependem diretamente das condições climáticas locais, para uma avaliação consistente de seu aproveitamento na arquitetura é preciso analisar seu desempenho ao longo do tempo (IES, 2012).

Ao longo das últimas décadas, novas metodologias de avaliação do desempenho da luz natural foram propostas com o objetivo de superar a incapacidade dos algoritmos mais antigos de avaliar seu comportamento na arquitetura considerando sua dinamicidade. Nesse contexto a *Illuminating Engineering Society* - IES publicou em 2012 a LM-83-12, desenvolvida com o objetivo de criar novas metodologias de avaliação da luz natural capazes de considerar as múltiplas dimensões de seu desempenho em um edifício ainda em fase de concepção ou já existente. Assim, duas novas métricas de avaliação foram desenvolvidas: 1) a Autonomia da luz Natural Espacial - ALNe (*Spatial Daylight Autonomy* - SDA), que avalia a suficiência de iluminância natural

no ambiente; e 2) a Exposição Solar Anual - ESA (*Annual Sunlight Exposure ASE*), que estima o risco potencial de radiação solar direta excessiva no espaço. É posto que, quando esses conceitos são aplicados em conjunto, são capazes de fornecer uma compreensão significativa do comportamento da luz naquele espaço.

As metodologias contidas na LM-83-12 (IES, 2012) foram desenvolvidas a partir de pesquisas de campo, que incluíram comparação de avaliações de especialistas e ocupantes de 61 espaços diurnos com modelos de simulação detalhados. A publicação esclarece que a métrica descrita pretende ser aplicável em ambientes de trabalho e áreas com tarefas visuais semelhantes, uma vez que os parâmetros recomendados foram baseados em análises de escritórios de planta livre, salas de aula, salas de reuniões, salas multifuncionais, áreas de serviço em bibliotecas e lobbies. Destaca-se que é possível a aplicação das metodologias em ambientes com usos diversos, no entanto é preciso realizar adaptações aos parâmetros postos pela metodologia.

A Autonomia da luz Natural Espacial (ALNe) descreve a suficiência anual dos níveis de luz natural em ambientes internos, sendo expressa pela percentagem da área em análise que atende ao nível mínimo de iluminância durante uma fração específica das horas diurnas de funcionamento. Assim, a metodologia propõe que seja considerado como limite mínimo o valor de 300lx em pelo menos 50% da área, em que as simulações são responsáveis por estimar a quantidade de horas por ano que cada ponto atende ou excede a esse valor.

Para a aplicação da ALNe, devem ser considerados nas simulações os dados do *Typical Meteorological Year – TMY*, que são obtidos a partir de registros meteorológicos reais. De acordo com a LM-83-12 (IES, 2012), o TMY formata os dados horários do clima considerando as médias dos resultados com dados centrados na meia hora. Por exemplo, as 9 horas da manhã de um determinado dia corresponde à média das medições entre o período das 8h às 9h, sendo considerada a posição solar associada às 8h30. Esse fato determina que, apesar da ALNe recomendar como período de estudo o intervalo entre as 8h e as 18h, as simulações devem ser realizadas considerando o período de 8h30 às 17h30, ajustando o tempo de análise proposto à especificidade dos dados utilizados. A ALNe mensura a suficiência da luz natural em um ambiente, com base em valores medidos em uma malha de pontos. É proposto que nas simulações seja utilizada uma malha horizontal com até 0,60m disposta a 0,8m de altura do piso, cujos pontos de medições devem estar localizados no centro, com distanciamento mínimo de 0,30m e máximo de 0,60m das paredes.

Assim, neste estudo buscou-se detectar a influência das variáveis na performance de iluminação natural, considerando as três classes de desempenho para a ALNe estabelecidas pela LM-83-12 (IES, 2012). São elas:

- espaços insuficientemente iluminados pela luz do dia, quando a $ALNe_{300,50\%}$ é inferior a 55% das horas simuladas;
- espaços com aproveitamento da luz natural aceitável, quando a $ALNe_{300,50\%}$ é igual ou superior a 55% e abaixo de 75% das horas em estudo;
- espaços com condição de iluminação favorável, quando a $ALNe_{300,50\%}$ é igual ou superior a 75% das horas.

Os autores da metodologia apontam que a variabilidade da luz do dia ao longo das horas e das estações, torna possível que qualquer outro valor dentro de seu intervalo de variação possa ser aplicado a este conceito para descrever o desempenho da luz natural, podendo ser definido de acordo com os objetivos de pesquisa.

2.3.2.3 Exposição Solar Anual (ESA)

A Exposição Solar Anual (ESA) é a segunda métrica de avaliação da luz natural definida pela LM-83-12 (IES, 2012). Esta descreve o potencial de desconforto visual produzido pela radiação solar direta em ambientes de trabalho. É expressa pela porcentagem da área em estudo que excede um determinado nível de iluminação solar direta por mais do que um número específico de horas por ano. Assim, a metodologia da ESA propõe que 1000 lux durante no máximo 250 horas por ano seja considerado como o limite aceitável de radiação direta dentro do ambiente, sendo a ESA a expressão dos resultados que ultrapassam esse padrão. Para este indicador é recomendado que sejam considerados os mesmos parâmetros de simulação utilizados para a ALNe.

A LM-83-12 (IES, 2012) recomenda para este índice três classificações de desempenho. São elas:

- insatisfatório, quando a $ESA_{1000,250h}$ for superior a 10% das horas em estudo;
- neutro, quando a $ESA_{1000,250h}$ for abaixo de 7% das horas simuladas;
- aceitável, quando a $ESA_{1000,250h}$ for abaixo de 3% das horas.

2.3.2.4 Iluminância Média Anual (E_{MA})

A luz natural nos espaços internos pode ser dividida em duas componentes, sendo: 1) a componente direta (CD), proveniente diretamente do sol e do céu; e 2) a componente refletida (CR), a qual corresponde a luz do céu e do sol refletidos. Assim, a Iluminância Média Anual (E_{MA}) considera a componente global (CG), ou seja, o somatório destas componentes em cada ponto (CABÚS; RIBEIRO, 2015). Este parâmetro corresponde à média de todos os valores calculados ao longo do intervalo de tempo simulado. A E_{MA} também pode ser apresentada através das isocurvas, esta ferramenta expressa as Iluminâncias Médias Anuais espacialmente através de curvas que representam um mesmo valor em lux.

2.3.2.5 Uniformidade (U)

A NBR 8995 (ABNT, 2013a) especifica os requisitos de iluminação para ambientes de trabalho internos, na qual são definidos conceitos, índices e malha de cálculo. Entre os parâmetros de avaliação de desempenho da luz expostos pelo documento, destaca-se a Uniformidade (U). Esse indicador é expresso pela razão entre o valor mínimo (E_{min}) e o valor médio (E_m) e pode ser aplicado para estudos da luz natural ou artificial [Eq. 1]. A norma recomenda que sejam considerados satisfatórios os resultados acima de 0,7 (ou 70%) no plano de trabalho e os superiores a 0,5 (ou 50%) no entorno imediato. Para garantir maior conforto visual, destaca-se que as iluminâncias internas devem variar gradualmente, buscando manter a iluminação no plano de trabalho o mais uniforme possível.

$$U = \frac{E_{min}}{E_m} \cdot 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

- U: Uniformidade;
- E_{min} : Iluminância mínima;
- E_m : Iluminância média.

2.3 Conclusões do capítulo

Com base no referencial teórico conclui-se que a arquitetura bioclimática é uma das alternativas que auxiliam na atual necessidade de conservação de energia. Dentre suas recomendações para regiões de clima quente e úmido, destacou-se aqui a utilização das varandas, dispositivo que além de sombrear, atenua o ruído externo, permite a circulação dos ventos e filtra a iluminação natural. Observou-se que esta é comumente empregada em edificações residenciais, setor que se configura como uma das tipologias com maior potencial para o uso de sistemas passivos de condicionamento e iluminação. Quanto ao aproveitamento da luz natural na arquitetura, destacou-se que sua relevância não se associa apenas ao consumo energético, relacionando-se também à aspectos psicológicos e fisiológicos dos seres humanos.

Diversos autores apontam que, além de ser um relevante dispositivo de adequação climática no trópico úmido, a varanda também é imbuída de significados subjetivos para a população brasileira, visto que ao longo da história das habitações no Brasil este elemento manteve-se constante, marcando presença nos diferentes estilos arquitetônicos que se consolidaram no país, e perpetuando-se até a atualidade. Este espaço semiaberto está vinculado a nossa cultura material, refletindo nossos hábitos tradicionais de moradia. Ao longo dos anos, este dispositivo foi incorporado também nas edificações verticais assumindo diferente configurações quanto a posicionamento, características dos materiais, dimensionamentos, entre outros.

Ao longo desta pesquisa foram listados alguns estudos científicos recentes, nacionais e internacionais, que relacionam a varanda com o conforto ambiental, demonstrando a sua eficácia em diferentes condições climáticas. Portanto, mediante a atual necessidade de conservação energética, a sua relação com o conforto ambiental no trópico úmido e a sua relevância na cultura brasileira, a varanda foi escolhida como objeto de estudo desta pesquisa, que considera as características climáticas de Maceió/AL. A partir do entendimento da importância do aproveitamento adequado da iluminação natural, este trabalho se propõe a avaliar a influência deste elemento arquitetônico na iluminação natural de ambientes residenciais através de simulações computacionais.

3 METODOLOGIA

Para dar seguimento à investigação, utiliza-se simulações computacionais de um ambiente interno padrão, o aproveitamento da iluminação natural considerando 30 variações de varanda no que diz respeito à sua profundidade, à refletância de suas superfícies, ao material de peitoril e ao tipo de uso. Os modelos, definidos de acordo com as pesquisas realizadas por Carvalho (2010) e Dornelles e Roriz (2007), foram simulados no *software* TropLux (CABÚS, 2002), para os quais foram considerados os parâmetros de simulação propostos pela LM-83-12 (IES, 2012). Por fim, os resultados foram analisados de acordo com os conceitos: 1) da Autonomia da Luz Natural Espacial ($ALNe_{120/50\%}$) e da Exposição Solar Anual ($ESA_{1000-250h}$), propostos pela LM-83-12 (IES, 2012); 2) da Variação da Iluminância Média Anual (ΔE_{MA}); e 3) da Uniformidade (U), especificada pela NBR 8995 (2013a).

3.1 Modelos de referência

Para este estudo, foram definidos dois modelos de referência, os quais foram utilizados como parâmetro de comparação para as demais geometrias. Suas características foram traçadas a partir de levantamento e análises realizados por Carvalho (2010) sobre varandas em edifícios verticais residenciais em Maceió/AL (vide tópico 2.2.2, p.46). Para a definição dos modelos de referência, foram selecionadas as características mais usuais desse dispositivo segundo o levantamento da autora, dando-se preferência às propriedades que provavelmente possibilitariam o maior aproveitamento de luz natural.

Dessa maneira, foi definido que o ambiente interno dos modelos de referência possui 27,00m² de área distribuídos em uma planta em formato de “L”, com pé direito igual a 2,60m. A única abertura existente é uma porta de correr com 3,00m de largura e 2,10m de altura, cujo fechamento é feito com vidro simples. A varanda compreende a largura total de uma das superfícies externas do modelo, com 3,00 m de largura, 1,05m de profundidade e pé direito rebaixado igual a 2,20m (Figura 29 e 30). A única diferença entre os modelos de referência é o material do peitoril, sendo o primeiro feito em vidro simples, denominado de modelo de referência 1, e segundo de alvenaria, nomeado de modelo de referência 2. Em ambos, este dispositivo

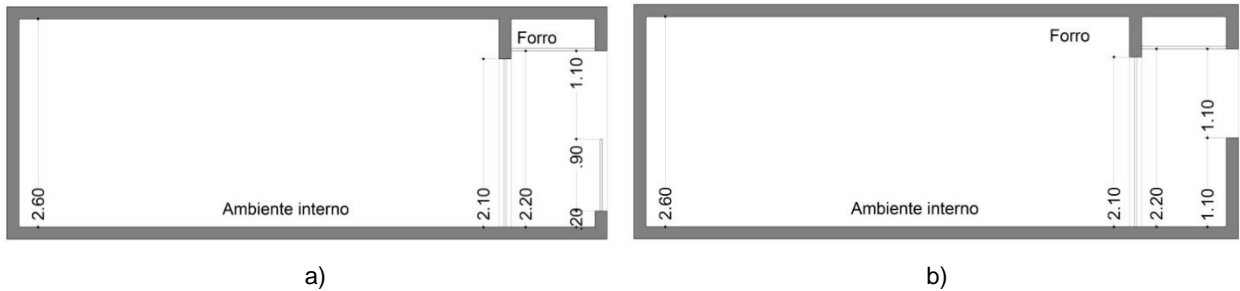
possui 1,10m de altura, o que resulta em uma abertura externa de 1,10m de altura para a captação de luz natural (Figura 31).

Figura 29: Planta baixa do modelo de referência 2, em metros.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 30: Corte AA', em metros: a) modelo de referência 1; e b) modelo de referência 2.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 31: Volumetria dos modelos de referência: a) modelo de referência 1; e b) modelo de referência 2.



Fonte: Autora, 2018.

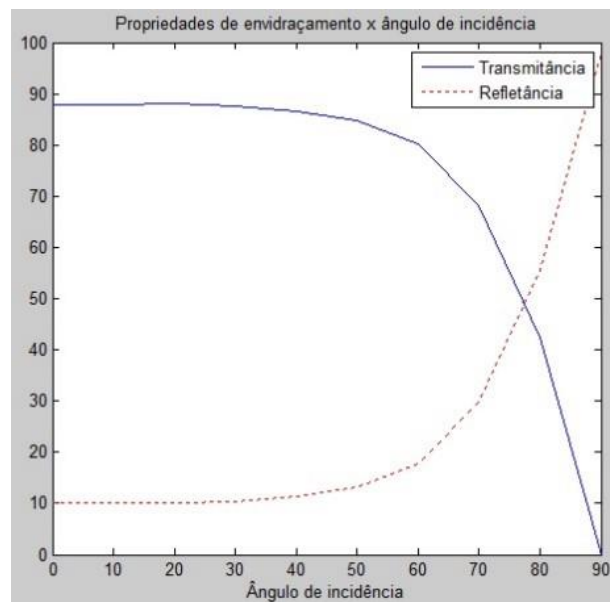
As refletâncias dos materiais utilizados nos modelos de referência foram baseadas nos estudos de Dornelles e Roriz (2007), descritas na Tabela 3. Para as paredes e teto foi escolhida a cor branca por sua elevada capacidade de refletância – objetivou-se maximizar o aproveitamento da luz natural. Para o piso, foi considerado que é sobre esta superfície que ficam acomodados os móveis, de modo que ele pode apresentar características de cores e materiais diversas. Desse modo, com o objetivo de contemplar a interferência do mobiliário na refletância final do piso, optou-se por utilizar um valor intermediário. Por fim, o fechamento transparente da abertura possui a configuração padrão do TropLux (CABÚS, 2002) para vidro simples, cujas características de transmitância e refletância estão ilustradas na Figura 32.

Tabela 3: Refletâncias difusas das superfícies dos modelos de referência.

Superfície	Refletância Difusa
Piso	30%
Paredes	85%
Teto	85%

Fonte: Autora, 2018.

Figura 32: Propriedades de refletância e transmitância do vidro padrão do TropLux (CABÚS, 2002).



Fonte: Cabús, 2015.

É válido destacar que este estudo objetiva avaliar a influência da varanda no desempenho luminoso de um ambiente residencial, com ênfase no objeto isolado. Na configuração proposta, o dispositivo arquitetônico encontra-se exposto à luz natural sem interferências de variáveis externas, tais como elementos geográficos e edificações. Entende-se que dessa maneira os

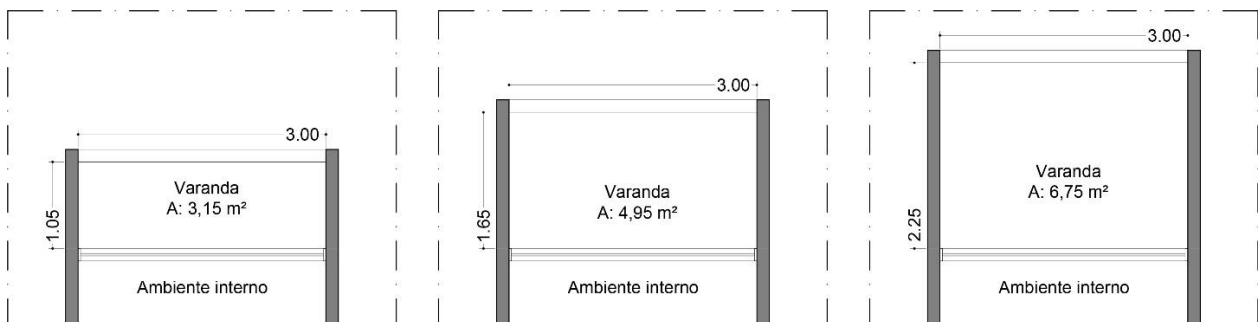
resultados obtidos trarão informações referentes unicamente à varanda, tornando possível a avaliação da sua interferência no aproveitamento da luz do dia no ambiente interno.

3.2 A varanda: definição das variáveis

Para a realização das simulações computacionais e análises, foram criados dois grupos de estudo definidos de acordo com o objetivo de pesquisa que se destinam a atender: Grupo A e Grupo B. Do grupo A, pretende-se analisar a interferência da tipologia do peitoril na iluminação natural do ambiente interno. Considera-se como variáveis a profundidade da varanda, a refletância de suas superfícies internas e o tipo de peitoril. Com o grupo B, busca-se estimar a influência da incorporação da varanda ao ambiente interno na luz do dia. Emprega-se como variáveis nos modelos a profundidade da varanda, o modelo do peitoril e o tipo de uso do ambiente.

As variáveis da varanda também foram definidas de acordo com os estudos de Carvalho (2010). Assim, para ambos os grupos, a varanda deve seguir o mesmo padrão definido para os modelos de referência quanto à largura (3,00m) e altura (2,20m). No entanto, foram ser consideradas três variações de profundidade: 1,05m, 1,65m e 2,25m (Figura 33).

Figura 33: Variações da profundidade da varanda, em metros.



Fonte: Autora, 2018.

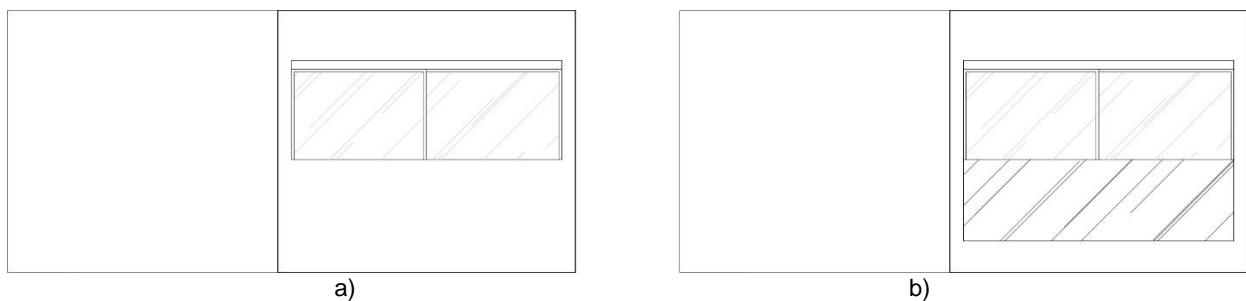
A partir do revisão e bibliográfica e de observações in loco, constatou-se que em Maceió o revestimento interno das varandas de apartamentos comumente é feito com o mesmo material utilizado no exterior da edificação – geralmente em granito, tinta ou azulejo cerâmico. Observa-se também que existe variação na paleta de cores empregada nas fachadas das edificações verticais residenciais, em que é possível encontrar desde as mais claras até os escuras, utilizadas

apesar das ressalvas associadas ao conforto térmico⁵ (ver tópico 2.2.2, p.46). Dessa maneira, foi proposto que as varandas dos modelos em estudo possuísem superfícies internas revestidas com cerâmica, considerando três variações de refletâncias difusas: 85%, 45% e 5%.

A alternância do tipo de peitoril também será abordada nas análises. Este elemento foi simulado com altura de 1,10m, considerando dois tipos de fechamento: 1) de vidro simples; e 2) de alvenaria (Figura 34).

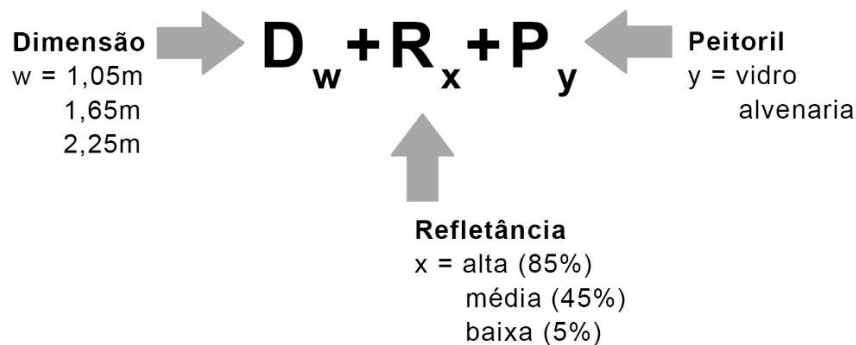
Para cada modelo criado a partir destas variáveis foi escolhida uma nomenclatura definida a partir da premissa de facilitar sua associação com as características dos modelos, como esclarece a Figura 35. Como resultado desse conjunto de variáveis, o grupo A apresenta o total de 18 modelos de estudo. A Tabela 4 sintetiza as características das geometrias. $D_{1.05}+R_{alta}+P_{vidro}$ e $D_{1.05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$, são os modelos de referência 1 e 2, respectivamente.

Figura 34: Vista frontal dos modelos: a) Peitoril de vidro simples; e b) peitoril de alvenaria.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 35: Esquema explicativo da nomenclatura dos modelos do grupo A.



Fonte: Autora, 2018.

⁵ “Um material escuro absorverá a maior parte da radiação incidente enquanto que um material claro absorverá menos. A parcela da radiação solar absorvida por certo material o aquecerá o mesmo e será parcialmente reemitida para fora e parcialmente emitida para dentro” (LAMBERTS et al, 2013, p. 209). Sendo assim, uma das estratégias bioclimáticas para regiões de clima quente e úmido é evitar o uso de cores escuras na fachada.

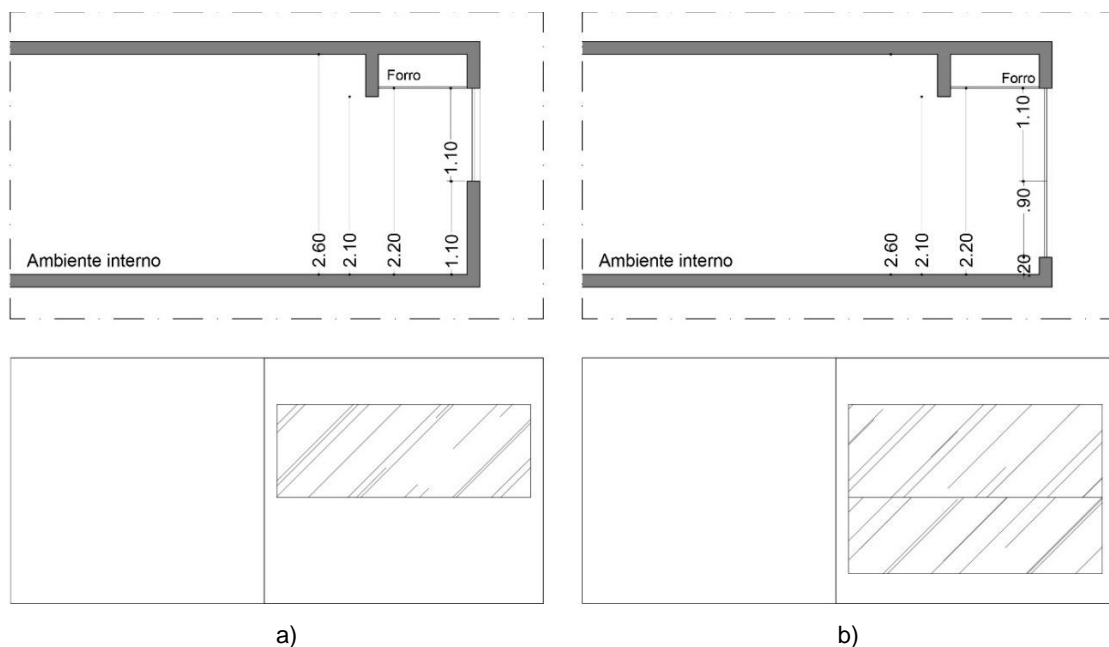
Tabela 4: Síntese das variações dos modelos de varanda do grupo A em metros.

Profundidade	Refletância difusa	Tipo de peitoril	Nome
1,05m	85%	vidro	modelo de referência 1 $D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}$
		alvenaria	modelo de referência 2 $D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$
	45%	vidro	$D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro}$
		alvenaria	$D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$
	5%	vidro	$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$
		alvenaria	$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$
1,65m	85%	vidro	$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$
		alvenaria	$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$
	45%	vidro	$D_{1,65}+R_{média}+P_{vidro}$
		alvenaria	$D_{1,65}+R_{média}+P_{alvenaria}$
	5%	vidro	$P_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$
		alvenaria	$D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$
2,25m	85%	vidro	$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$
		alvenaria	$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$
	45%	vidro	$D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$
		alvenaria	$D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$
	5%	vidro	$D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$
		alvenaria	$D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$

Fonte: Autora, 2018.

Para o grupo B, foram consideradas duas situações da varanda com relação ao seu uso, sendo: 1) varanda em sua configuração habitual (H) (Figuras 31 e 34); e 2) varanda incorporada à sala com fechamento, ou seja, varanda integrada ao ambiente interno (sem esquadria como divisória) e com abertura externa fechada com vidro simples (I) (Figura 36).

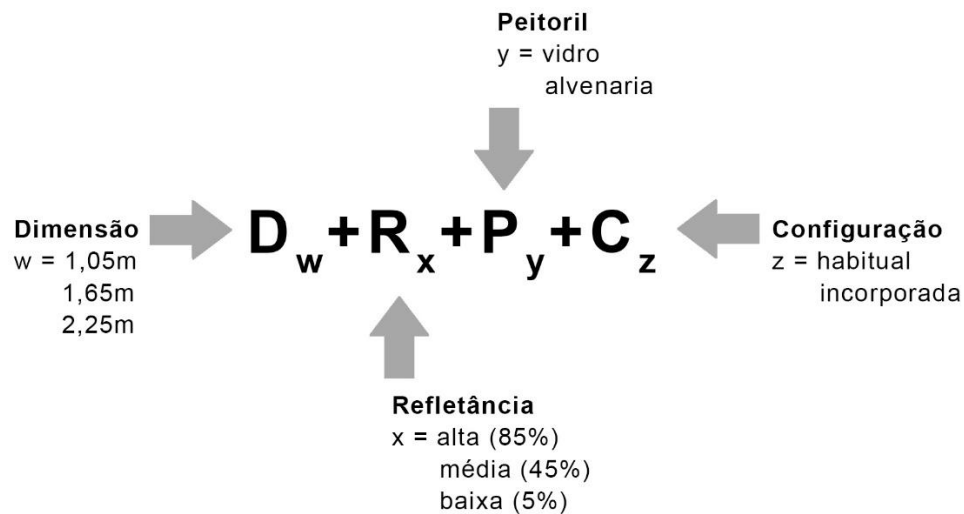
Figura 36: Corte e vista frontal dos modelos com varanda incorporada ao ambiente interno, em metros: a) com peitoril de alvenaria; e b) com peitoril de vidro simples.



Fonte: Autora, 2018.

As demais variáveis dos modelos do grupo B foram traçadas de acordo com as características definidas para o grupo A, tendo sido consideradas as mesmas profundidades da varanda (1,05m, 1,65m e 2,25m) e os dois materiais no peitoril (alvenaria e vidro) com altura igual a 1,10m. Nesse grupo, as refletâncias das superfícies dos ambientes interno e externo serão encaradas como um parâmetro fixo, configuradas de acordo com a Tabela 3. Neste grupo, cada modelo recebeu uma nomenclatura que sintetiza suas características, como esclarece a Figura 37. Como resultado, o grupo B possui doze modelos de estudos, sintetizados na Tabela 5.

Figura 37: Esquema explicativo da nomenclatura dos modelos do grupo B.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 5: Síntese das variações dos modelos de varanda do grupo B em metros.

Profundidade	Uso	Tipo de peitoril	Nome
1,05m	H	vidro	D _{1,05} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual}
		alvenaria	D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{habitual}
	I	vidro	D _{1,05} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}
		alvenaria	D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{incorporada}
1,65m	H	vidro	D _{1,65} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual}
		alvenaria	D _{1,65} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{habitual}
	I	vidro	D _{1,65} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}
		alvenaria	D _{1,65} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{incorporada}
2,25m	H	vidro	D _{2,25} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual}
		alvenaria	D _{2,25} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{habitual}
	I	vidro	D _{2,25} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}
		alvenaria	D _{2,25} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{incorporada}

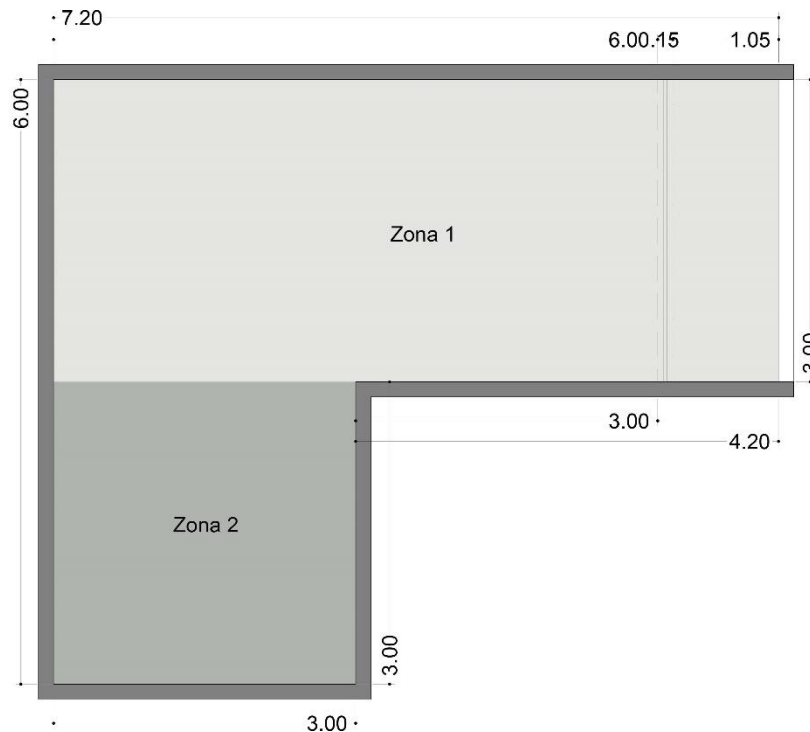
Fonte: Autora, 2018.

3.3 Elaboração dos modelos

Para a criação do modelo de referência 2 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$) no programa TropLux (CABÚS, 2002) foi preciso dividi-lo em duas zonas: zona 01, que abrange a varanda e área da sala que fica de frente para a janela; e zona 02, correspondente à região isolada, com limitações para visualização da abertura (Figura 38).

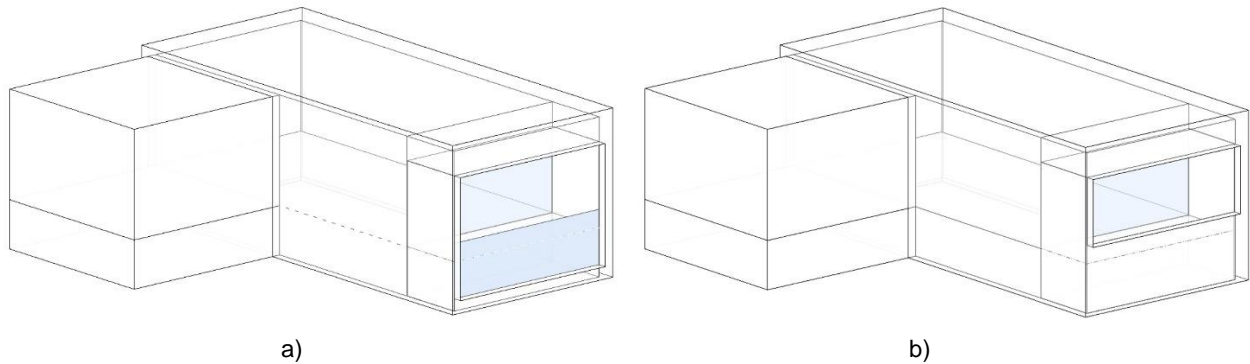
Inicialmente, foi gerada uma sala retangular de 7,20mx3,00m (Zona 1). Para acrescentar a Zona 2, foi criada uma abertura de 3,00mx2,60m sem fechamento no local da superfície em que essa área se encaixa e, em seguida, foram gerados individualmente os planos que formam as paredes, teto e piso. Depois, foi criada a abertura da varanda, também sem fechamento. A esquadria que divide os ambientes (sala e varanda) foi gerada com as características de um vidro comum para, ao final, serem configuradas as características dos materiais (Figura 39). Todos os demais modelos foram criados seguindo a mesma lógica, com adaptações às suas particularidades quanto às dimensões, às refletâncias, ao tipo de peitoril e à existência ou ausência de esquadria.

Figura 38: Planta esquemática das zonas de modelagem.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 39: Perspectivas geradas pelo programa TropLux: a) modelo de referência 1; e b) modelo de referência 2.

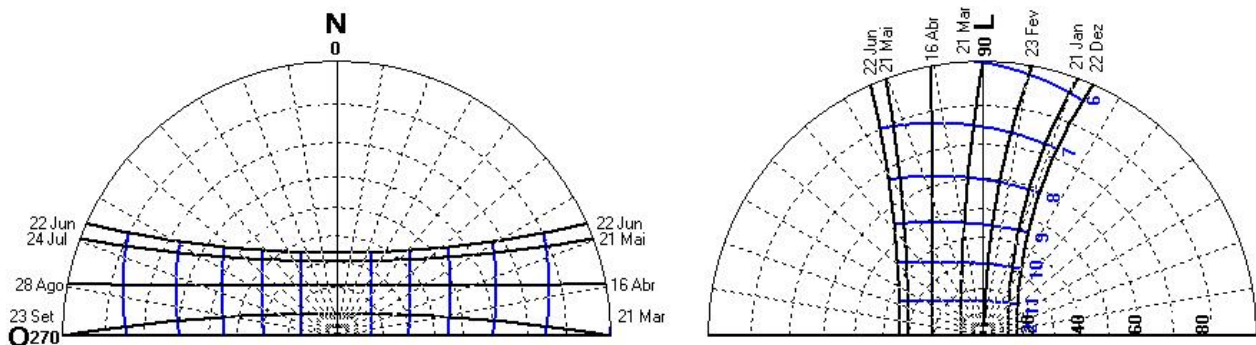


Fonte: Autora, 2018.

3.4 Parâmetros de simulação computacional

Após a definição das características das geometrias em análise, foram determinados os parâmetros a serem considerados nas simulações. Para este estudo, são utilizadas as características climáticas de Maceió, por isso, foi considerado o céu de Distribuição Dinâmica de Luminância do TropLux (CABÚS, 2002). Ele foi escolhido por apresentar comportamento compatível ao da realidade local, uma vez que foi criado a partir do estudo da probabilidade de ocorrência dos tipos de céu da cidade, realizado por Cabús (2002). A escolha das orientações a serem analisadas foi baseada no estudo da trajetória solar aparente. A partir disso, foi selecionada a fachada leste (azimutes 270°) – devido ao seu padrão perpendicular de incidência solar – e a norte (azimute 0°) – em razão da incidência solar paralela característica desta orientação, a qual ocorre em maior intervalo de tempo em relação a sul (Figura 40).

Figura 40: Carta solar: a) orientação norte; e b) orientação leste.



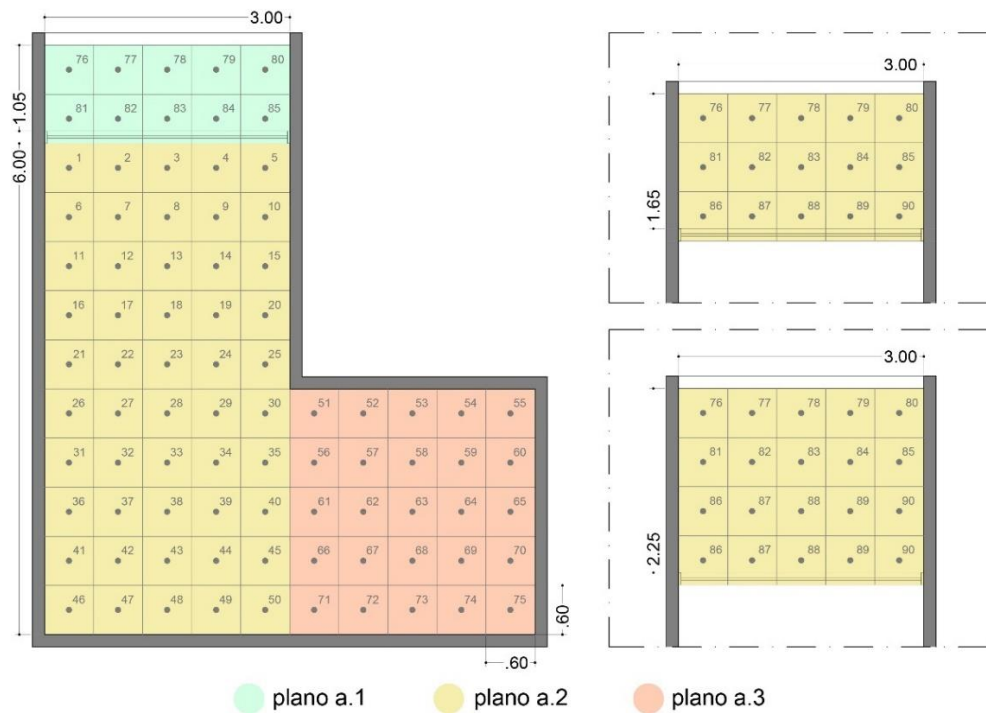
Fonte: Autora, 2018.

A malha para medição das iluminâncias foi definida de acordo com a LM-83-12 (IES, 2012), que recomenda dimensão igual a 0,60mx0,60m disposta em um plano de trabalho imaginário a 0,80m do piso. Foram criadas diferentes configurações de planos para cada grupo de análise, definidos de acordo com os objetivos que se destinam a atender e a morfologia dos modelos. No grupo A foram considerados três planos distintos, quais sejam: o plano a.1, que abrange unicamente a área externa da varanda, com 10, 15 ou 20 pontos (a depender da profundidade do dispositivo); o plano a.2, correspondente à parcela do ambiente interno com visibilidade direta do exterior, com 50 pontos; e o plano a.3, equivalente a zona isolada da sala, abrangendo 25 pontos (Figura 41). No grupo B, o plano b.1 se espalha pela varanda e na parcela frontal do ambiente interno, e possui 60, 65 ou 75 pontos que variam de acordo com a profundidade da varanda, e o plano b.2 abrange a porção afastada, composto por 25 pontos de medição (Figura 42). No total, tanto no grupo A quanto no grupo B, foram simulados 85 pontos para os modelos com varanda de 1,05 m de profundidade, 90 para aquelas com 1,65 m de profundidade e 95 pontos para o ambiente com 2,25m.

De acordo com o que é determinado pela LM-83-12 (IES, 2012), o *Typical Meteorological Year* (TMY) organiza os dados horários do clima considerando as médias dos resultados com dados centrados na meia hora. Por exemplo, às 9 horas da manhã de um determinado dia corresponde à média das medições entre o período das 8h às 9h, em que a posição solar associada às 8h30 é considerada na aplicação das metodologias de avaliação da iluminação natural proposta pela LM-83-12 (IES, 2012). Assim, as simulações foram realizadas para todos os dias do ano durante 10 horas diárias correspondentes ao intervalo entre 8h30 e 17h30, o que resultou em 3650 horas de simulação anualizada. Destaca-se que, para esta pesquisa, a recomendação da norma de utilizar o TMY precisou ser adaptada ao padrão do TropLux (CABÚS, 2002), que utiliza os céus da CIE⁶ em suas simulações.

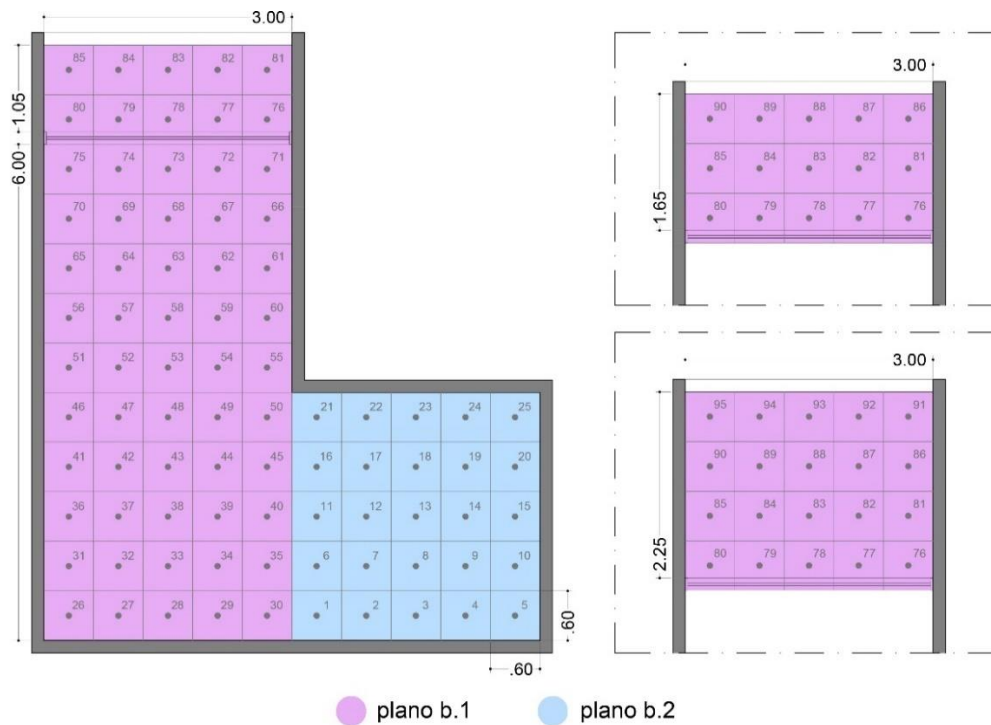
⁶ A CIE definiu 16 modelos de céu para representar e classificar suas variações. Através destes modelos pode-se obter a luminância do zênite e do horizonte (CIE, 2003).

Figura 41: Plantas que ilustram os pontos de medição centralizados na malha dos planos imaginários contidos nos modelos de simulação do grupo A.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 42: Plantas que ilustram os pontos de medição centralizados na malha dos planos imaginários contidos nos modelos de simulação do grupo B.



Fonte: Autora, 2018.

A tabela 6 sintetiza as configurações de processamento definidas para a realização da pesquisa:

Tabela 6: Configurações de processamento das iluminâncias utilizadas para a realização das simulações.

Cidade	Maceió – AL
Malha	0,60m x 0,60m
Plano de trabalho	0,80m
Tipos de céu	Distribuição Dinâmica de Luminância
Orientação	Leste e norte
Dias	Todos
Horas do dia	8h30 às 17h30
Hora (modo)	Legal
Unidade de iluminância	Lux
Método do Ehd	IES (<i>Illuminating Engineering Society</i>)

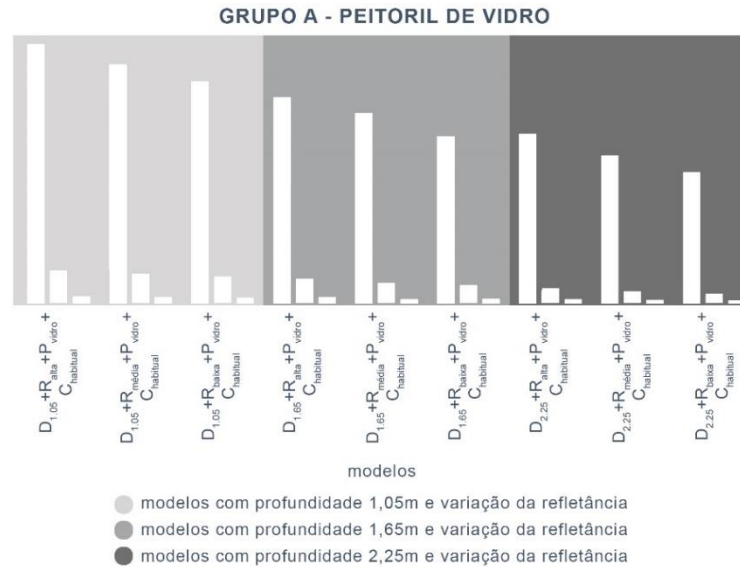
Fonte: a autora, 2018.

3.5 Apresentação e análise dos resultados

Os resultados obtidos para cada um dos indicadores analisados neste estudo foram expressos em gráficos e tabelas. Com o objetivo de garantir maior clareza das análises, os modelos de cada grupo foram divididos em dois subgrupos: 1) geometrias com peitoril de vidro; e 2) geometrias com peitoril de alvenaria. Sendo assim, as análises da influência da variação da profundidade e da refletância foram realizadas separadamente para cada subgrupo, os quais posteriormente foram comparados entre si a fim de identificar as diferenças no aproveitamento da iluminação natural obtidas com a mudança de peitoril.

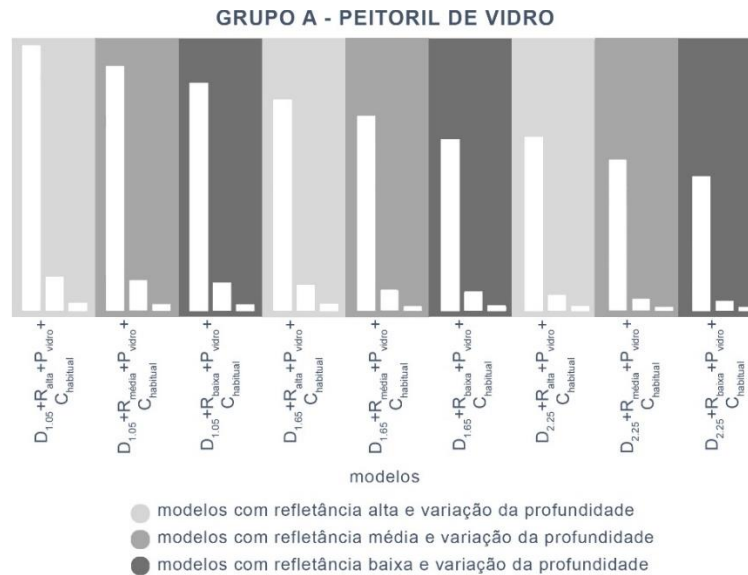
Ademais, para a análise de cada variável é preciso fazer diferentes cruzamentos entre os modelos dos subgrupos. As figuras a seguir trazem esquemas ilustrativos dos resultados que demonstram, através de manchas coloridas, como interpretar as análises do grupo A apresentadas no próximo capítulo. Para analisar a influência da refletância em uma dada profundidade, foi necessário comparar os modelos conforme elucidado na Figura 43. E para avaliar a interferência unicamente da variação da profundidade considerando a refletância fixa, a análise foi feita de acordo com a Figura 44. As tabelas, apresentadas ao longo das análises dos gráficos, trazem as porcentagens da variação entre o maior e o menor resultados alcançados dentre os modelos.

Figura 43: Esquema ilustrando os subgrupos de análises da influência da refletância da varanda no grupo A.



Fonte: Autora, 2018.

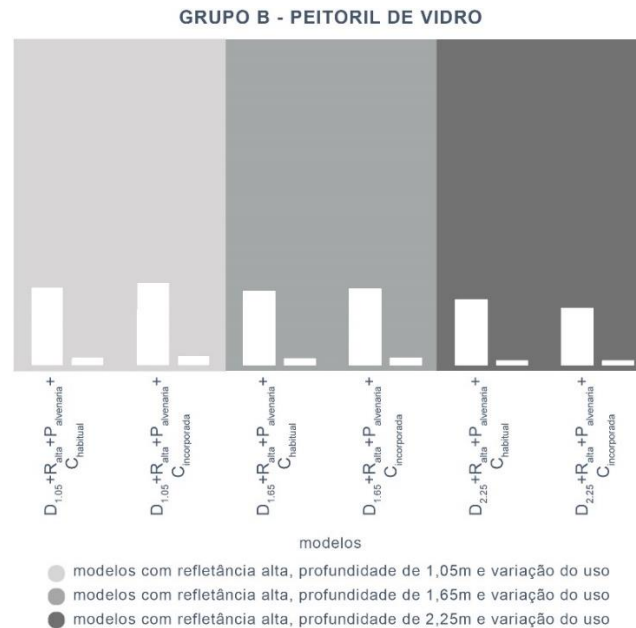
Figura 44: Esquema ilustrando os subgrupos de análise da influência da profundidade da varanda no grupo A.



Fonte: Autora, 2018.

Para as análises do grupo B, que objetiva investigar a influência de incorporar a varanda ao ambiente interno, é preciso comparar os modelos em pares, conforme ilustrado na Figura 45. Nesta seção, as tabelas demonstram as porcentagens da variação alcançada entre as duplas, bem como, trazem as variações dos modelos que obtiveram os maiores resultados em relação às demais geometrias.

Figura 45: Esquema ilustrando os subgrupos de análise da influência da incorporação da varanda no grupo B.



Fonte: Autora, 2018.

Os resultados deste estudo, obtidos através de simulação computacional no *software* TropLux (CABÚS, 2002), expressam as condições de iluminação natural no ambiente modelo a partir da influência das variáveis preestabelecidas. As análises foram realizadas com a intenção de quantificar a influência das características arquitetônicas na luz do dia em salas com varanda, expressando os seus resultados de acordo com os conceitos de Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe) e a Exposição Solar Anual (ESA), introduzidos pela LM-83-12 (IES, 2012), também da Iluminância Média Anual (E_{MA}), e de Uniformidade (U), especificada pela NBR 8995 (ABNT, 2013a).

A partir das análises das preferências dos usuários em relação à luz natural em escritórios, salas de aula, salas de reunião, bibliotecas e *lobbies* públicos, a LM-83-12 (IES, 2012) recomenda que 300lx devam ser usados como parâmetro mínimo da Autonomia da Luz Natural Espacial. No entanto, os autores da metodologia destacam que a luz do dia oscila ao longo das horas e das estações, variando de zero a algum valor máximo, o que torna possível a qualquer valor dentro desse intervalo ser usado para descrever o aproveitamento da luz natural ao longo do tempo. Dito isso, neste estudo optou-se por considerar o valor de 120lx recomendado para sala de estar pela NBR 15575 (ABNT, 2013b), a qual define os níveis gerais de iluminância nas diferentes dependências das construções habitacionais. Assim, esta pesquisa buscou detectar a influência das variáveis na performance de iluminação natural, considerando as três classificações de desempenho da $ALNe_{120,50\%}$ estabelecidas pela LM-83-12 (IES, 2012), quais sejam:

- espaços insuficientemente iluminados pela luz do dia quando a $ALNe_{120,50\%}$ é inferior a 55% das horas simuladas;
- espaços com aproveitamento da luz natural aceitável quando a $ALNe_{120,50\%}$ é igual ou superior a 55% e abaixo de 75% das horas em estudo;
- espaços com condição de iluminação favorável quando a $ALNe_{120,50\%}$ é igual ou superior a 75% das horas.

Para a $ESA_{1000,250h}$ foi estabelecido, a partir do que recomenda a LM-83-12 (IES, 2012), que valores acima de 1.000lx durante 250 horas são considerados o limite aceitável de luz solar direta em determinado ponto de medição. Qualquer intervalo acima desse indicador aponta que há probabilidade de que os ocupantes dessa área venham a sofrer algum tipo de desconforto devido à reflexão ou ao contraste excessivo. As análises foram feitas de acordo com as três classificações propostas pela IES, sendo:

- insatisfatório, quando a $ESA_{1000,250h}$ for superior a 10% das horas em estudo;
- neutro, quando a $ESA_{1000,250h}$ for abaixo de 7% das horas simuladas;
- aceitável, quando a $ESA_{1000,250h}$ for abaixo de 3% das horas.

A Iluminância Média Anual (E_{MA}) foi utilizada para comparar o aproveitamento luminoso entre os modelos. Esse parâmetro consiste em um único número capaz de expressar o aproveitamento da luz natural do modelo, sendo equivalente à média global de todas as iluminâncias estimadas nas horas simuladas para todos os pontos de medição. Nas avaliações da E_{MA} , além das iluminâncias médias globais, também foram analisadas as iluminâncias provenientes da componente direta (CD) e componente refletida (CR). Também foi estudada a Uniformidade (U) que, segundo a NBR 8995 (ABNT, 2013a), representa a razão entre o valor mínimo e o valor médio da iluminância no plano considerado.

No estudo, foram realizadas e expressas em tabelas diversas comparações entre os modelos. Para a análise dos parâmetros, foi calculada a variação de Iluminância Média Anual e da Uniformidade de um modelo com maior resultado em relação a outro com valor inferior. Esta porcentagem foi calculada a partir das equações 2 e 3:

$$\Delta E_{MA} = \frac{E_{MA1} - E_{MA2}}{E_{MA1}} \cdot 100\% \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

- ΔE_{MA} : variação da E_{MA} ;
- E_{MA1} : modelo com maior resultado da E_{MA} ;
- E_{MA2} : modelo com menor resultado da E_{MA} .

$$\Delta U = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \cdot 100\% \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

- ΔU : variação da U;
- U_1 : modelo com maior resultado da U;
- U_2 : modelo com menor resultado da U.

3.6 Conclusões do capítulo

A metodologia descrita resultou no total de 30 modelos divididos em 2 grupos de análise, os quais foram definidos a fim de atender aos objetivos específicos deste trabalho. Para a realização desta pesquisa foi necessário efetuar 78 simulações computacionais, visto que cada plano deve ser simulado separadamente (18 modelos com 3 planos e 12 modelos com 2 planos). Com a finalização das simulações no *software* TropLux (CABÚS, 2002), seguiu-se para a etapa seguinte, de coleta, organização e análise dos dados.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Apresenta-se os resultados e as análises dos dados obtidos através de simulações computacionais em duas partes, definidas de acordo com os objetivos específicos que busca-se atender nessa pesquisa. No tópico 4.1, foi abordada a influência do tipo de peitoril na iluminação dos modelos frente a diversas variáveis. E no tópico 4.2, manteve-se o foco na avaliação da interferência da mudança de uso da varanda. Primeiramente foram discutidos os resultados estimados para a orientação leste para, em seguida, expor os dados relativos ao norte.

4.1 A INFLUÊNCIA DO PEITORIL NO APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO NATURAL

4.1.1 Resultados para a orientação leste

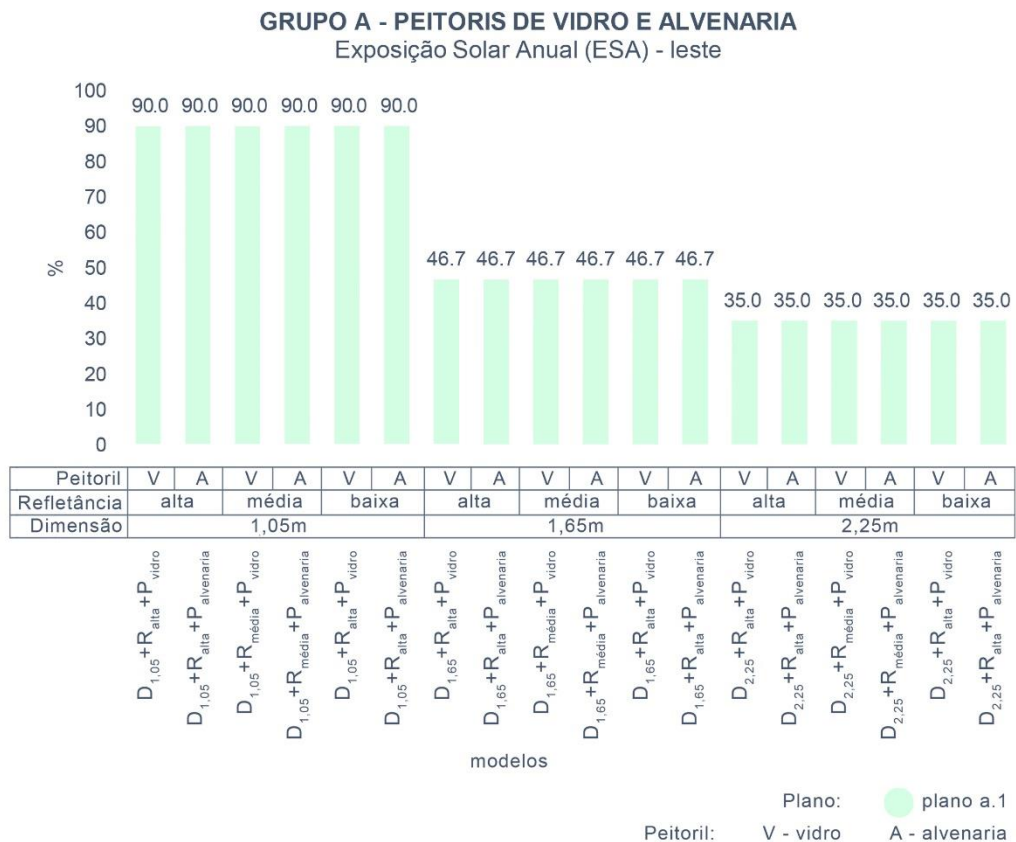
4.1.1.1 Autonomia da Luz Natural Espacial ($ALNe_{120,50\%}$)

Em todos os planos e todos os modelos a Autonomia da Luz Natural Espacial foi igual a 100%. Este resultado indica que, em todas as situações, as iluminâncias atingiram o valor mínimo de 120lx em 50% da área do plano durante o total de horas simuladas, desempenho classificado como “favorável” pela LM-83-12 (IES, 2012). Sendo assim, observa-se que as variações das características varanda não interferiram nos resultados. Destaca-se que os resultados satisfatórios detectados estão associados à elevada disponibilidade de luz natural característica dos trópicos – a qual garante considerável exposição à radiação solar nas superfícies – e ao tipo de uso do ambiente em estudo, que não necessita de elevados índices de iluminâncias para garantir iluminação natural adequada no interior. Outras questões que influenciam nos resultados estão associadas com a relação da dimensão da abertura e a profundidade do ambiente, bem como, a inexistência de obstrução externa.

4.1.1.2 Exposição Solar Anual (ESA_{1000,250h})

Para esta análise é importante atentar que os 18 modelos em estudo podem ser divididos em três grupos com seis geometrias que partilham de uma mesma dimensão de varanda. Destaca-se que existem modelos com variações quanto ao material do peitoril e à refletância das superfícies. No entanto, a profundidade da varanda é mantida constante. Esta informação é relevante para a análise da Exposição Solar Anual, uma vez que este indicador se relaciona unicamente com o sombreamento externo do ambiente. Os resultados da ESA_{1000,250h} obtidos para o plano a.1 (que abrange a varanda) confirmam essa afirmação, visto que nenhuma das outras variáveis interferiram nos resultados para uma mesma profundidade (Gráfico 3).

Gráfico 3: ESA do plano a.1 dos modelos com peitoris de vidro e alvenaria do grupo A para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

No plano a.1 todos os modelos apresentaram desempenho insatisfatório. Dentre os que apresentam varanda com 1,05m, seja para peitoril de vidro ou de alvenaria, obteve Exposição Solar Anual igual a 90%. Como a ESA_{1000,250h} corresponde à expressão dos valores estimados que ultrapassam 1.000lx durante o limite de 250h, este resultado fixa que durante 90% das horas

simuladas há a possibilidade de que a iluminação natural direta provoque desconforto. Quanto as outras profundidades de varanda para o plano a.1, constatou-se que o conjunto com profundidade igual a 1,65m obteve $ESA_{1000,250h}$ igual a 46,7%, enquanto que os modelos com 2,25m atingiram 35%. O aumento da dimensão da varanda de 1,05m para 2,25m proporcionou o decréscimo máximo de 61,1% da $ESA_{1000,250h}$.

No plano a.2 a $ESA_{1000,250h}$ estimada foi igual a 0%, resultado classificado como aceitável. Este resultado satisfatório aconteceu devido à proteção solar proporcionada pela varanda que, mesmo nas situações com menor profundidade (1,05m), não permite índices de iluminância acima de 1.000lx durante mais do que 250h no ambiente interno. Para o plano a.3, também foi alcançada $ESA_{1000,250h}$ igual a 0%, este valor está associado ao seu posicionamento recolhido na planta do ambiente, que limita o contato visual direto deste setor com o exterior restringindo o alcance da radiação solar direta.

4.1.1.3 Iluminância Média Anual (E_{MA})

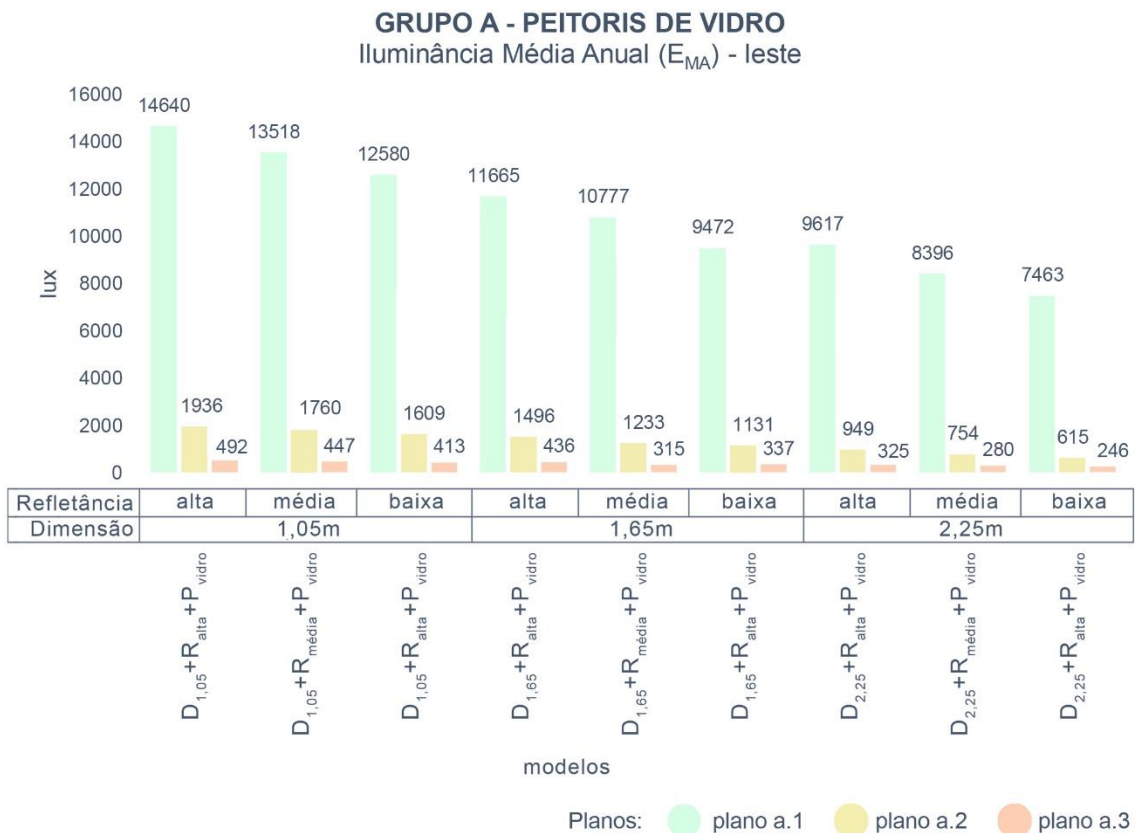
Modelos com peitoril de vidro

As simulações demonstraram que as Iluminâncias Médias Anuais do modelo de referência 1 ($D_{1,05} + R_{alta} + P_{vidro}$) foram os que atingiram os maiores resultados em relação as outras geometrias com peitoris de vidro (Gráfico 4). Constatou-se que na área correspondente ao plano a.1 foi alcançado 14.640lx, no recorte do plano a.2 foram estimados 1.936lx, enquanto que no plano a.3 se obteve 492lx. Estes resultados estão relacionados a exposição à radiação solar direta – responsável por garantir os maiores valores da E_{MA} nas áreas próximas às aberturas externas – e à visibilidade da abóbada celeste, visto que limitá-la em algum setor do ambiente interno resulta na exclusão da componente direta (CD). Quando isso acontece, a iluminação da zona passa a ser garantida majoritariamente pela parcela de radiação luminosa proveniente das reflexões internas, como é demonstrado no “Apêndice A”.

Em outra comparação, ao se manter a refletância da varanda como variável, observa-se que no plano a.1 ocorrem decréscimos consideráveis das iluminâncias relacionadas com a diminuição da refletância. Os valores demonstram que nos ambientes com profundidade da varanda igual a 1,05m a diferença máxima foi de 14,1%, detectada entre os modelos com alta

(85%) e baixa (5%) refletância. Nas geometrias com 1,65m a maior variação foi equivalente a 18,8%, enquanto nas que possuem dimensão de 2,25m a mudança foi de 22,4%. No plano a.2, nos modelos com varanda igual a 1,05m a mudança da refletância corresponde à redução máxima de 16,9% e, nos que possuem profundidade de 1,65m, a perda se manteve igual 24,4%. Naqueles em que foram considerados 2,05m, a variação foi de 35,2%. Para o plano a.3, as alterações máximas se mantiveram em 16,1% para os modelos com varanda de 1,05m, 22,7% nas geometrias com 1,65m, e 24,3% para as com 2,25m (Tabela 7).

Gráfico 4: E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 7: Variação entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação leste.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação da refletância – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05+R_{alta}+P_{vidro}} : D_{1,05+R_{baixa}+P_{vidro}}$	14,1%	16,9%	16,1%
$D_{1,65+R_{alta}+P_{vidro}} : D_{1,65+R_{baixa}+P_{vidro}}$	18,8%	24,4%	22,7%
$D_{2,25+R_{alta}+P_{vidro}} : D_{2,25+R_{baixa}+P_{vidro}}$	22,4%	35,2%	24,3%

Fonte: Autora, 2018.

Estes resultados demonstraram que a variação da refletância das superfícies internas da varanda resultou em diferenças de 14,1% a 35,2% na E_{MA} nas geometrias estudadas. O cálculo da diferença dos resultados entre os modelos de mesma profundidade demonstrou que, em todos os planos, as menores alterações em decorrência da mudança da coloração das paredes correspondem às geometrias de varanda com profundidade de 1,05m e as maiores às com profundidade 2,25m. Este comportamento indica que a escala da variação da E_{MA} correspondente à alternância da refletância cresce conforme a profundidade da varanda dos modelos aumenta. Isso acontece devido à redução da parcela de radiação direta ocasionada pelo aumento do dispositivo de proteção (neste caso, a varanda). Nesta situação, a parcela da iluminação refletida torna-se mais expressiva, sendo esta influenciada pela capacidade das superfícies de refleti-la.

Ao considerar a profundidade como variável, observou-se que, em todas as situações, os maiores resultados da E_{MA} foram referentes às varandas com 1,05m e os menores para os modelos com 2,25m (Gráfico 4). Sendo assim, para o plano a.1 dos modelos com refletância alta a variação máxima calculada foi de 34,3%, nas geometrias com refletância média foi 37,9% e nos ambientes com refletância baixa foi igual a 40,7%. No plano a.2, a diferença máxima foi de 51,0% para refletância alta, 57,2% para refletância média e 61,8% para refletância baixa. Já no plano a.3, as simulações estimaram que as maiores variações foram iguais a 33,9% para refletância alta, 37,4% para refletância média e 40,4% para refletância baixa (Tabela 8).

Tabela 8: Variação entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação leste.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação da profundidade – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
D _{1,05} +R _{alta} +P _{vidro} : D _{2,25} +R _{alta} +P _{vidro}	34,3%	51,0%	33,9%
D _{1,05} +R _{média} +P _{vidro} : D _{2,25} +R _{média} +P _{vidro}	37,9%	57,2%	37,4%
D _{1,05} +R _{baixa} +P _{vidro} : D _{2,25} +R _{baixa} +P _{vidro}	40,7%	61,8%	40,4%

Fonte: Autora, 2018.

A partir desta análise, conclui-se que a alteração da profundidade da varanda ocasionou uma variação entre 34,3% e 61,8% nos modelos considerados. O cálculo do decréscimo entre os resultados dos modelos com refletâncias constantes demonstrou que há diferença na escala da variação do plano a.2 em relação aos planos a.1 e a.3. Percebe-se que a mudança da dimensão da varanda exerce maior influência sobre a iluminação do plano a.2, graças à interferência que esta variável exerce sobre a componente direta. Também conclui-se que a escala da variação se eleva conforme a profundidade da varanda aumenta. Ao comparar as variações demonstradas

pelas Tabelas 7 e 8, observa-se que a dimensão da varanda resultou em maiores diferenças nos resultados da E_{MA} do que a alteração da refletância de suas superfícies internas em todos os planos.

Para a análise comparativa, foram calculadas as porcentagens de decréscimo de Iluminâncias Médias Anuais em relação ao modelo de referência 1, descritas na Tabela 9. As porcentagens demonstram que nenhuma geometria teve resultado igual ou superior ao estimado para a referência adotada em todos os planos e apresentou maior grau de perda conforme o modelo ganha em profundidade e perde em refletância. Sendo assim, as simulações revelaram que os menores decréscimos da E_{MA} foram obtidos pelas geometrias $D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro}$, $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$ e $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$ e os maiores nas $D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$ e $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$.

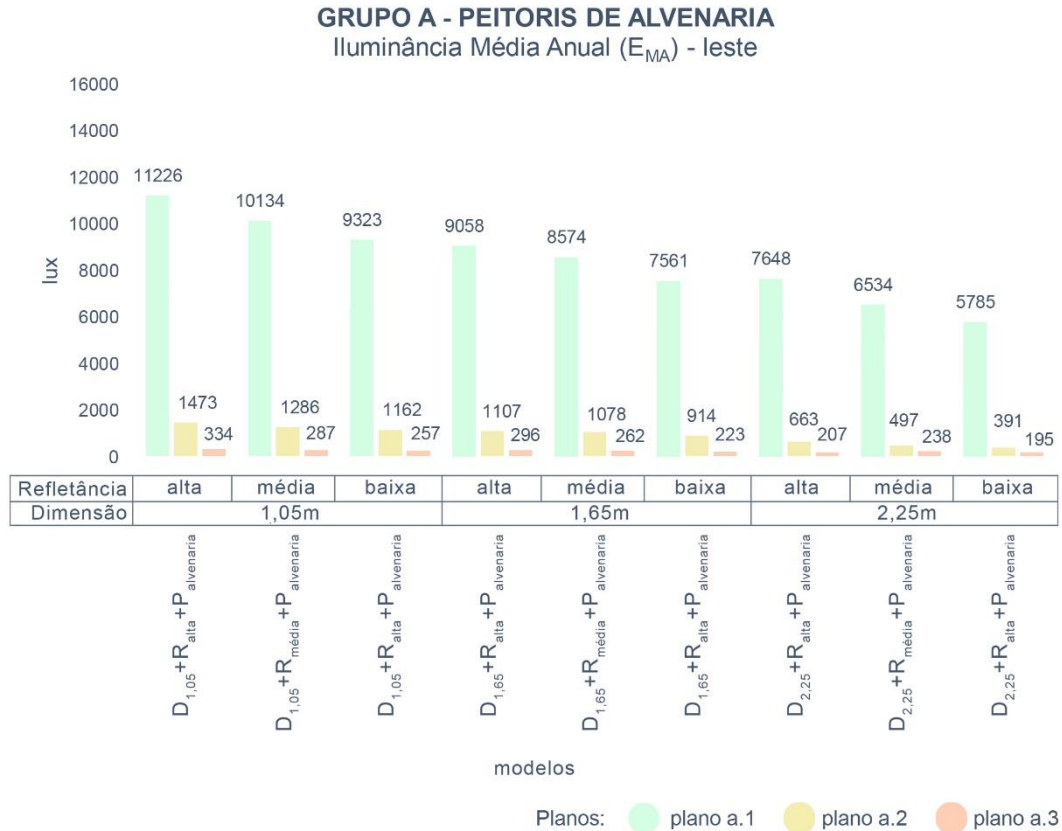
Tabela 9: Variação da E_{MA} em relação ao modelo de referência 1 do grupo A para orientação leste.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação em relação ao modelo de referência 1 – leste			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
modelo de referência 1 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}$)	-	-	-
modelo de referência 1 : $D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro}$	7,7%	9,1%	9,1%
modelo de referência 1 : $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	14,1%	16,9%	16,1%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$	20,3%	22,7%	11,4%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{média}+P_{vidro}$	26,4%	36,3%	36,0%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	35,3%	41,6%	31,5%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	34,3%	51,0%	33,9%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$	42,7%	61,1%	43,1%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	49,0%	68,2%	50,0%

Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoris de alvenaria

Após a mudança do material do peitoril para alvenaria, observou-se que, na orientação leste, as Iluminâncias Médias Anuais de todos os modelos apresentam valores inferiores aos obtidos para os modelos analisados anteriormente e mantém a mesma desproporcionalidade nos resultados associada a exposição à radiação solar direta e a visibilidade de céu (de acordo com o descrito no “Apêndice A”). As simulações demonstram que o modelo de referência 2 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$) atingiu médias iguais a 11.226lx para o plano a.1, 1.473lx no plano a.2, enquanto que, no plano a.3 foram estimados apenas 334lx (Gráfico 5).

Gráfico 5: E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.

Fonte: Autora, 2018.

Ao variar-se unicamente a refletância das superfícies internas da varanda dos modelos com peitoril de alvenaria, no plano a.1 ocorrem decréscimos consideráveis das iluminâncias conforme a capacidade de reflexão das paredes diminui. Os resultados demonstram que nas geometrias com varanda de profundidade igual a 1,05m há uma diferença de 17,0%, nas que foram estudados com 1,65m a alteração foi equivalente a 16,5%, enquanto que, para as que possuem varanda igual a 2,25m obteve-se 24,2%. O mesmo acontece no plano a.2, nos modelos que possuem varanda de 1,05m redução foi de 21,1%, nas geometrias com 1,65m de profundidade a mudança foi equivalente a 17,4%, e nas que foram consideradas com 2,25m a variação foi de 41,0%. Para o plano a.3, os resultados foram de 23,1% para modelos com 1,05m, 24,7% nos de 1,65m e 5,8% nos simulados com 2,25m (Tabela 10).

Constatou-se que, nesta situação, alterar a refletância das superfícies internas da varanda resultou em uma variação considerável dos resultados da EMA, fixada no intervalo entre 5,8% e 41,0% nos modelos simulados. O decréscimo encontrado demonstrou que, em todos os planos, as maiores alterações em decorrência da mudança da cor das superfícies correspondem às varandas de 2,25m, enquanto as menores foram detectadas nas com 1,05m. Assim como visto

para os modelos com peitoril de vidro, esta progressão indica que a escala da variação resultante da alternância da refletância das superfícies aumenta conforme a comparamos com modelos de maior profundidade.

Tabela 10: Variação entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação leste.

Grupo A – peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação da refletância – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	17,0%	21,1%	23,1%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	16,5%	17,4%	24,7%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	24,2%	41,0%	5,8%

Fonte: Autora, 2018.

Ao se considerar a profundidade como variável, constatou-se que para todas as situações os maiores resultados da E_{MA} foram referentes as varandas com 1,05m e os menores para os modelos com 2,25m. O plano a.1 dos modelos com 85% de refletância obteve variação máxima de 31,9%, onde foi considerado 45% de refletância foi estimado 35,5% e para 5% de refletância foi atingido 37,9%. Para o plano a.2, a maior diferença foi igual a 55,0% para refletância alta, 51,4% para refletância média e 66,4% para refletância baixa. Enquanto que, no plano a.3 os resultados apontaram que as maiores variações foram de 38,0% nas geometrias com refletância alta, 17,1% nas com refletância média e 24,1% nas simuladas com refletância baixa (Tabela 11).

Tabela 11: Variação entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação leste.

Grupo A - peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação da profundidade – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1.05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2.25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	31,9%	55,0%	38,0%
$D_{1.05}+R_{média}+P_{alvenaria} : D_{2.25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	35,5%	61,4%	17,1%
$D_{1.05}+R_{baixa}+P_{alvenaria} : D_{2.25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	37,9%	66,4%	24,1%

Fonte: Autora, 2018.

Nesta situação, o aumento da profundidade da varanda resultou na redução da E_{MA} , dentro do intervalo de 17,1% e 66,4% nos modelos estudados orientados para leste. O cálculo do decréscimo evidenciou diferença na escala da variação do plano a.2 em relação aos planos a.1 e a.3, o que ressalta a influência da componente direta sobre o desempenho este plano. Ao comparar as variações demonstradas pelas Tabelas 10 e 11, conclui-se que a profundidade da

varanda ocasionou maiores variações das Iluminâncias Médias Anuais em comparação com as obtidas através das alterações da refletância de suas superfícies internas para todos os planos.

As porcentagens de decréscimo dos modelos com peitoril de alvenaria em relação ao modelo de referência 2 demonstraram que nenhuma outra geometria teve desempenho similar ao obtido para o objeto de referência: o grau de perda aumenta conforme o modelo ganha profundidade e perde em refletância. Os cálculos demonstraram que as menores perdas da E_{MA} foram detectadas dentre os modelos $D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$, $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$ e $D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$ e as maiores em $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$ e $D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$ (Tabela 12).

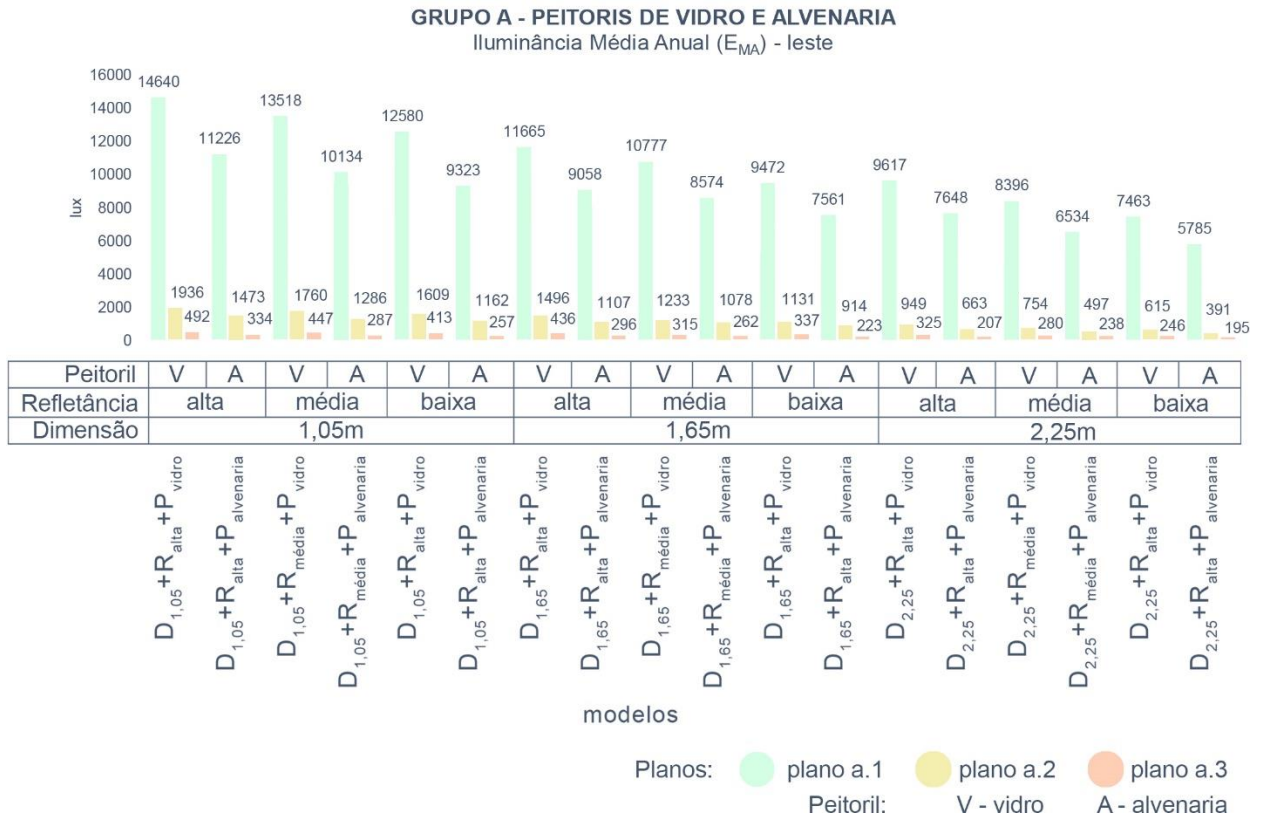
Tabela 12: Variação da E_{MA} em relação ao modelo de referência 2 do grupo A para orientação leste.

Peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação em relação ao modelo de referência 2 – leste			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
modelo de referência 2 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$)	-	-	-
modelo de referência 2 : $D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$	9,7%	12,7%	14,1%
modelo de referência 2 : $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	17,0%	21,1%	23,1%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	19,3%	24,8%	11,4%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{média}+P_{alvenaria}$	23,6%	26,8%	21,6%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	32,6%	37,9%	33,2%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	31,9%	55,0%	38,0%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	41,8%	66,3%	28,7%
modelo de referência 2 : $D_{225}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	48,5%	73,5%	41,6%

Fonte: Autora, 2018.

Comparação entre peitoris de vidro e de alvenaria

Posteriormente, os resultados da E_{MA} foram reorganizados com o objetivo de posicionar lado a lado os pares que possuem como única diferença o material do peitoril. Assim, facilita-se a visualização das variações sofridas entre os modelos (Gráfico 6). Ao comparar os pares entre si, constatou-se que nos modelos com peitoril de vidro o resultado da E_{MA} é sempre superior. Com o intuito de quantificar esta diferença, demonstra-se na Tabela 13 a porcentagem do decréscimo sofrido no modelo com peitoril de alvenaria em relação ao seu equivalente com peitoril de vidro. Os dados obtidos determinam que a variação aproximada foi: entre 20% e 25% no plano a.1, 12% e 36% no plano a.2 e 15% e 37% no plano a.3.

Gráfico 6: E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro e de alvenaria do grupo A para orientação leste.

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 13: Variação da E_{MA} nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.Grupo A - Peitoril de vidro e alvenaria - ΔE_{MA} - leste

Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$\Delta D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	23,3%	23,9%	32,1%
$\Delta D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$	25,0%	26,9%	35,8%
$\Delta D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	25,9%	27,8%	37,8%
$\Delta D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	22,3%	26,0%	32,1%
$\Delta D_{1,65}+R_{média}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{média}+P_{alvenaria}$	20,4%	12,6%	33,8%
$\Delta D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	20,2%	19,2%	33,8%
$\Delta D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	20,5%	30,1%	36,3%
$\Delta D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	22,2%	34,1%	15,0%
$\Delta D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	22,5%	36,4%	20,7%

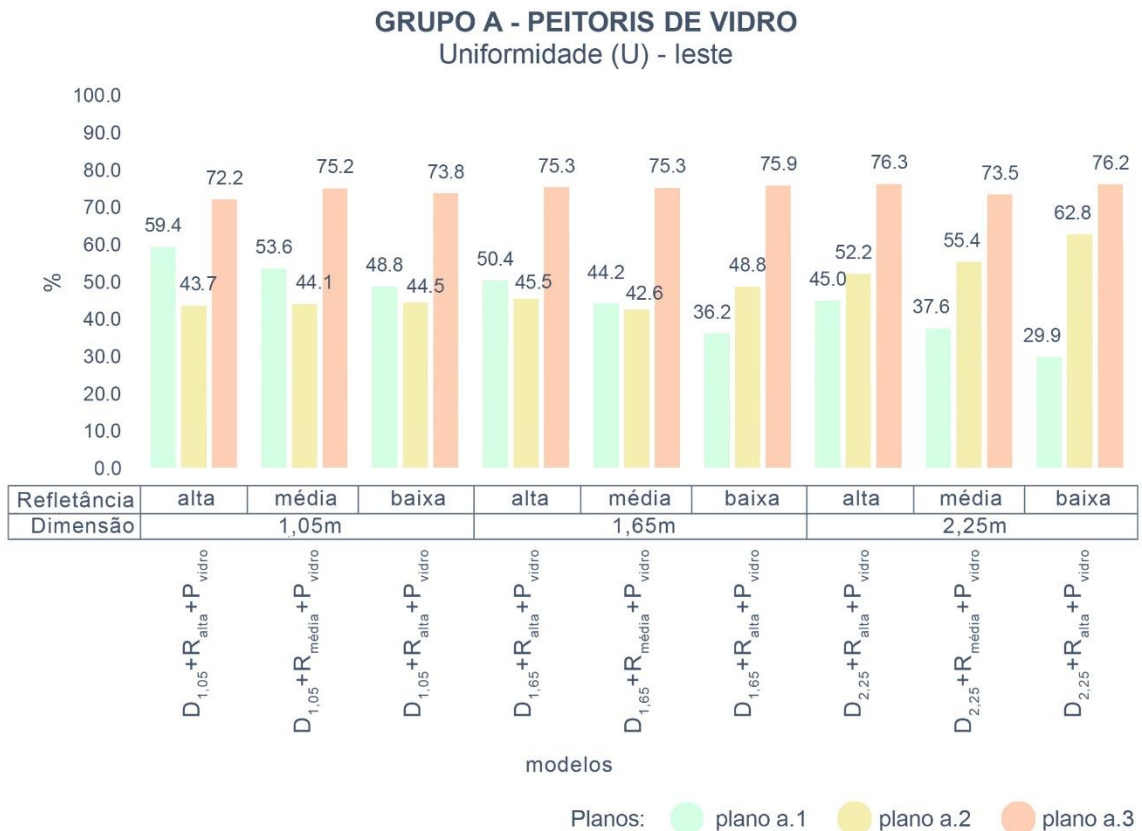
Fonte: Autora, 2018.

4.1.1.4 Uniformidade (U)

Modelos com peitoris de vidro

O Gráfico 7 traz os resultados estimados para a U dos modelos com peitoris de vidro. À primeira vista, são nítidas as diferenças expressas por este indicador entre os planos: no plano a.1 obtiveram-se valores entre 29,9% e 59,4%, no plano a.2 os números permaneceram entre 43,7% e 62,8% e no plano a.3 o intervalo foi de 72,2% e 76,3%.

Gráfico 7: U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Estas diferenças estão associadas principalmente a alterações na exposição a insolação direta causada pelo prolongamento da varanda, as quais, como veremos a seguir, são percebidas de maneiras diferentes em cada plano. Dispositivos arquitetônicos de proteção solar extensos

reduzem as elevadas iluminâncias provenientes da componente direta, evitando decréscimos acentuados ao longo do comprimento do ambiente e resultando em maior Uniformidade.

A comparação entre os resultados obtidos no plano a.1 entre os modelos com a mesma profundidade de varanda, demonstra que a Uniformidade decresce conforme a refletância diminui: a menor diferença entre eles foi de 17,8% e a maior igual a 33,6%. Para esta situação, a mudança da refletância das paredes da varanda resulta em variações significativas. No plano a.2, foi calculado -1,8% como menor diferença e 20,3% como maior. Nessa área, foram detectadas mudanças significativas a partir da alteração da refletância interna apenas nos modelos com 2,25m de profundidade. No plano a.3, vê-se que a refletância da varanda não exerce influência considerável, apresentando com variação máxima -5,7% e mínima igual a -3,3% (Tabela 14).

Quanto à influência da profundidade, observa-se que no plano a.1 a escala da variação tende a aumentar conforme a refletância diminui, com uma menor diferença entre os resultados de 24,2% e maior de 38,7%. Nessa área, a dimensão da varanda influencia significativamente na uniformidade. No plano a.2, observou-se que o prolongamento da profundidade provocou o aumento da uniformidade, com variação que tende a aumentar conforme a refletância diminui. Nessa zona, a diferença máxima atingida foi igual a -41,1% e a mínima foi de -19,7%. Para o plano a.3, constatou-se que a profundidade não gerou alterações consideráveis da Uniformidade, pois não foram obtidos valores que expressam padrões de comportamento (Tabela 15).

Tabela 14: Variação entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação leste.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔU – variação da refletância – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	17,8%	-1,8%	-2,2%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	28,2%	-7,3%	-0,8%
$D_{2,5}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	33,6%	-20,3%	0,1%

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 15: Variação entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação leste.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔU – variação da profundidade – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	24,2%	-19,5%	-5,7%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$	29,9%	-25,6%	2,3%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	38,7%	-41,1%	-3,3%

Fonte: Autora, 2018.

As variações descritas nesta análise demonstram que refletância das superfícies internas da varanda e, especialmente, a profundidade, resultam em diferenças consideráveis na uniformidade média nos planos a.1 e a.2. Aqui, constata-se que a morfologia da sala exerce influência significativa nos resultados da Uniformidade, a qual apresentou os maiores valores no plano a.3. Os cálculos demonstram que em diversas situações foi possível encontrar porcentagens negativas, o que significa que o modelo com maior profundidade e menor refletância pode atingir resultados de Uniformidade maiores do que os que apresentam menor dimensão e refletância alta.

Na Tabela 16, demonstra-se que no plano a.1 nenhuma geometria teve resultado igual ou superior ao calculado para o modelo de referência 1. Nela, percebe-se um maior grau de decréscimo da Uniformidade conforme o modelo ganha em profundidade e perde em refletância. O mesmo não acontece nos planos a.2 e a.3, os quais demonstraram valores consideravelmente superiores ao do modelo de referência 1. As simulações revelaram que as menores variações foram alcançadas pelas geometrias $D_{1,05}+R_{m\acute{e}dia}+P_{vidro}$, $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$ e $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$ e as maiores nas $D_{2,25}+R_{m\acute{e}dia}+P_{vidro}$ e $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$.

Tabela 16: Variação da U nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.

Peitoril de vidro - ΔU – variação em relação ao modelo de referência 1 – leste			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
modelo de referência 1 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}$)	-	-	-
modelo de referência 1 : $D_{1,05}+R_{m\acute{e}dia}+P_{vidro}$	9,8%	-0,9%	-4,2%
modelo de referência 1 : $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	17,8%	-1,8%	-2,2%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$	15,2%	-4,1%	-4,3%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{m\acute{e}dia}+P_{vidro}$	25,6%	2,5%	-4,3%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	39,1%	-11,7%	-5,1%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	24,1%	-19,5%	-5,7%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{m\acute{e}dia}+P_{vidro}$	36,7%	-26,8%	-1,8%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	49,7%	-43,7%	-5,5%

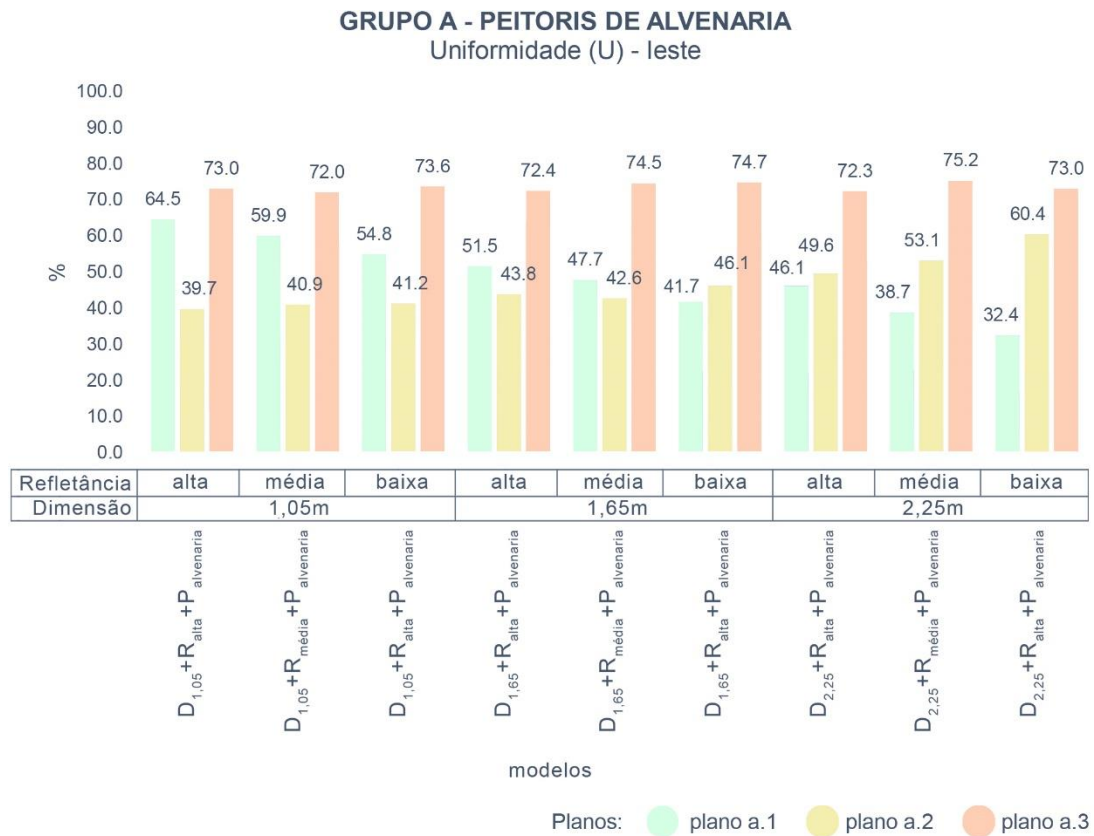
Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoris de alvenaria

Os modelos com peitoris de alvenaria têm seus resultados da U expostos no Gráfico 8. No plano a.1 foram atingidos resultados entre 32,4% e 64,5%, enquanto que, no plano a.2 as

médias permaneceram de 39,7% até 60,4% e no plano a.3 os valores atingidos foram de 72,0% e 75,2%. Estes intervalos demonstram que há diferenças consideráveis entre as Uniformidades dos planos a.1 e a.2 quando comparados com o plano a.3. Como afirmado para os modelos com peitoris de vidro, este fenômeno está associado ao prolongamento da varanda e à localização do plano no ambiente, que resultam em maior Uniformidade a partir da redução dos altos níveis de iluminâncias provenientes da radiação solar direta.

Gráfico 8: U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Ao comparar os resultados de modelos com variação da refletância entre eles, os valores do plano a.1 indicam 15% para a menor variação devido a alteração da cor e 29,7% para a maior foi igual. Assim, os resultados estimados para os modelos com peitoril de alvenaria demonstram que a mudança da refletância das superfícies internas da varanda implica em alterações significativas na uniformidade do ambiente. Os valores obtidos para o plano a.2 definem -3,8% como menor diferença e -21,8% como maior. Nesta área, observa-se que a variação da coloração apresenta influência considerável da U apenas para a dimensão de 2,25m, a qual aumenta conforme a refletância diminui. Por fim, no plano a.3 é perceptível que as mudanças nas

refletâncias da varanda não resultam em diferenças expressivas, apresentando com variação máxima de -3,2% e mínima de -0,8%. Estes resultados da Uniformidade elevados são consequência do posicionamento do plano, o qual se encontra afastado da abertura que restringe o alcance da radiação direta do sol (Tabela 17).

Tabela 17: Variação entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação leste.

Grupo A - peitoril de alvenaria - ΔU – variação da refletância – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	15,0%	-3,8%	-0,8%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	19,0%	-5,3%	-3,2%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	29,7%	-21,8%	-1,0%

Fonte: Autora, 2018.

Quanto à influência da dimensão da varanda, no plano a.1 foram obtidas alterações consideráveis, com diferenças entre 28,5% e 40,9% – a escala da variação aumentou conforme a refletância diminuiu. No plano a.2, a diferença máxima foi de -46,6% e a mínima de -24,9%. Nesta zona, o aumento da profundidade resultou no aumento da uniformidade, devido ao maior controle da radiação direta, que resultou em maiores variações conforme a refletância diminuiu. Por fim, obteve-se que as alterações da profundidade não resultaram em diferenças consideráveis da U no plano a.3, o qual variou apenas de 0,8% a -4,4% (Tabela 18). Pode-se afirmar que a profundidade da varanda implica em variações significativas na uniformidade do ambiente interno nos planos a.1 e a.2. O mesmo pode ser colocado para a mudança da refletância, porém com influência em menor grau. A morfologia da sala foi o parâmetro que revelou maior influência nos resultados, uma vez que, ao compararmos os resultados dos planos dentre si, é nítida a diferença entre os valores.

Tabela 18: Variação entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação leste.

Grupo A - peitoril de alvenaria - ΔU – variação da profundidade – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	28,5%	-24,9%	1,0%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	35,4%	-29,8%	-4,4%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	40,9%	-46,6%	0,8%

Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 19 esclarece que os modelos apresentam comportamento similar ao descrito para os com fechamento de vidro. No plano a.1, a escala de decréscimo da Uniformidade aumenta conforme o modelo ganha em profundidade e perde em refletância, com maiores resultados sempre para o modelo de referência 2. Nos planos a.2 e a.3, a U dos demais modelos foi majoritariamente superior à referência considerada. No plano a.2 as alterações tornaram-se mais expressivas nas geometrias com 2,25m de dimensão, chegando a atingir quase o dobro do valor. Já no plano a.3, não foram encontradas variações consideráveis. As menores variações ocorreram nas geometrias $D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro}$, $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$ e $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$ e os maiores nas $D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$ e $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$.

Tabela 19: Variação da U em relação ao modelo de referência 2 do grupo A para orientação leste.

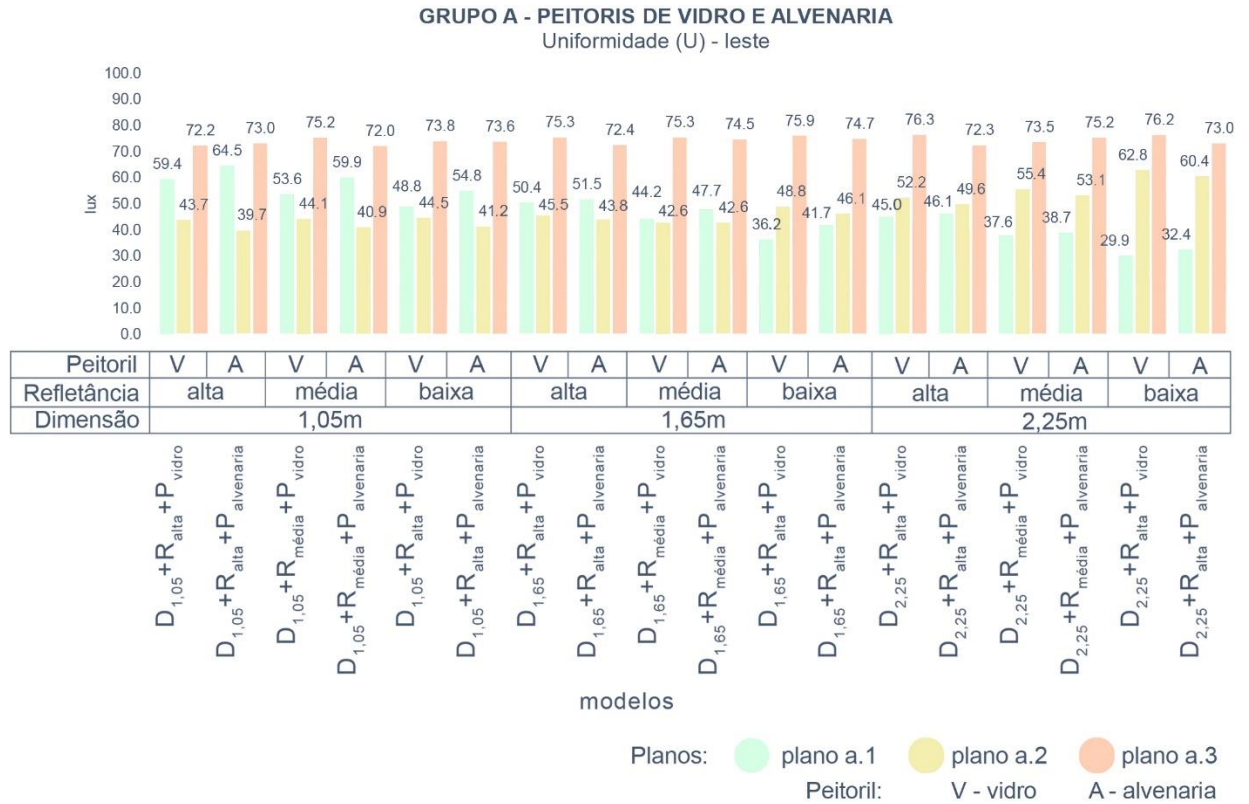
Grupo A - peitoril de alvenaria - ΔU – variação em relação ao modelo de referência 2 – leste			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
modelo de referência 2 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$)	-	-	-
modelo de referência 2 : $D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$	7,1%	-3,0%	1,4%
modelo de referência 2 : $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	15,0%	-3,8%	-0,8%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	20,2%	-10,3%	0,8%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{média}+P_{alvenaria}$	26,0%	-7,3%	-2,1%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	35,3%	-16,1%	-2,3%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	28,5%	-24,9%	1,0%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	40,0%	-33,8%	-3,0%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	49,8%	-52,1%	0,0%

Fonte: Autora, 2018.

Comparação entre peitoris de vidro e de alvenaria

No Gráfico 9, a variação do plano a.1 entre as tipologias mantém-se entre -2,2% e -15,2%, tendo os ambientes com varanda de vidro obtido menor resultado em todas as situações. Para o plano a.2, o intervalo foi de 0,0% a 9,2% e, no plano a.3, de -2,3% a 5,5%. A Tabela 20 demonstra que a alteração do material do peitoril resultou em variações consideráveis apenas em algumas situações no plano a.1 – no restante do ambiente todas as porcentagens permaneceram abaixo de 10%.

Gráfico 9: U dos modelos com peitoril de vidro e alvenaria do grupo A para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 20: Variação da U nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação leste.

Grupo A - peitoril de vidro e alvenaria - ΔU – leste			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
Δ D _{1,05} +R _{alta} +P _{vidro} : D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria}	-8,6%	9,2%	-1,1%
Δ D _{1,05} +R _{média} +P _{vidro} : D _{1,05} +R _{média} +P _{alvenaria}	-11,6%	7,3%	4,3%
Δ D _{1,05} +R _{baixa} +P _{vidro} : D _{1,05} +R _{baixa} +P _{alvenaria}	-12,3%	7,4%	0,3%
Δ D _{1,65} +R _{alta} +P _{vidro} : D _{1,65} +R _{alta} +P _{alvenaria}	-2,2%	3,7%	3,9%
Δ D _{1,65} +R _{média} +P _{vidro} : D _{1,65} +R _{média} +P _{alvenaria}	-7,9%	0,0%	1,1%
Δ D _{1,65} +R _{baixa} +P _{vidro} : D _{1,65} +R _{baixa} +P _{alvenaria}	-15,2%	5,5%	5,5%
Δ D _{2,25} +R _{alta} +P _{vidro} : D _{2,25} +R _{alta} +P _{alvenaria}	-2,4%	5,0%	5,2%
Δ D _{2,25} +R _{média} +P _{vidro} : D _{2,25} +R _{média} +P _{alvenaria}	-2,9%	4,2%	-2,3%
Δ D _{2,25} +R _{baixa} +P _{vidro} : D _{2,25} +R _{baixa} +P _{alvenaria}	-8,4%	3,8%	4,2%

Fonte: Autora, 2018.

4.1.2 Resultados para a orientação norte

4.1.2.1 Autonomia da Luz Natural Espacial ($ALNe_{120/50\%}$)

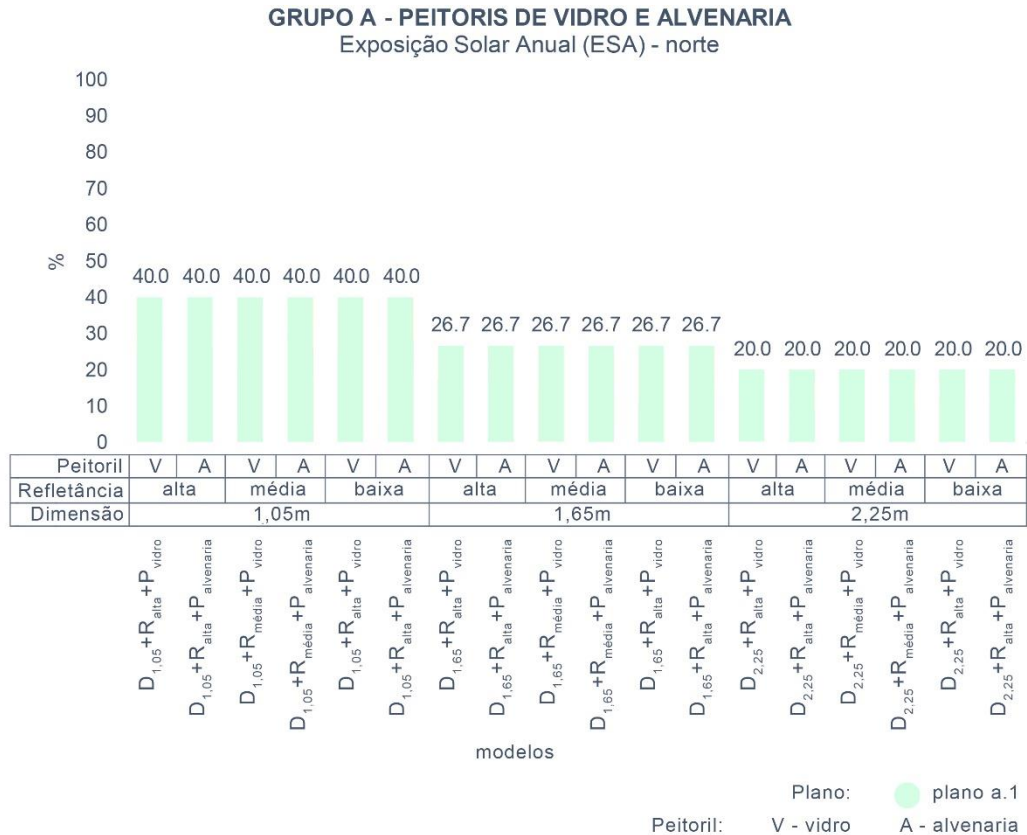
Para a orientação norte, em todos planos de todos os modelos a $ALNe_{120,50\%}$ foi igual a 100%. Conforme dito anteriormente, este resultado satisfatório está associado à elevada disponibilidade de luz natural característica do trópico úmido e ao tipo de uso do ambiente em estudo.

4.1.2.2 Exposição Solar Anual ($ESA_{1000,250h}$)

Os resultados da $ESA_{1000,250h}$ obtidos para o plano a.1 confirmam que este indicador se relaciona unicamente com o sombreamento externo de um ambiente, uma vez que as demais variáveis consideradas não resultaram em alterações nos valores (Gráfico 10). Em todos os casos a Exposição Solar Anual foi classificada como insatisfatória pela LM-83-12 (IES, 2012).

O plano a.1 dos modelos com varanda de 1,05m obteve Exposição Solar Anual igual a 40%, para a profundidade de 1,65m foi estimado 26,7%, enquanto que nos modelos com 2,25m foram atingidos 20%. O aumento da dimensão da varanda de 1,05m para 2,25m proporcionou o decréscimo máximo de 50% da $ESA_{1000,250h}$. Nos outros planos, que englobam o ambiente interno, a $ESA_{1000,250h}$ estimada foi igual a 0% - resultado classificado como aceitável. No plano a.2, este resultado está associado à proteção solar produzida pela varanda, enquanto que, no plano a.3, acontece devido ao posicionamento afastado da abertura, que limita o contato visual direto da área com o exterior.

Gráfico 10: ESA do plano a.1 dos modelos com peitoris de vidro e alvenaria do grupo A para orientação norte.

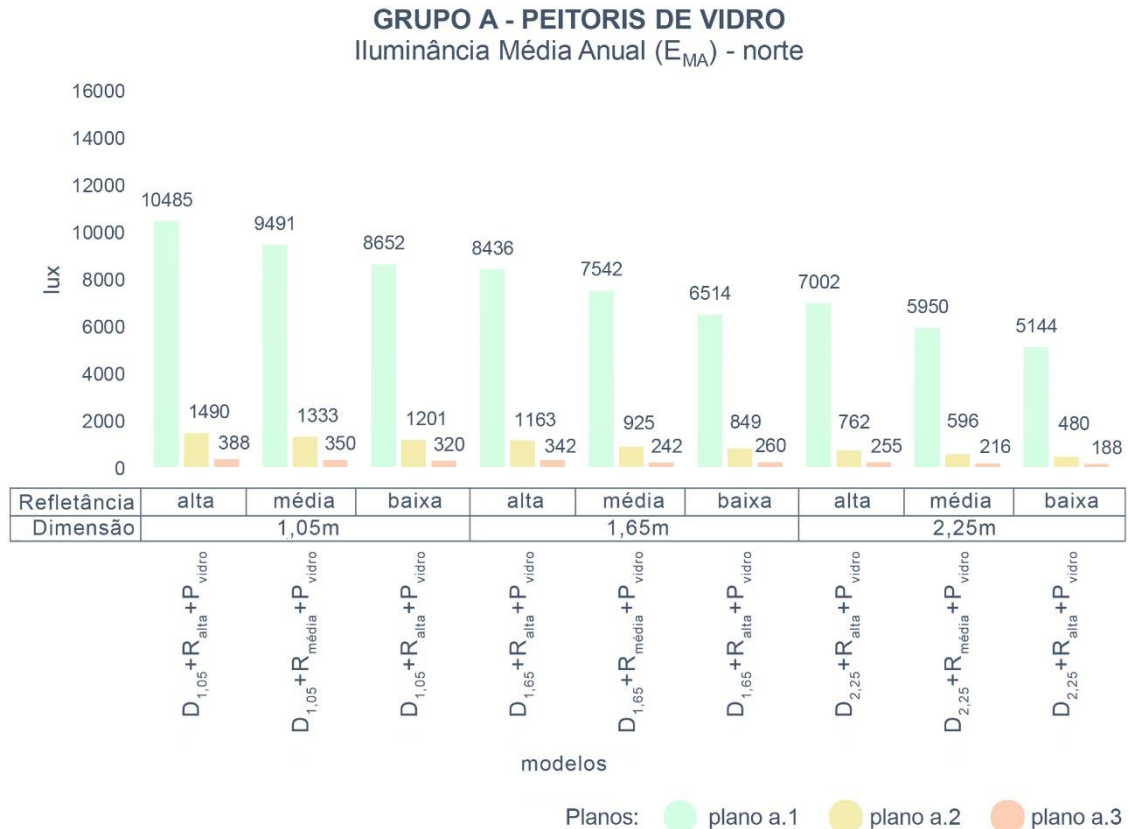


Fonte: Autora, 2018.

4.1.2.3 Iluminância Média Anual (E_{MA})

Modelos com peitoril de vidro

O Gráfico 11 ilustra a desproporcionalidade entre os resultados dos planos em estudo. Este fenômeno está associado a exposição à radiação solar direta, responsável por produzir valores da E_{MA} elevados nos locais atingidos. Também está vinculado à visibilidade da abóbada celeste, uma vez que a sua limitação em alguma área do ambiente interno resulta na redução da componente direta (CD). Neste tipo de situação, a iluminação natural do recorte é garantida principalmente pela parcela de radiação luminosa refletida, de acordo com o demonstrado no “Apêndice B”.

Gráfico 11: E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.

Fonte: Autora, 2018.

As análises comparativas entre os modelos demonstram que, ao se considerar a refletância como variável, acontecem decréscimos expressivos das iluminâncias relacionadas com o escurecimento da cor das superfícies. Para os ambientes com profundidade igual a 1,05m, a diferença máxima foi de 17,5%; nas geometrias com 1,65m, a maior variação foi equivalente a 22,8% e, nas com dimensão de 2,25m, a mudança foi de 26,5%. No plano a.2, em modelos com varanda de 1,05m, as alterações da refletância levaram à redução máxima de 19,4%; nos de 1,65m a diferença foi de 27,0% e, nos simulados com 2,05m, a variação foi de 37,0%. No plano a.3, o resultado máximo se manteve em 17,5% nos modelos com 1,05m, 24,0% nas geometrias com 1,65m, e 26,3% para as com 2,25m. A Tabela 21 demonstra que prover maior refletância das paredes internas da varanda ocasiona maiores resultados: a variação resultou em diferenças de 17,5% a 37,0% do E_{MA} dos modelos. Os resultados demonstram que as menores alterações correspondem a geometrias de varanda de 1,05m e as maiores a geometrias de 2,25m. Este comportamento indica que a escala da variação da E_{MA} , vinculada à alteração da refletância, aumenta de acordo com o ganho de profundidade. Este comportamento está associado à redução

da parcela de radiação direta provocada pelo aumento da proteção: a iluminação refletida torna-se mais expressiva, pois é influenciada pela capacidade das superfícies de refleti-la.

Tabela 21: Variação entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação norte.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação da refletância – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	17,5%	19,4%	17,5%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	22,8%	27,0%	24,0%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	26,5%	37,0%	26,3%

Fonte: Autora, 2018.

No plano a.1, tomando-se a profundidade como variável, a diferença máxima foi de 33,2% para os modelos com 85% de refletância, de 37,3% para os com 45% de refletância e de 40,5% para os com 5% de refletância. No interior do ambiente, foi detectado para o plano a.2 uma perda máxima de 48,9% para refletância alta, 55,3% para refletância média e 60,0% para refletância baixa. No plano a.3, as simulações revelaram maiores alterações de 34,3% para refletância alta, 38,3% para refletância média e 41,3% para refletância baixa. Entende-se, pois, que o aumento da profundidade da varanda levou à redução da E_{MA} , tendo variação entre 33,2% e 60,0%. Assim como ocorre na orientação leste, há diferenças consideráveis na escala da variação que ocorre no plano a.2 em relação aos demais planos (Tabela 22). Ademais, nota-se o aumento da porcentagem da variação conforme a dimensão da varanda se prolonga. A comparação das Tabelas 21 e 22 demonstram que a mudança da profundidade resultou em maiores diferenças nos resultados da E_{MA} em relação ao obtido pela mudança da refletância.

Tabela 22: Variação entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação norte.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação da profundidade – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	33,2%	48,9%	34,3%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$	37,3%	55,3%	38,3%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	40,5%	60,0%	41,3%

Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 23 traz a porcentagem do decréscimo da E_{MA} em relação ao modelo de referência 1. Percebe-se que nenhuma geometria teve resultado comparável ao estimado para o modelo de referência 1 em todos os planos. Os modelos apresentaram maior grau de perda

conforme perdem em refletância e ganham em profundidade. Assim, os menores decréscimos foram alcançados pelas geometrias $D_{1,05}+R_{m\u00e9dia}+P_{vidro}$, $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$ e $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$ e os maiores nas $D_{2,25}+R_{m\u00e9dia}+P_{vidro}$ e $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$.

Tabela 23: Variação da E_{MA} em relação ao modelo de referência 1 do grupo A para orientação norte.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação em relação ao modelo de referência 1 – norte			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
modelo de referência 1 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}$)	-	-	-
modelo de referência 1 : $D_{1,05}+R_{m\u00e9dia}+P_{vidro}$	9,5%	10,5%	9,8%
modelo de referência 1 : $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	17,5%	19,4%	17,5%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$	19,5%	21,9%	11,9%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{m\u00e9dia}+P_{vidro}$	28,1%	37,9%	37,6%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	37,9%	43,0%	33,0%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	33,2%	48,9%	34,3%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{m\u00e9dia}+P_{vidro}$	43,3%	60,0%	44,3%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	50,9%	67,8%	51,5%

Fonte: Autora, 2018.

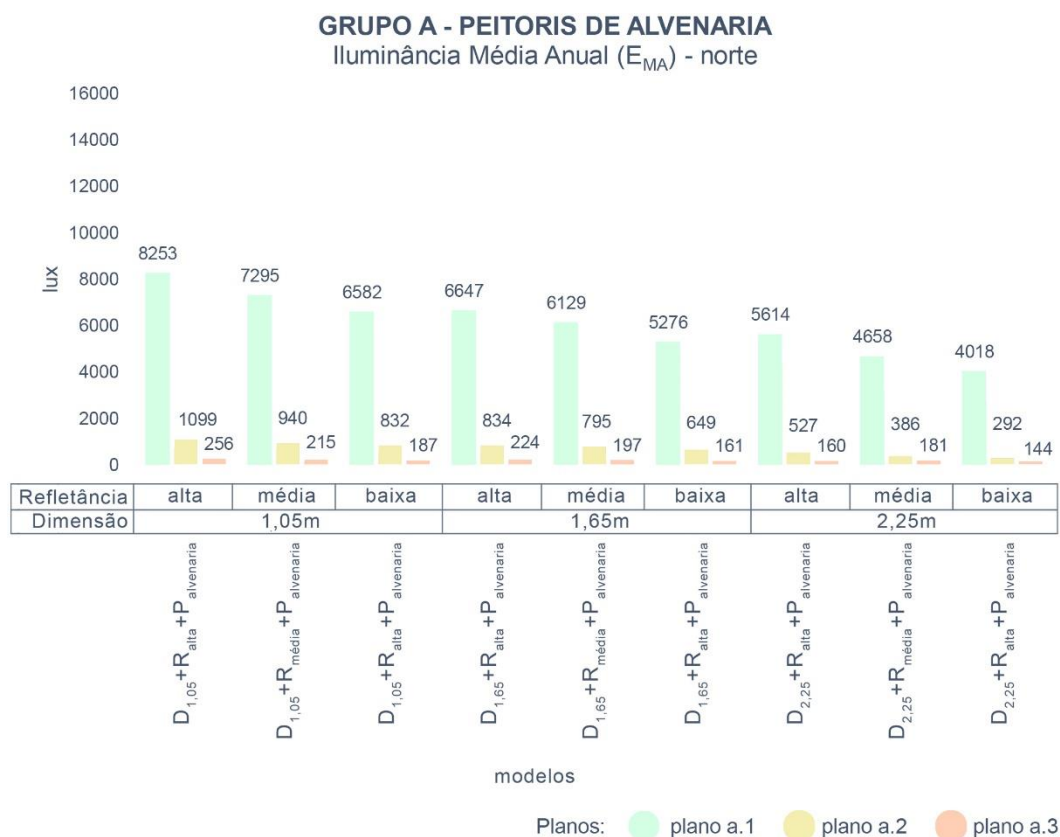
Modelos com peitoril de alvenaria

Para os modelos com peitoril para alvenaria, observou-se que em todas as situações os valores foram inferiores aos estimados para os com peitoris de vidro (Gráfico 12). Para o modelo de referência 2 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$) obteve-se E_{MA} igual a 8.253lx no plano a.1, 1.099lx no plano a.2, enquanto que, no plano a.3 foram estimados 256lx. As análises das parcelas das componentes de direta e refletida são demonstradas no “Apêndice B”.

Quando varia a refletância da varanda, constata-se que a E_{MA} do plano a.1 decresce consideravelmente de acordo com a diminuição da reflexão das superfícies. Nas geometrias com varanda de 1,05m, ocorre variação máxima igual a 20,2%; nas que possuem 1,65m, a maior alteração foi de 20,6%; para as que apresentam 2,25m, obteve-se 28,4%. Para o plano a.2, verificou-se que, nos modelos com varanda de 1,05m, a maior diferença foi de 24,3%, nos com 1,65m a mudança foi equivalente a 22,2% e, nos que foram considerados com 2,25m, a variação foi de 44,6%. No plano a.3, os valores foram de 27,0% nos modelos com 1,05m, 28,1% nos de 1,65m e 10,0% nos modelados com 2,25m (Tabela 24). Constatou-se que a refletância das paredes internas da varanda resultou em alterações expressivas da E_{MA} dos modelos estudados, mantendo-se no intervalo entre 10,0% e 44,6%. Assim como visto para os modelos orientados

para leste, as progressões obtidas indicam que o grau de variação provocado pela alternância da refletância aumenta conforme os modelos ganham em profundidade.

Gráfico 12: E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 24: Variação entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação norte.

Grupo A – peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação da refletância – norte

Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	20,2%	24,3%	27,0%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	20,6%	22,2%	28,1%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	28,4%	44,6%	10,0%

Fonte: Autora, 2018.

Ao se considerar a profundidade como variável, em todas as situações os maiores valores da E_{MA} foram encontrados dentre os modelos menor dimensão de varanda. Na Tabela 25 vê-se que o plano a.1 das geometrias com refletância alta atingiram variação máxima igual a 32,0%, para os com refletância média foi estimado 36,1% e para os com refletância baixa, 39,0%. Para

o plano a.2, a maior perda foi de 52,0% dentre os casos com refletância alta, de 58,9% para refletância média e 64,9% para refletância baixa. Já no plano a.3, as maiores variações foram de 37,5% para as geometrias com refletância alta, 15,8% para as com refletância média e 23,0% nas de refletância baixa. Pelo descrito, varandas menos profundas resultaram em maiores valores da E_{MA} , que manteve-se dentro do intervalo de 15,8% e 64,9% nos modelos estudados orientados para norte. Nesta análise, assim como observado para a orientação leste, ocorre diferença na escala da variação do plano a.2 em relação aos planos a.1 e a.3, associada à influência da componente direta sobre os resultados deste plano. A comparação entre as Tabelas 24 e 25 demonstra que a profundidade do dispositivo resultou nas maiores variações da E_{MA} .

Tabela 25: Variação entre a maior e menor E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação norte.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação da profundidade – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	32,0%	52,0%	37,5%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	36,1%	58,9%	15,8%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	39,0%	64,9%	23,0%

Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 26 evidencia que o modelo de referência 2 foi o que obteve os maiores resultados. Nela, observa-se que a perda aumenta de acordo com o ganho em profundidade da varanda. Os cálculos apontam que as menores alterações da E_{MA} ocorreram entre os modelos $D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$ e $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$ as maiores em $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$ e $D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$.

Tabela 26: Variações da E_{MA} em relação ao modelo de referência 2 do grupo A para orientação norte.

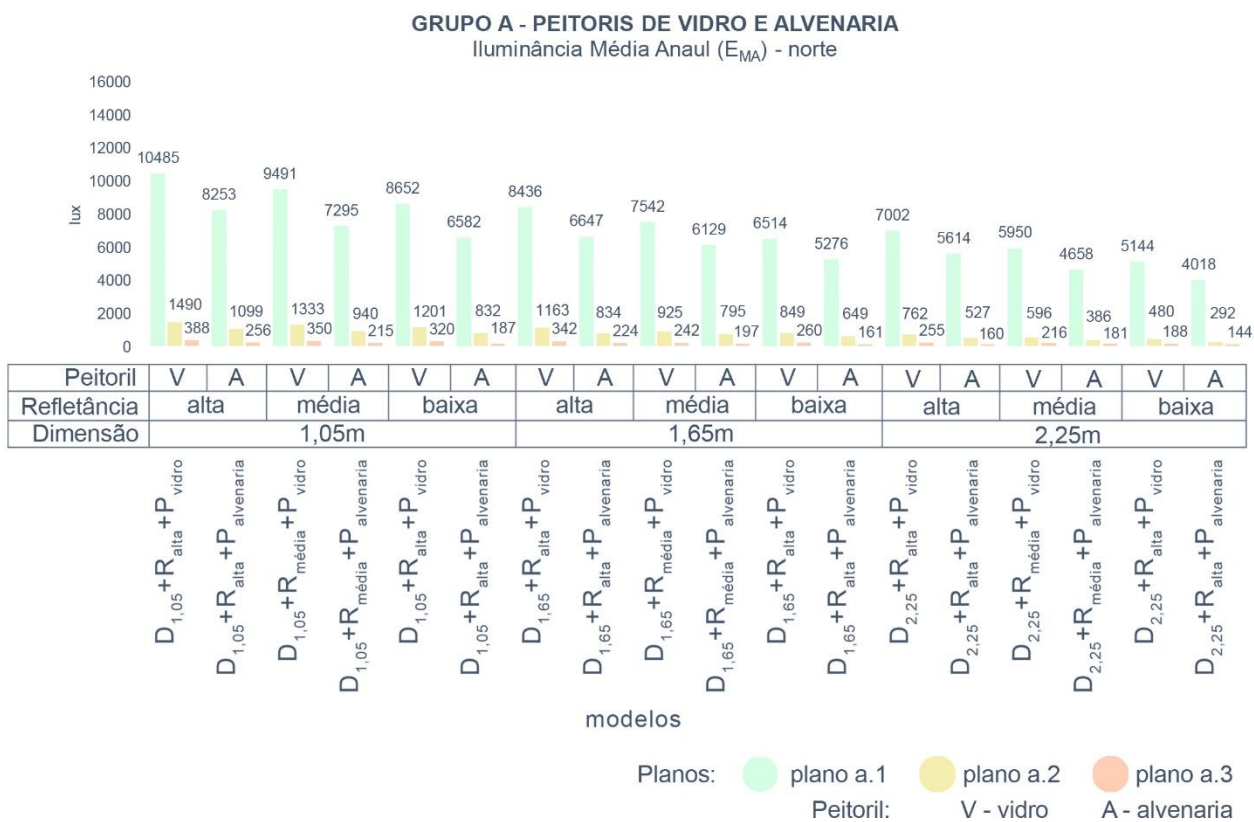
Grupo A - peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação em relação ao modelo de referência 2 – norte			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
modelo de referência 2 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$)	-	-	-
modelo de referência 2 : $D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$	11,6%	14,5%	16,0%
modelo de referência 2 : $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	20,2%	24,3%	27,0%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	19,5%	24,1%	12,5%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{média}+P_{alvenaria}$	25,7%	27,7%	23,0%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	36,1%	40,9%	37,1%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	32,0%	52,0%	37,5%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	43,6%	64,9%	29,3%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	51,3%	73,4%	43,8%

Fonte: Autora, 2018.

Comparação entre peitoris de vidro e de alvenaria

Ao comparar os pares que possuem como única diferença o material do peitoril, constatou-se que o resultado da E_{MA} é maior quando se emprega o vidro como fechamento do dispositivo (Gráfico 13). Os dados obtidos da tabela 27 determinam que a variação aproximada esteve entre: 18,7% e 23,9% para o plano a.1; 14,1% e 37,3% para o plano a.2 e; 16,2% e 38,6% para o plano a.3.

Gráfico 13: E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro e de alvenaria do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 27: Variação da E_{MA} nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.

Grupo A - peitoril de vidro e alvenaria - ΔE_{MA} – norte			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$\Delta D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	21,3%	26,2%	34,0%
$\Delta D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$	23,1%	29,5%	38,6%
$\Delta D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	23,9%	30,7%	41,6%
$\Delta D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	21,2%	28,3%	34,5%
$\Delta D_{1,65}+R_{média}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{média}+P_{alvenaria}$	18,7%	14,1%	18,6%
$\Delta D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	19,0%	23,6%	38,1%
$\Delta D_{2,25}+R_{alta} + P_{vidro} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	19,8%	30,8%	37,3%
$\Delta D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	21,7%	35,2%	16,2%
$\Delta D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	21,9%	39,2%	23,4%

Fonte: Autora, 2018.

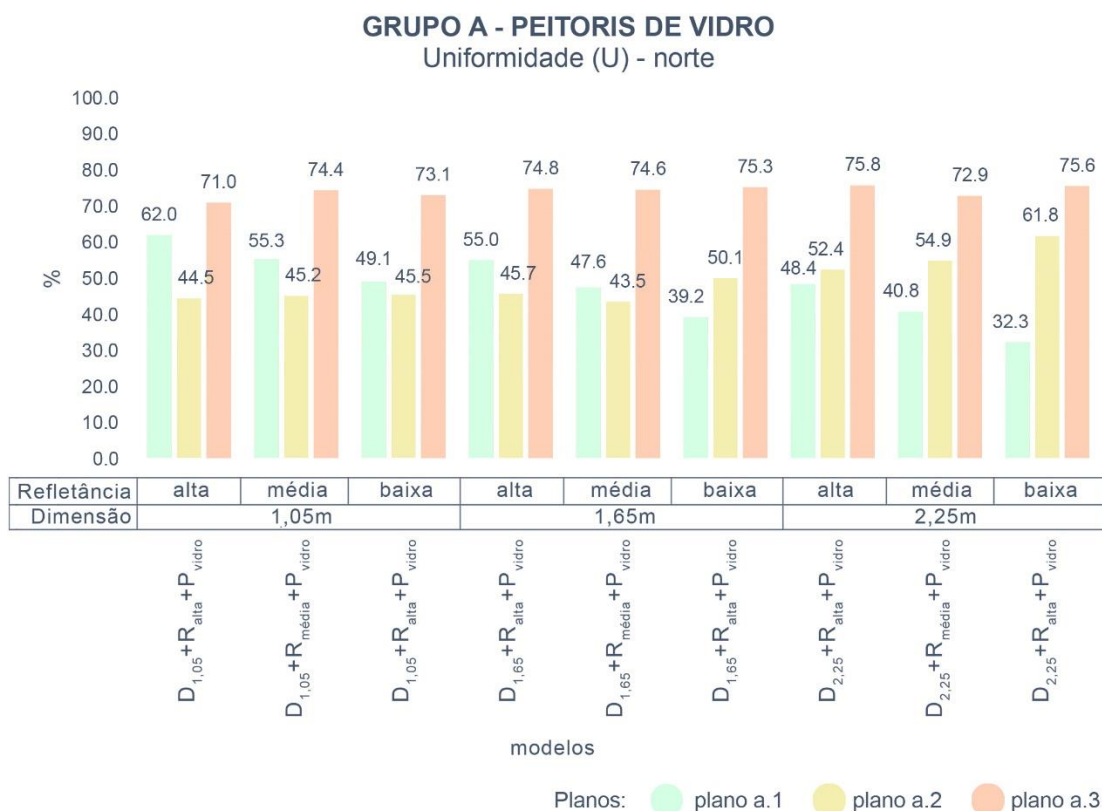
4.1.2.4 Uniformidade (U)

Modelos com peitoril de vidro

O Gráfico 14 ilustra valores entre 32,3% e 62,0% para o plano a.1, entre 43,5% e 61,8% para o plano a.2 e entre 71,0% e 75,8% para o plano a.3.

Ao se variar a refletância, a comparação entre os resultados obtidos no plano a.1 demonstra que os valores da Uniformidade diminuem conforme a refletância das superfícies é reduzida – a menor diferença foi de 20,8% e a maior de 33,3%. Portanto, é perceptível que a mudança da refletância das paredes da varanda resultou em variações significativas. No plano a.2, foram detectados padrões de variação associados à alteração da refletância interna, significativos apenas para os modelos com maior profundidade. Para essa área, foi estimada menor diferença igual a -2,2% e como maior -17,9%. No plano a.3, constatou-se que esta variável não exerceu grande influência nos resultados, com variação máxima de -3,0% e mínima de 0,3% (Tabela 28).

Gráfico 14: U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 28: Variação entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação norte.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔU – variação da refletância – norte

Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	20,8%	-2,2%	-3,0%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	28,7%	-9,6%	-0,7%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	33,3%	-17,9%	0,3%

Fonte: Autora, 2018.

Quanto à influência da profundidade no plano a.1, a Tabela 29 demonstra que a escala da variação aumentou ao passo que a refletância diminuiu – com o menor resultado de 21,9% e o maior de 34,2%. No plano a.2, ocorreu o efeito inverso: o prolongamento da varanda provocou o aumento da U e, nesta área, a diferença máxima foi igual a -35,8% e a mínima foi de -17,8%. Para o plano a.3, constatou-se que a profundidade não resultou em alterações consideráveis.

Desse modo, as mudanças da refletância e, especialmente, da profundidade, resultaram em variações consideráveis na U nos planos a.1 e a.2.

Tabela 29: Variação entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de vidro do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação norte.

Grupo A - peitoril de vidro - ΔU – variação da profundidade - norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	21,9%	-17,8%	-6,8%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$	26,2%	-21,5%	2,0%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	34,2%	-35,8%	-3,4%

Fonte: Autora, 2018.

Constata-se que, no plano a.1, nenhuma geometria apresentou resultado igual ou aproximado ao estimado para o modelo de referência 1. Nesta área, a U diminui conforme o modelo ganha em profundidade e perde em refletância. Nos planos a.2 e a.3 o comportamento é outro: observou-se que os demais modelos alcançaram valores majoritariamente superiores aos do modelo de referência 1. As simulações revelaram que as menores variações foram obtidas em $D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro}$, $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$ e $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$ e as maiores nas $D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$ e $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$ (Tabela 31).

Tabela 30: Variação da U nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.

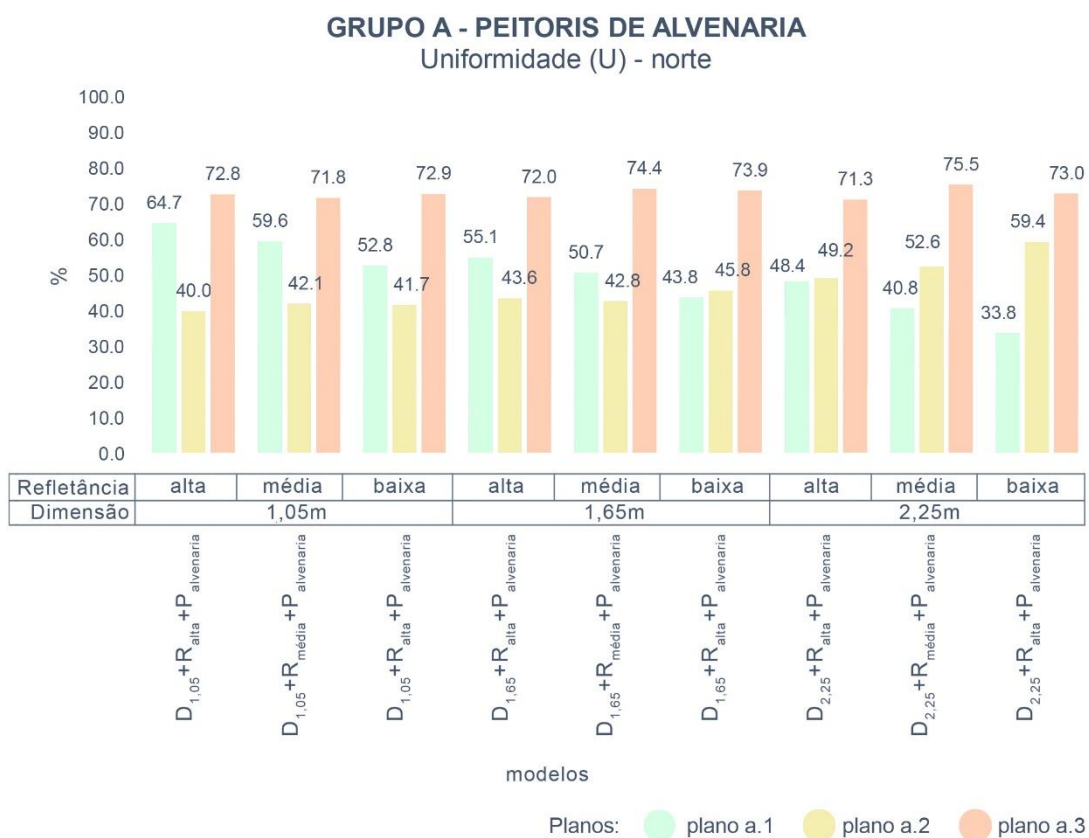
Grupo A - peitoris de vidro - ΔU – variação em relação ao modelo de referência 1 – norte			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
modelo de referência 1 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}$)	-	-	-
modelo de referência 1 : $D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro}$	10,8%	-1,6%	-4,8%
modelo de referência 1 : $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	20,8%	-2,2%	-3,0%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$	11,3%	-2,7%	-5,4%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{média}+P_{vidro}$	23,2%	2,2%	-5,1%
modelo de referência 1 : $D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	36,8%	-12,6%	-6,1%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	21,9%	-17,8%	-6,8%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$	34,2%	-23,4%	-2,7%
modelo de referência 1 : $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	47,9%	-38,9%	-6,5%

Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoril de alvenaria

No Gráfico 15, demonstra-se resultados entre 33,8% e 64,7% para o plano a.1, uma permanência do intervalo entre 40,0% a 59,4% para o plano a.2 e valores de 71,3% e 75,5% para o plano a.3.

Gráfico 15: U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Na comparação entre os valores dos modelos com variação da refletância, observa-se a permanência de variação entre 18,4% e 30,2% no plano a.1, com alterações significativas na U do ambiente. No plano a.2, foram alcançados resultados entre -20,7% e -4,3%. Nesta área, a mudança da coloração apresentou influência considerável da U apenas para a dimensão de 2,25m. No plano a.3, contudo, as mudanças não resultam em diferenças consideráveis, com valores de -0,1% e 2,6% (Tabela 31).

Tabela 31: Variação entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma profundidade e alteração da refletância para orientação norte.

Grupo A - peitoris de alvenaria - ΔU – variação da refletância – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	18,4%	-4,3%	-0,1%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	20,5%	-5,0%	-2,6%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	30,2%	-20,7%	-2,4%

Fonte: Autora, 2018.

Quanto à influência da dimensão da varanda, no plano a.1 foram detectadas diferenças entre 25,2% e 36,0%, com aumento da escala da variação quando da diminuição da refletância. Para o plano a.2, as diferenças permaneceram de -42,4% a -23,0%: o aumento da profundidade elevou os resultados a Uniformidade, que atingiu maiores variações conforme a refletância reduziu. De modo díspar, as alterações da profundidade não renderam alterações consideráveis da U no plano a.3, que se manteve entre 5,2% e 2,1% (Tabela 32). Assim, pode-se afirmar que a profundidade da varanda resultou em variações expressivas na U nos planos a.1 e a.2. O mesmo pode ser afirmado quanto as mudanças da refletância, porém em menor grau.

Tabela 32: Variação entre a maior e menor U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo A com mesma refletância e alteração da profundidade para orientação norte.

Grupo A - peitoril de alvenaria - ΔU – variação da profundidade – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	25,2%	-23,0%	2,1%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	31,5%	-24,9%	-5,2%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	36,0%	-42,4%	-0,1%

Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 33 explicita que, no plano a.1, o decréscimo da U aumenta conforme o modelo ganha em profundidade e perde em refletância, sendo o modelo de referência 2 o com maior resultado. Já nos outros planos, a U foi superior nos demais modelos, especialmente no plano a.2, que apresentou variações expressivas a partir nos modelos com 2,25. No plano a.3 não foram encontradas variações consideráveis. As simulações revelaram que as menores variações foram alcançadas pelas geometrias $D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro}$, $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$ e $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}$ e as maiores nas $D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$ e $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$.

Tabela 33: Variação da U em relação ao modelo de referência 2 do grupo A para orientação norte.

Grupo A - peitoril de alvenaria - ΔU – variação em relação ao modelo de referência 2 – norte			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
modelo de referência 2 ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$)	-	-	-
modelo de referência 2 : $D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$	7,9%	-5,3%	1,4%
modelo de referência 2 : $D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	18,4%	-4,3%	-0,1%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	14,8%	-9,0%	1,1%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{média}+P_{alvenaria}$	21,6%	-7,0%	-2,2%
modelo de referência 2 : $D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	32,3%	-14,5%	-1,5%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	25,2%	-23,0%	2,1%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	36,9%	-31,5%	-3,7%
modelo de referência 2 : $D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	47,8%	-48,5%	-0,3%

Fonte: Autora, 2018.

Comparação entre peitoris de vidro e de alvenaria

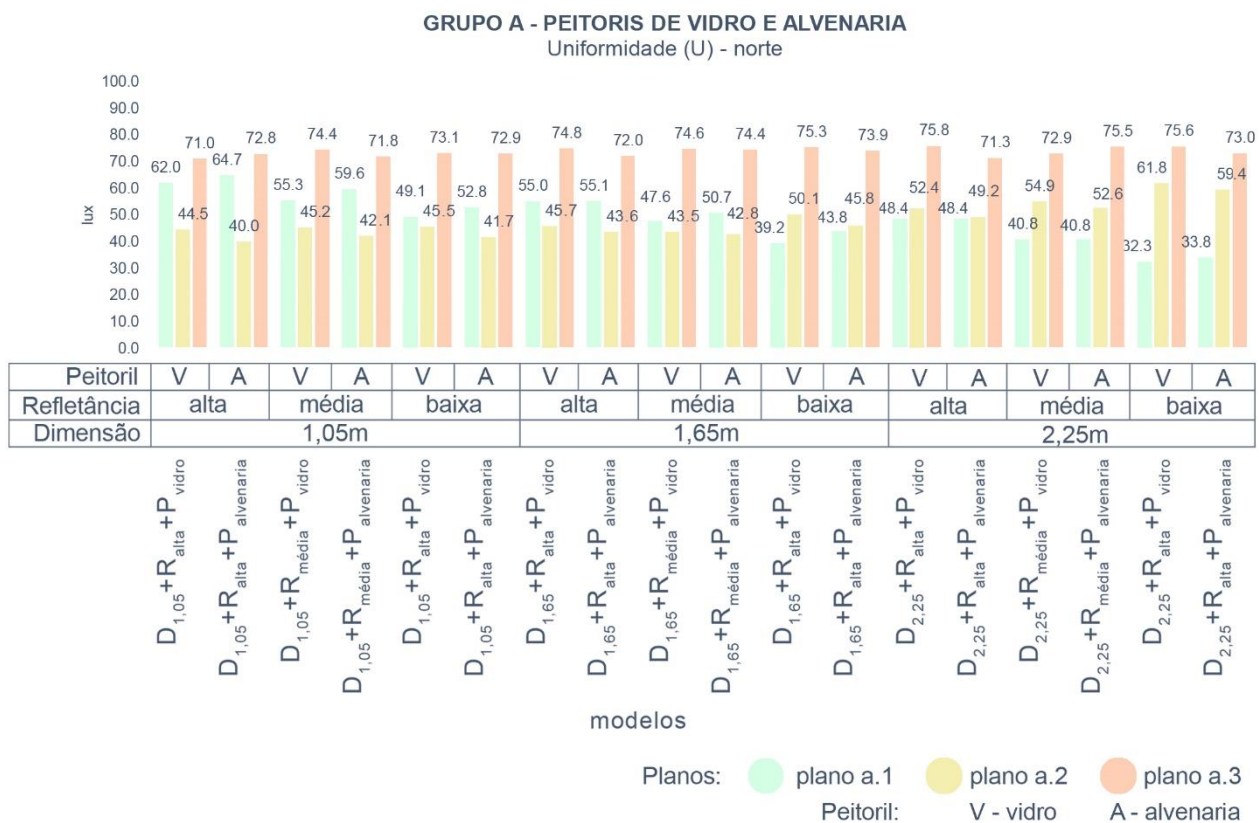
A Gráfico 16 ilustra que os modelos com peitoril de alvenaria apresentam comportamento similar ao estimado para os com fechamento de vidro, no entanto, os modelos atingiram resultados inferiores. A Tabela 34 traz as porcentagens precisas dessa diferença. Nela, observa-se que a alteração do material ocasionou em variações expressivas em geometrias pontuais para o plano a.1, enquanto nos outros planos todas as porcentagens permaneceram abaixo de 10%.

Tabela 34: Variação da U nos modelos com peitoris de vidro em relação aos com peitoris de alvenaria do grupo A para orientação norte.

Grupo A - peitoril de vidro e alvenaria - ΔU – norte			
Modelo	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$\Delta D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	-8,6%	9,2%	-1,1%
$\Delta D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria}$	-11,8%	7,3%	4,3%
$\Delta D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	-12,3%	7,4%	0,3%
$\Delta D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	-2,2%	3,7%	3,9%
$\Delta D_{1,65}+R_{média}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{média}+P_{alvenaria}$	-7,9%	0,0%	1,1%
$\Delta D_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	-15,2%	5,5%	5,5%
$\Delta D_{2,25}+R_{alta} + P_{vidro} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	-2,4%	5,0%	5,2%
$\Delta D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	-2,9%	4,2%	-2,3%
$\Delta D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	-8,4%	3,8%	4,2%

Fonte: Autora, 2018.

Gráfico 16: Variação da U nos modelos com peitoril de vidro em relação aos com peitoril de alvenaria do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

4.2 INFLUÊNCIA DE INCORPORAR A VARANDA AO AMBIENTE INTERNO NO APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO NATURAL

4.2.1 resultados para a orientação leste

4.2.1.1 Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe_{120,50%})

Neste grupo de análise, a Autonomia da Luz Natural Espacial foi igual a 100% nos dois planos de todos os modelos. Demonstra-se que a variação do uso, da dimensão e do material do peitoril da varanda não interferiram na ALNe_{120,50%}. Percebe-se que, para o caso das geometrias

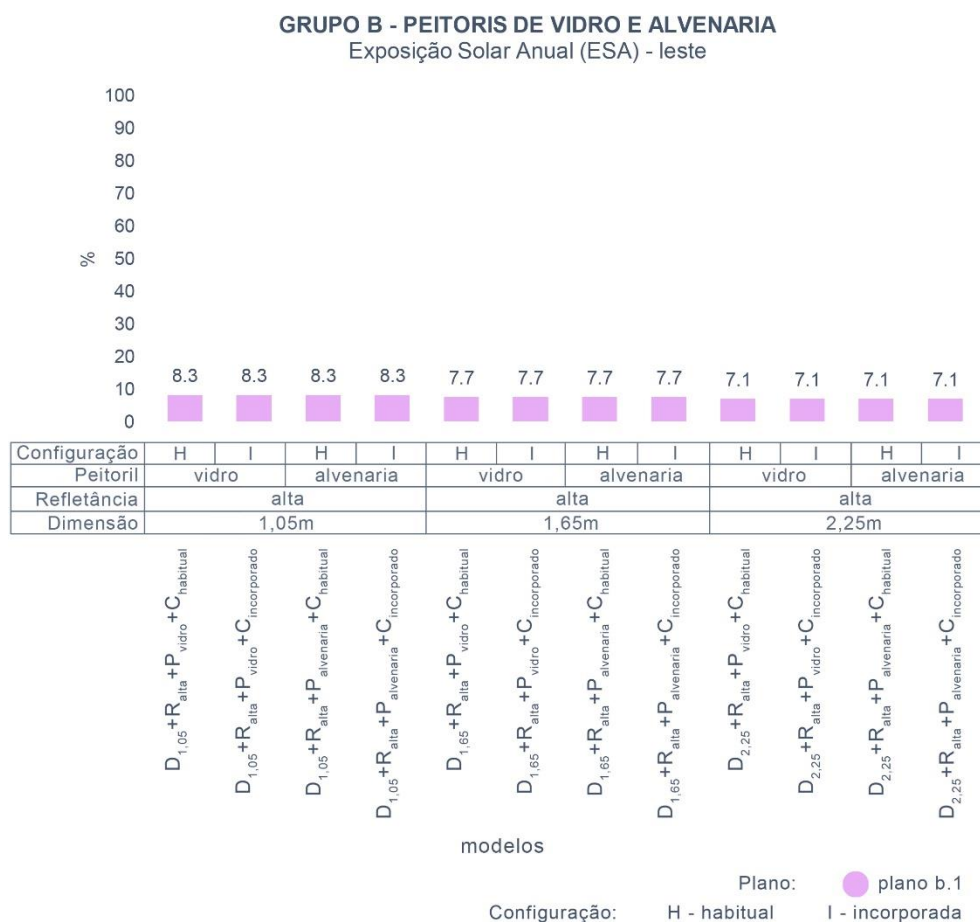
em estudo, o alcance deste valor qualificado como satisfatório pela LM-83-12 (IES, 2012) está relacionado com a abundância de luz natural comum às regiões de clima tropical quente úmido associada a baixa necessidade de iluminâncias para garantir iluminação natural satisfatória em uma sala de estar/jantar.

4.2.1.2 Exposição Solar Anual ($ESA_{1000,250h}$)

Para a análise da $ESA_{1000,250h}$, é importante observar que os 12 modelos em estudo podem ser divididos em duplas, as quais tem como única diferença entre si o tipo de uso da varanda. Na comparação entre as duplas, percebe-se que entre elas ocorre a variação do material do peitoril e da profundidade. Destacar estas diferenciações no cruzamento das geometrias torna-se relevante para o estudo da $ESA_{1000,250h}$, pois este indicador se relaciona exclusivamente com o sombreamento externo da abertura. No Gráfico 17, os resultados se mantiveram constantes entre os modelos com diferenciações de dimensão e tipo de peitoril.

No entanto, as $ESA_{1000,250h}$ obtidas no plano b.1 demonstram que apesar das alterações na dimensão do dispositivo não foram obtidas variações consideráveis entre os modelos, constatou-se que todos os modelos permaneceram com resultados classificados como insatisfatórios. Entre as geometrias que possuem varanda com 1,05m de profundidade, com peitoril de vidro ou alvenaria, foi alcançada Exposição Solar Anual igual de 8,3%; no conjunto com dimensão de 1,65m foi atingido 7,7% e; nos modelos com 2,25m foi estimado 7,1%. Para o plano b.2 a $ESA_{1000,250h}$ enquadrou-se na classificação de aceitável, tendo atingido 0% em todos os modelos. Este resultado está vinculado ao posicionamento recolhido desta área na planta do ambiente. Visto que a localização deste plano restringe o contato visual direto desta zona com o exterior, o que resulta na limitação do alcance da radiação solar direta.

Gráfico 17: ESA do plano b.1 dos modelos com peitoril de vidro e alvenaria do grupo B orientados para leste.



Fonte: Autora, 2018.

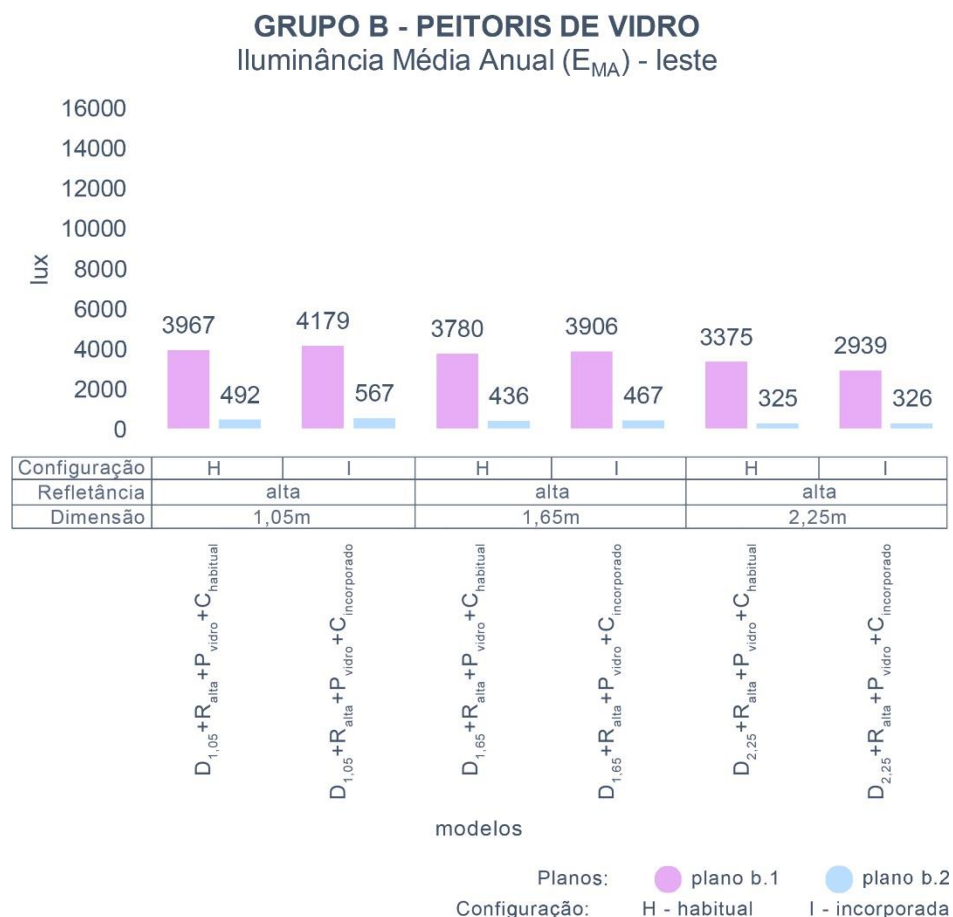
4.2.1.3 Iluminância Média Anual (E_{MA})

Modelos com peitoril de vidro

No Gráfico 18, são trazidos os resultados das geometrias com peitoril de vidro do grupo B com orientação voltada para leste. Nele, existem três pares de modelos posicionados lado a lado, sendo um par com varanda de 1,05m de profundidade, outro com 1,65m e o último com 2,25m, dentre as duplas, a única variável considerada foi o tipo do uso da varanda. Portanto, nesta etapa das análises foi investida a influência do uso da varanda, comparando os resultados para a sua utilização habitual com a incorporada (sem a esquadria que divide o ambiente interno

da varanda e com fechamento de vidro simples na abertura para o exterior). É válido relembrar que, para esta fase, foram considerados apenas 2 planos imaginários nas simulações, conforme demonstrado no tópico 3.4.

Gráfico 18: E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 35 demonstra a variação da E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro em relação à mudança da configuração habitual para a incorporada. As componentes diretas e refletidas, expostas no “Apêndice C”, foram analisadas com a intenção de aprofundar as comparações entre os modelos com diferenciação de uso da varanda. Ao se comparar os modelos com diferença de configuração, detectou-se que, no plano b.1 das geometrias com 1,05m de dimensão, os valores permaneceram próximos para todas as componentes, apresentando a diferença de -5,3%. Nesta mesma área, nas que possuem 1,65m de profundidade, detectou-se que ocorre o decréscimo das iluminâncias provenientes diretamente do céu e do sol no uso incorporado, com alteração igual a -3,3%. Já nos modelos com 2,25m, também houve a redução das médias das

componentes diretas do céu e do sol na configuração incorporada, o que ocasionou na variação de 12,9%. Neste plano, observa-se que diferenças expressivas causadas pela alteração do uso da varanda ocorreram apenas no par de geometrias com maior profundidade, devido à redução da componente direta. No plano b.2, detectou-se que em todas as geometrias com uso habitual a componente do céu direto era inexistente, ao contrário do estimado para todos os modelos de uso incorporado. Este fenômeno resultou em maiores iluminâncias no uso incorporado e ocasionou uma alteração significativa de -15,2% apenas dentre as geometrias com 1,05m.

Tabela 35: Variação da E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de uso para orientação leste.

Grupo B - Peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação do uso – leste		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-5,3%	-15,2%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-3,3%	-7,1%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	12,9%	-0,3%

Fonte: Autora, 2018.

Para uma melhor análise comparativa entre os resultados, foi calculada a variação da E_{MA} em relação aos modelos com menor dimensão de varanda (sendo $D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$ e $D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$) separados pelo tipo de uso. Ou seja, os cálculos foram realizados entre geometrias com uma mesma função (Tabela 36). Os resultados para o uso habitual foram de 4,7% e 14,9% para o plano b.1 e 11,4% e 33,9% no plano b.2. Para o caso do uso incorporado, os valores obtidos foram de 6,5% e 29,7% no plano b.1 e de 17,6% e 42,5% no plano b.2. Para ambas as funções consideradas neste estudo, observa-se que a alteração da dimensão da varanda apresentou maior influência sobre o plano b.2.

Tabela 36: Variação da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de vidro com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação leste.

Grupo B - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação em relação aos modelos com menor dimensão de varanda – leste					
Modelos habituais	Plano b.1	Plano b.2	Modelos incorporados	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$	-	-	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-	-
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} :$ $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$	4,7%	11,4%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada} :$ $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	6,5%	17,6%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} :$ $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$	14,9%	33,9%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada} :$ $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	29,7%	42,5%

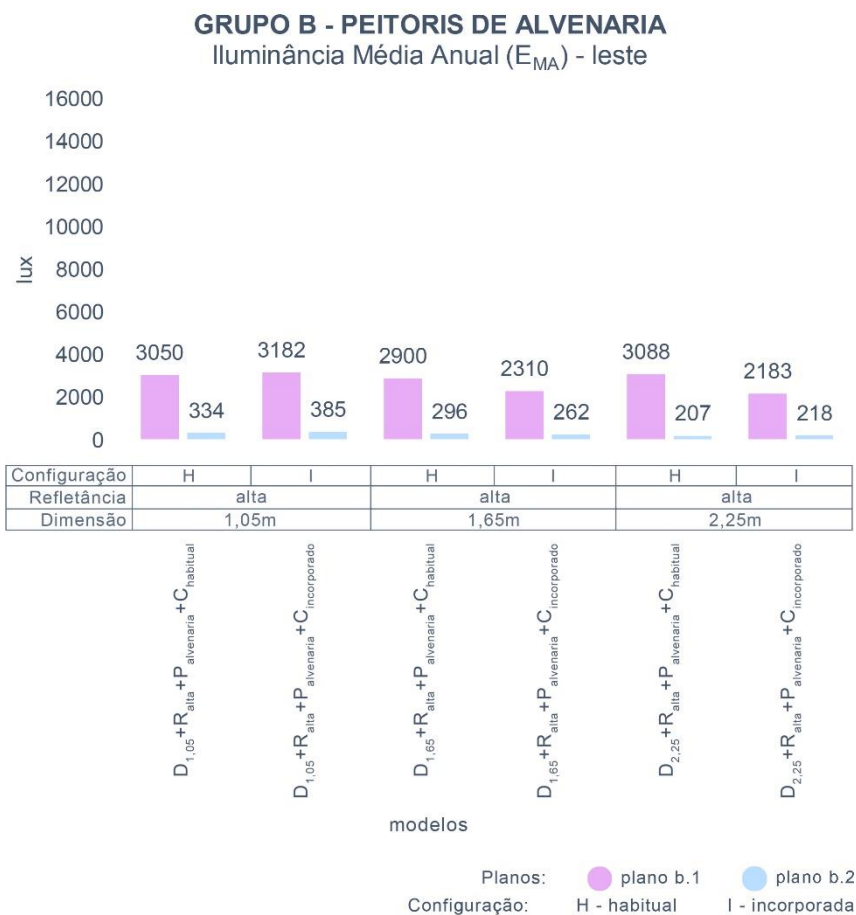
Fonte: Autora, 2018.

Ao comparar os modelos considerando a mudança do uso como, por exemplo, comparando o $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$ com o $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$, constata-se que a variação dos resultados aumenta conforme a profundidade do dispositivo se prolonga, com alcance de maiores diferenças para a função incorporada.

Modelos com peitoril de alvenaria

Os resultados dos modelos com peitoris de alvenaria do grupo B com orientação leste são demonstrados no Gráfico 19. A Tabela 37 traz as alterações estimadas entre os pares em relação à mudança de uso.

Gráfico 19: EMA dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Nesta etapa foram analisadas as componentes diretas e refletidas das modelos, listadas no “Apêndice C”. Ao comparar os pares de geometrias que possuem como única diferença a configuração da varanda, observou-se que, no plano b.1, não há diferenciações consideráveis entre as médias das componentes para modelos com profundidade de 1,05m, os quais atingem alteração e -4,3%. No mesmo plano, nos modelos que apresentam 1,65m de dimensão há o decréscimo das iluminâncias no uso incorporado em todas as componentes, com uma alteração de 20,3%. O mesmo foi percebido nos modelos com 2,25m, que obtiveram variação de 29,3%. Assim, para b.1, a alteração do uso da varanda resultou em diferenças expressivas nos pares com profundidade intermediária e máxima. No plano b.2, observou-se que a diferença entre as médias das componentes apresentadas nas isocurvas estava na presença da componente do céu direto no uso incorporada, enquanto nos modelos de uso habitual esta permaneceu ausente. Este comportamento resultou em alteração significativa de -15,3% nas geometrias com 1,05m e de 11,5% no par com 1,65m. No entanto, constatou-se que não havia indícios sobre qual uso tenderia a obter maior E_{MA} .

Tabela 37: Variação da E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de uso para orientação leste.

Grupo B - peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação do uso - leste		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	-4,3%	-15,3%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	20,3%	11,5%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	29,3%	-5,3%

Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 38 traz a variação da E_{MA} em relação aos modelos com menor dimensão de varanda ($D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$ e $D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$) entre geometrias com mesma função. Para o uso habitual, foram estimadas as alterações de 4,9% e -1,2% para o plano b.1 e de 11,4% e 38,0% no plano b.2. Enquanto que, para o uso incorporado foram encontrados os valores de 27,4% e 31,4% para o plano b.1 e, por fim, no plano b.2 foram obtidas as médias de 31,9% e 43,4%. Sendo assim, percebe-se que alteração da dimensão da varanda apresentou maior influência sobre os modelos com varanda incorporada. Ao analisar a influência da mudança do uso nos resultados, concluiu-se que o grau de alteração dos valores aumenta de acordo com o prolongamento da profundidade do dispositivo de proteção solar e apresenta maiores diferenças para a função incorporada.

Tabela 38: Variação da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação leste.

Grupo B - peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação em relação aos modelos com menor dimensão de varanda – leste					
Modelos habituais	Plano b.1	Plano b.2	Modelos incorporados	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$	0%	0%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	0%	0%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$:	4,9%	11,4%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$:	27,4%	31,9%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$			$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$		
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$:	-1,2%	38,0%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$:	31,4%	43,4%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$			$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$		

Fonte: Autora, 2018.

4.2.1.4 Uniformidade (U)

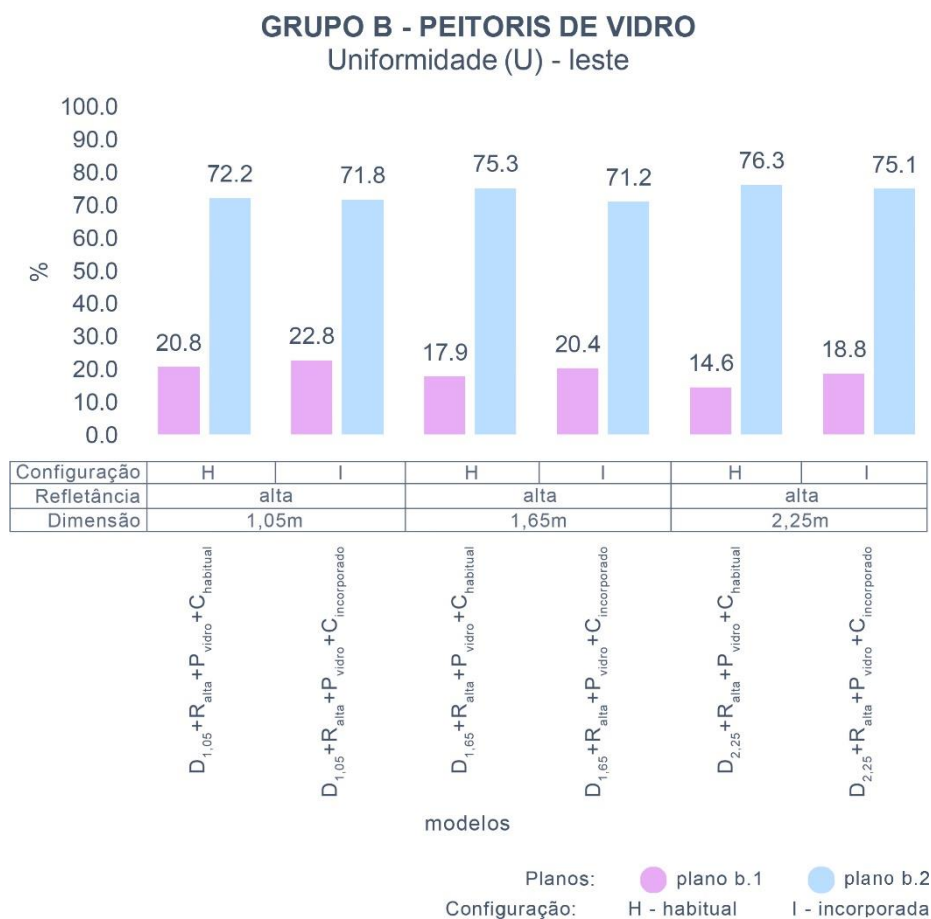
Modelos com peitoril de vidro

O Gráfico 20 demonstra que a mudança do uso da varanda para incorporada ocasionou o aumento da Uniformidade no plano b.1, o qual atingiu maiores variações de acordo com o prolongamento da dimensão da varanda. A Tabela 39 ilustra que o par de geometrias com dimensão da varanda igual a 1,05m obteve variação de -9,6%, para modelos com 1,65m, a diferença foi de -14,0% e dentre os que apresentam 2,25m de profundidade, a estimativa foi de -28,8%. Os cálculos demonstraram que no plano b.2 não ocorreram variações significativas: para o par com dimensão de 1,05m, foi atingido 0,6%; para os que possuem 1,65m, a diferença foi de 5,4% e para as que foram consideradas com 2,05m foi obtido 1,6%.

A variação da U em relação aos modelos $D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$ e $D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$, que foram selecionados como referência de comparação entre as geometrias com mesma configuração por apresentarem a menor dimensão, é apresentada na Tabela 40. Para uso habitual, foram estimadas as alterações de 13,9% e 29,8% no plano b.1 e de -4,3% e -5,7% para o plano b.2. Para a configuração incorporada, os valores foram iguais a 10,5% e 17,5% para o plano b.1, ao passo que, no plano b.2 estimou-se as diferenças de 0,8% e -4,6%. Para ambos os tipos de uso, o aumento da varanda exerceu maior influência sobre o plano b.1. Na região que abrange o plano b.2 não foram identificadas variações significativas. Ao comparar os modelos com mesma dimensão e variação da configuração, constata-se que a

Uniformidade se mantém com maior diferença nos modelos com uso habitual, percebe-se também que os resultados crescem conforme a profundidade da varanda aumenta.

Gráfico 20: U dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 39: Variação da U dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de uso para orientação leste.

Grupo B - Peitoril de vidro - ΔU – variação do uso – leste		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-9,6%	0,6%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-14,0%	5,4%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-28,8%	1,6%

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 40: Variação da U em relação aos modelos de peitoril de vidro com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação leste.

Grupo B - peitoril de vidro - ΔU – variação em relação aos modelos com menor dimensão de varanda – leste

Modelos habituais	Plano b.1	Plano b.2	Modelos incorporados	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$	0%	0%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	0%	0%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$:	13,9%	-4,3%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$:	10,5%	0,8%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$			$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$		
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$:	29,8%	-5,7%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$:	17,5%	-4,6%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$			$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$		

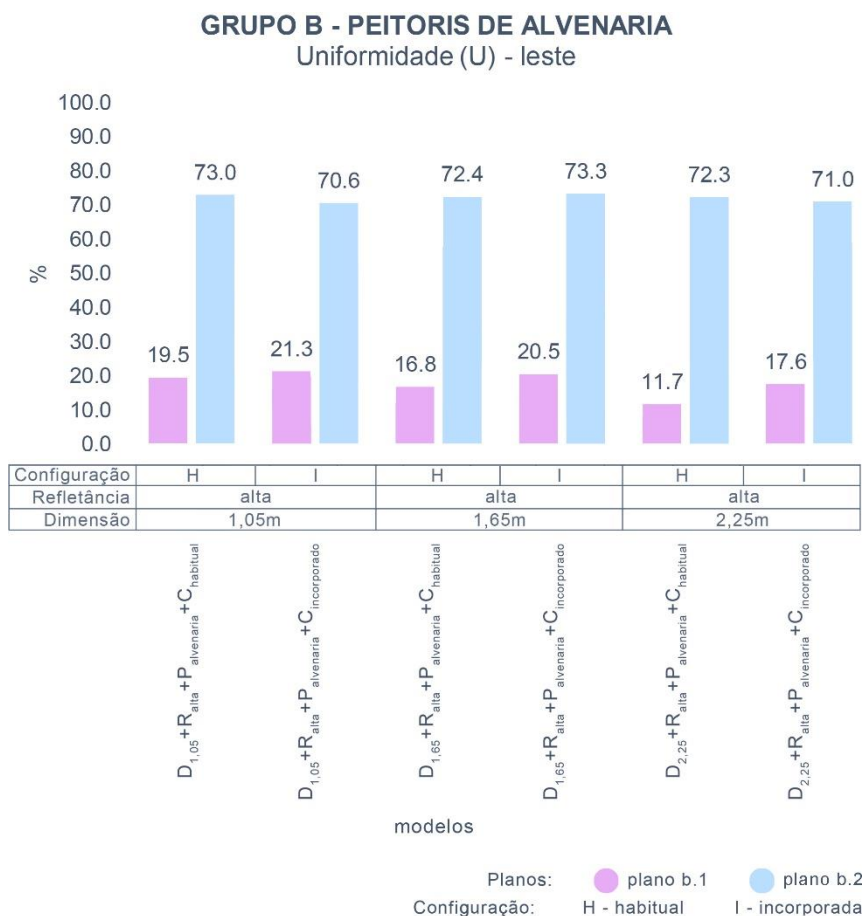
Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoril de alvenaria

Os resultados dos modelos com peitoril de alvenaria são demonstrados no Gráfico 21. A partir dele, constata-se que a alteração da configuração da varanda resultou em variação significativas apenas no plano b1. A Tabela 41 ilustra que foi atingida a variação de -9,2% nas geometrias com dimensão da varanda igual a 1,05m, de -22,0% nos modelos com 1,65m e de -50,4% entre os que possuem 2,25m. Observa-se que as variações foram expressivas. No plano b.2, o par com menor dimensão atingiu 3,3%, o com profundidade intermediária obteve alteração igual a -1,2% e, na profundidade máxima, foi obtido 1,8%. Esses valores demonstram que nesta área do ambiente interno não ocorreram variações significativas relacionadas à mudança da configuração da varanda.

A Tabela 42 demonstra a variação da E_{MA} em relação aos modelos $D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$ e $D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$. Constatou-se que no plano b.1 das geometrias com uso habitual as alterações foram iguais a 13,8% e 40,0%, enquanto que, para a configuração incorporada foram atingidos 3,8% e 17,4%. Em ambas as funções, o aumento da varanda exerceu influência significativa sobre os resultados desta área do ambiente interno e alcançou maiores variações para a situação habitual da varanda. No plano b.2, alcançou-se os valores de 0,8% e 1,0% para a configuração habitual e de -3,8% e -0,6% para os modelos incorporados. Nesta área não foram identificadas alterações significativas.

Gráfico 21: U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 41: Variação da U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de uso para orientação leste.

Grupo B - peitoril de alvenaria - ΔU – variação do uso – leste

Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	-9,2%	3,3%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	-22,0%	-1,2%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	-50,4%	1,8%

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 42: Variação da U em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação leste.

Grupo B - peitoril de alvenaria - ΔU – variação em relação aos modelos com menor dimensão de varanda – leste					
Modelos habituais	Plano b.1	Plano b.2	Modelos incorporados	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$	0%	0%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	0%	0%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$:	13,8%	0,8%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$:	3,8%	-3,8%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$			$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$		
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$:	40,0%	1,0%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$:	17,4%	-0,6%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$			$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$		

Fonte: Autora, 2018.

4.2.2 resultados para a orientação norte

4.2.2.1 Autonomia da Luz Natural Espacial ($ALNe_{120,50\%}$)

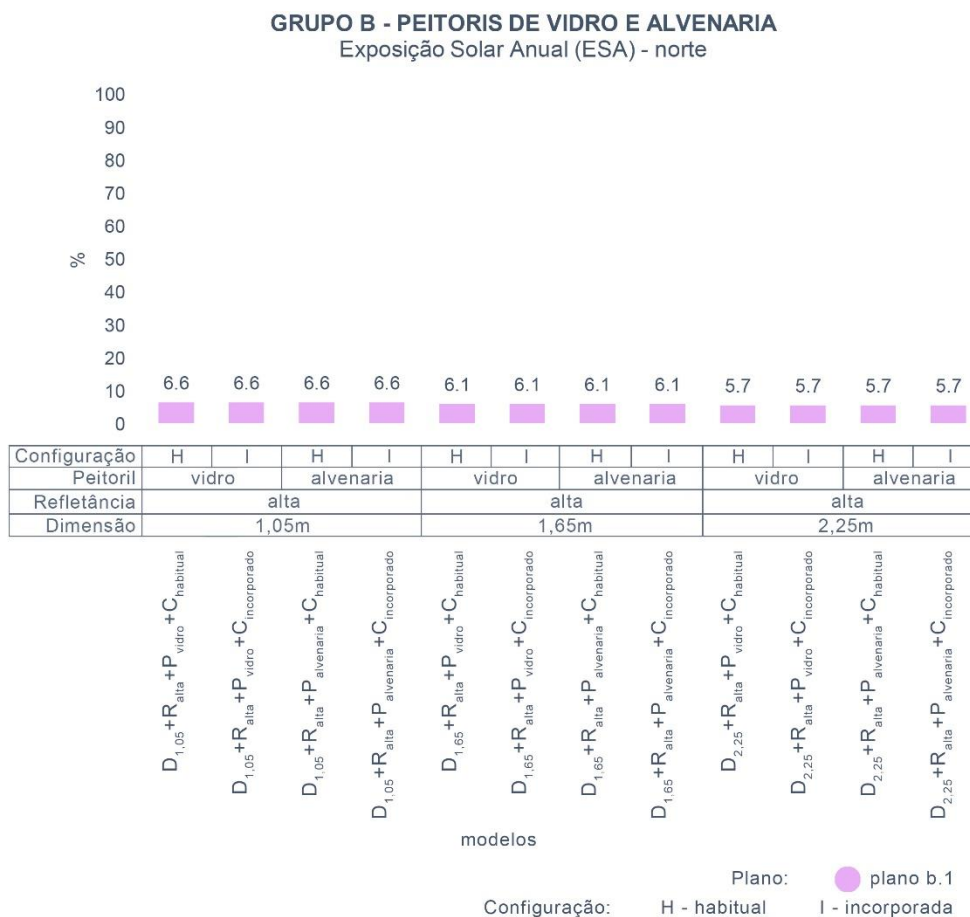
A Autonomia da Luz Natural Espacial dos modelos do grupo B com orientação norte foi igual a 100% nos dois planos de todos os modelos. Como dito anteriormente, as geometrias em estudo alcançaram este valor caracterizado como satisfatório pela LM-83-12 (IES, 2012) devido à alta disponibilidade de luz do dia característica de regiões em estudo em junção com a baixa necessidade de iluminâncias em sala de estar/jantar.

4.2.2.2 Exposição Solar Anual ($ESA_{1000,250h}$)

No Gráfico 22, é visível que os resultados se mantiveram constantes para os modelos com diferenciações de dimensão e peitoril. Demonstra-se, assim, que a $ESA_{1000,250h}$ não é sensível a tais alterações. Apesar de a Exposição Solar Anual relacionar-se com o sombreamento da abertura, observou-se que a variação do dimensionamento da varanda não resultou em diferenças significativas entre os modelos no plano b.1. Nos modelos com varanda de 1,05m, alcançou-se 6,6%; na dupla com 1,65m, atingiu-se 6,1% e, nos modelos com 2,25m, estimou-se 5,7%. Estes valores demonstraram que nesta orientação a ESA atingiu valores classificados como neutros pela LM-83-12 (IES, 2012). Devido ao posicionamento recolhido do plano b.2 na

planta do ambiente, que limita o alcance da radiação solar direta, a $ESA_{1000,250h}$ foi igual a 0% em todas as geometrias - tida como aceitável pela IES.

Gráfico 22: ESA do plano b.1 dos modelos com peitoris de vidro e alvenaria do grupo B orientados para norte.

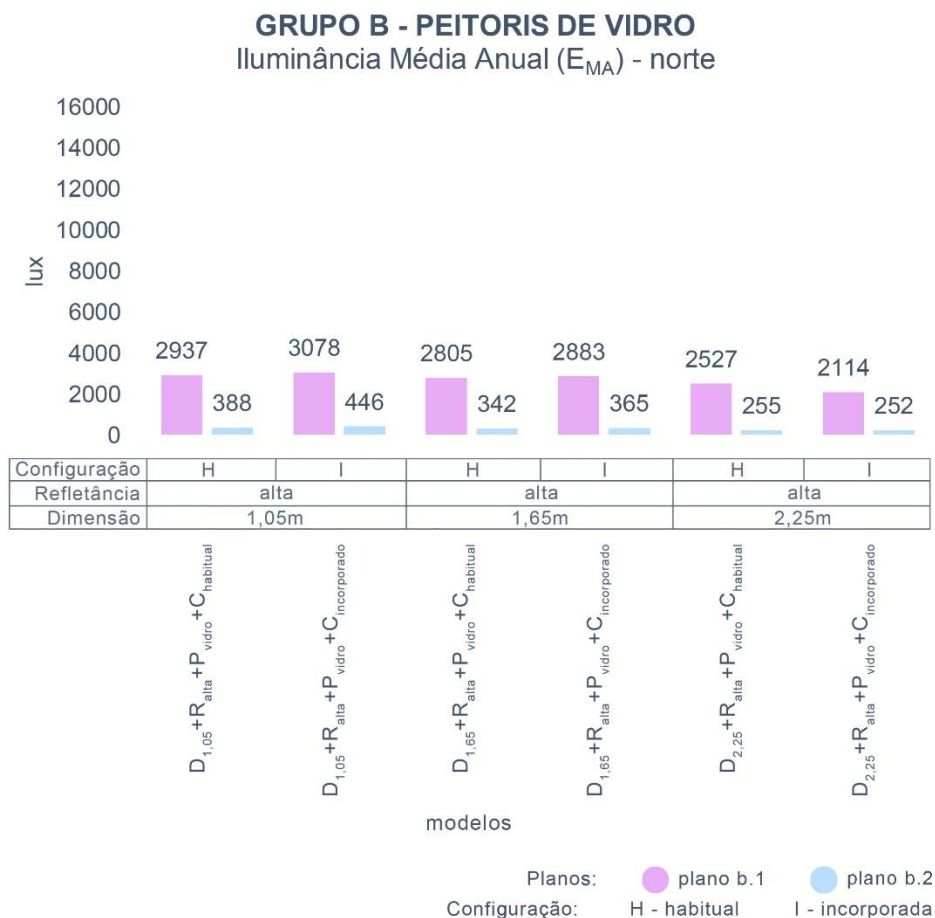


Fonte: Autora, 2018.

4.2.2.3 Iluminância Média Anual (E_{MA})

Modelos com peitoril de vidro

O Gráfico 23 demonstra os resultados para a orientação norte dos modelos com peitoril de vidro do grupo B. Já a Tabela 43 expõe a variação da E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro em relação à mudança da configuração de habitual para incorporada.

Gráfico 23: E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.

Fonte: Autora, 2018.

Ao analisar as componentes diretas e refletidas – contidas no “Apêndice D” –, detectou-se que no plano b.1 das geometrias com 1,05m as médias de todas as componentes permaneceram próximas, com diferença de -4,8%. O mesmo acontece com as geometrias que possuem 1,65m, as quais apresentaram alteração de -2,8%. Em contraste, nos modelos com 2,25m houve o decréscimo das iluminâncias das componentes diretas do céu e do sol na configuração incorporada, o que levou à variação de 16,9%. Entende-se, portanto, que houve diferença expressiva ocasionada pela alteração do uso da varanda apenas na geometria com maior profundidade, decorrente da redução da componente direta. No plano b.2, foi observada ausência da componente do céu direto em todas as geometrias de uso habitual, enquanto em todas as situações de varanda incorporada esta componente manteve-se nula. Observa-se que esta diferença resultou em alteração significativa apenas entre as geometrias com 1,05m igual a -14,9%.

Tabela 43: Variação da E_{MA} dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de uso para orientação norte.

Grupo B - Peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação do uso – norte		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-4,8%	-14,9%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-2,8%	-6,7%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	16,3%	1,2%

Fonte: Autora, 2018.

A variação da E_{MA} em relação aos modelos com menor dimensão de varanda, separando-os pelo tipo de uso, é expressa pela Tabela 44. Observa-se que os resultados para o uso habitual foram de 4,5% e 14,0% no plano b.1 e de 11,9% e 34,3% no plano b.2. Para o uso incorporado foram obtidos os valores de 6,3% e 31,3% no plano b.1 e de 18,2% e 43,5% no plano b.2. Para as duas situações, observou-se que a alteração da profundidade da varanda exerceu maior influência sobre o plano b.2. Ao considerar a mudança do uso nas comparações constatou-se que a alteração entre as médias aumenta conforme a dimensão do dispositivo estende-se, alcançado maiores diferenças na função incorporada.

Tabela 44: Variação da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de vidro com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.

Grupo B - peitoril de vidro - ΔE_{MA} – variação em relação aos modelos com menor dimensão de varanda – norte					
Modelos habituais	Plano b.1	Plano b.2	Modelos incorporados	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$	0%	0%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	0%	0%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$	4,5%	11,9%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	6,3%	18,2%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$	14,0%	34,3%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	31,3%	43,5%

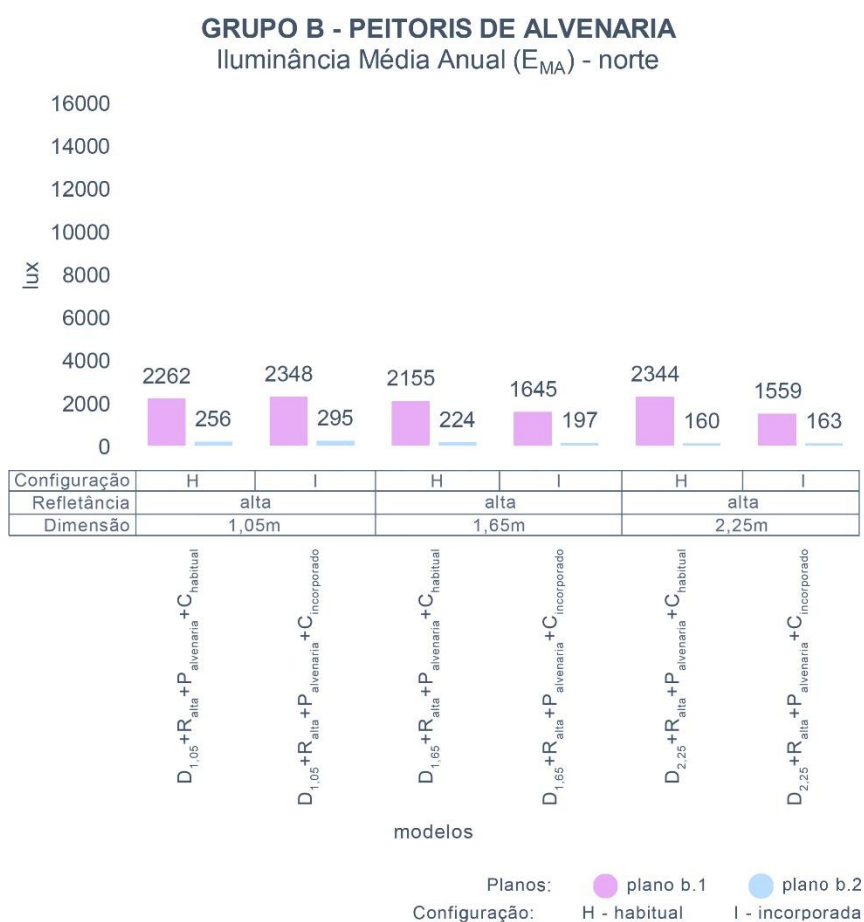
Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoril de alvenaria

Os modelos com peitoris de alvenaria do grupo B orientados para norte tem seus resultados expostos no Gráfico 24. As componentes diretas e refletidas, listadas no “Apêndice D”, juntamente com as porcentagens expostas pela Tabela 45, demonstram que no plano b.1 dos pares de modelos com profundidade de 1,05m não ocorreram variações expressivas nas médias

de todas as componentes, atingindo-se a diferença de -3,8%. Já nos pares de geometrias que apresentam 1,65m e 2,25m, observou-se o decréscimo das médias de todas as componentes, com alterações iguais a 23,7% e 33,5%, respectivamente. Percebe-se, neste plano dos modelos com peitoril de alvenaria, que a alteração da configuração da varanda levou a mudanças expressivas nos pares com profundidade intermediária e máxima. No plano b.2, observa-se a presença da componente do céu direto nos modelos com varanda incorporada, enquanto no caso do uso habitual esta se faz ausente. Nesta área, foram observadas alterações significativas nos pares de geometrias com 1,05m (-15,2%) e com 1,65m (12,1%), sem identificação de tendência entre os resultados.

Gráfico 24: E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 46 traz a variação da E_{MA} em relação aos modelos com menor dimensão de varanda entre modelos com mesma configuração. Observa-se que o uso habitual alcançou alterações de 4,7% e -3,6% no plano b.1 e de 12,5% e 37,5% no plano b.2. No uso incorporado

os valores estimados foram de 29,9% e 33,6% no plano b.1 e no plano b.2 foram atingidos 33,2% e 44,7%. Estes valores demonstram que alterar a profundidade da varanda exerceu maior influência sobre os resultados da configuração incorporada. Também se observa que grau de alteração cresceu conforme a profundidade do dispositivo aumentou, resultando em maiores diferenças na função incorporada.

Tabela 45: Variação da E_{MA} dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de uso para orientação norte.

Grupo B - peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação do uso – norte		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	-3,8%	-15,2%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	23,7%	12,1%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	33,5%	-1,9%

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 46: Variação da E_{MA} em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.

Grupo B - peitoril de alvenaria - ΔE_{MA} – variação em relação aos modelos com menor dimensão de varanda – norte					
Modelos habituais	Plano b.1	Plano b.2	Modelos incorporados	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$	0%	0%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	0%	0%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} :$ $D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$	4,7%	12,5%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada} :$ $D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	29,9%	33,2%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} :$ $D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$	-3,6%	37,5%	$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada} :$ $D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	33,6%	44,7%

Fonte: Autora, 2018.

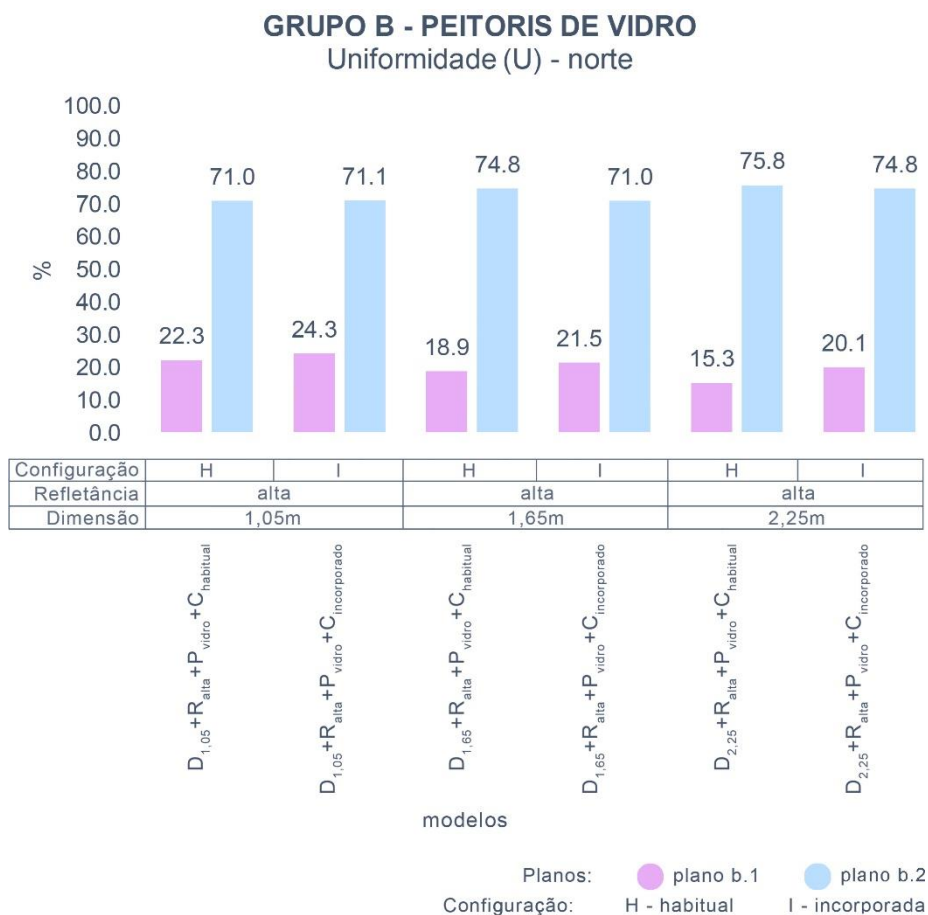
4.2.1.4 Uniformidade (U)

Modelos com peitoril de vidro

Pelo exposto no Gráfico 25, a alteração da configuração da varanda para incorporada resultou no aumento da Uniformidade no plano b.1, a qual apresentou maiores variações conforme considera-se o prolongamento da profundidade do dispositivo. Na listagem das

variações entre os pares de geometrias da Tabela 47, observa-se que: na dimensão de 1,05m, foi atingida a diferença de -9,0%; nos modelos com 1,65m, esta foi de -13,8% e nos que apresentam 2,25m, de -31,4%. Nesta área, observa-se que a incorporação aumentou a Uniformidade, especialmente nas geometrias com maior dimensão. No plano b.2 não ocorreram variações significativas entre os pares, onde os valores se mantiveram entre -0,1% e 5,1%.

Gráfico 25: U dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 47: Variação da U dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de uso para orientação norte.

Grupo B - Peitoril de vidro - ΔU – variação do uso – norte

Modelos	Plano b.1	Plano b.2
D _{1,05} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual} : D _{1,05} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}	-9,0%	-0,1%
D _{1,65} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual} : D _{1,65} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}	-13,8%	5,1%
D _{2,25} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual} : D _{2,25} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}	-31,4%	1,3%

Fonte: Autora, 2018.

A variação da U em relação aos modelos de menor dimensão com uso compatível é apresentada na Tabela 48. Os resultados da configuração incorporada foram de 15,2% e 31,4% para o plano b.1, enquanto que, no plano b.2, estimou-se -5,4% e -6,8%. O uso habitual atingiu alterações de 11,5% e 17,3% no plano b.1 e de 0,1% e -5,2% no plano b.2. Assim, conclui-se que o prolongamento da varanda interfere significativamente apenas no plano b.1.

Tabela 48: Variação da U em relação aos modelos de peitoril de vidro com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.

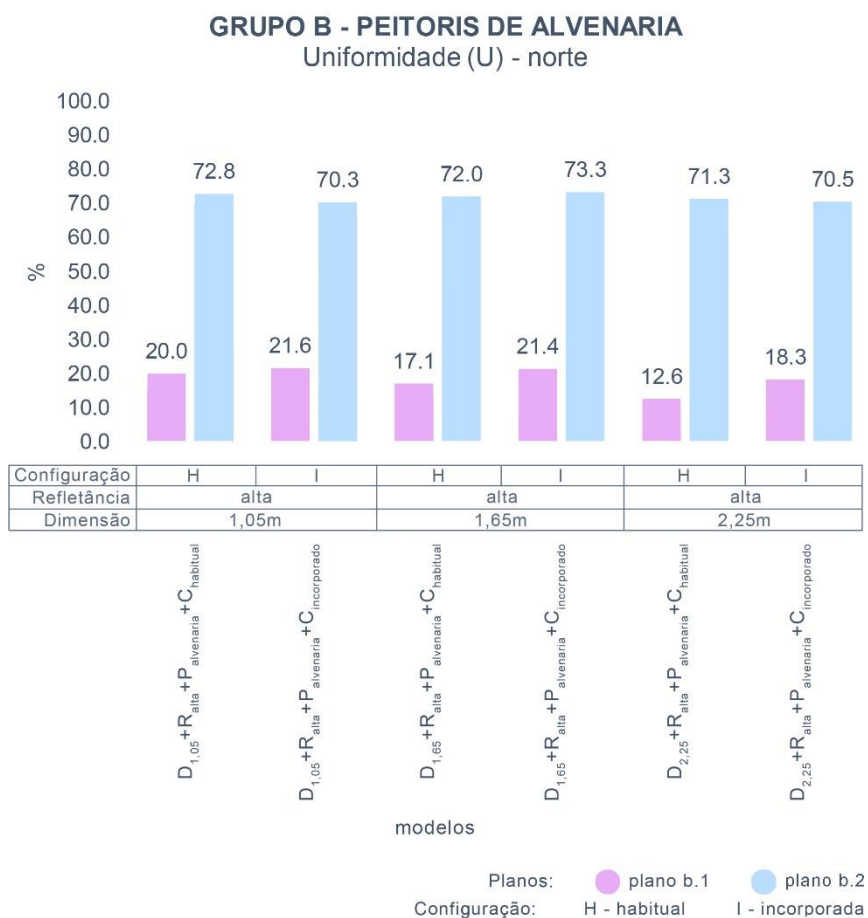
Grupo B - peitoril de vidro - ΔU – variação em relação aos modelos com menor dimensão de varanda – norte					
Modelos habituais	Plano b.1	Plano b.2	Modelos incorporados	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$	0%	0%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	0%	0%
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$:	15,2%	-5,4%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$:	11,5%	0,1%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$			$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$		
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$:	31,4%	-6,8%	$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$:	17,3%	-5,2%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$			$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$		

Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoril de alvenaria

Os resultados da Uniformidade dos modelos com peitoril de alvenaria estão ilustrados no Gráfico 26. As variações entre os pares de geometrias são demonstradas na Tabela 49. Nela, observa-se que foi atingida a diferença de -8,0% nas geometrias com varanda de 1,05m, de -25,1% nas que possuem 1,65m e de -45,2% dentre as com 2,25m de dimensão. Estes valores demonstram que alterar a configuração da varanda para incorporada resultou em maior Uniformidade. No plano b.2, constatou-se que o par com menor dimensão atingiu 3,4%, no com profundidade intermediária foi estimado -1,8%, na profundidade máxima foi obtido apenas 1,1%. Tais valores atestam que nesta área do ambiente interno não ocorreram variações significativas relacionadas à mudança da configuração da varanda.

Gráfico 26: U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 49: Variação da U dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de uso para orientação norte.

Grupo B - peitoril de alvenaria - ΔU – variação do uso – norte

Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	-8,0%	3,4%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	-25,1%	-1,8%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$	-45,2%	1,1%

Fonte: Autora, 2018.

A variação da U em relação aos modelos $D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{habitual}$ e $D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria}+C_{incorporada}$, escolhidos como referência por serem de menor dimensão, é demonstrada na Tabela 50. Os cálculos apontaram que no plano b.1 das geometrias com uso habitual as alterações foram de 14,5% e 37,0% e, para as de varanda incorporada, foram atingidos 0,9% e 15,3%. Em ambas as funções, o aumento da varanda exerceu influência significativa sobre os resultados desta área do ambiente interno, especialmente para as

geometrias situação em configuração habitual. No plano b.2, os valores foram de 1,1% e 2,1% na configuração habitual e de -4,3% e -0,3% para os modelos incorporados. Estes resultados demonstram que não foram identificadas alterações significativas nesta área.

Tabela 50: Variação da U em relação aos modelos de peitoril de alvenaria com menor dimensão de varanda do grupo B para orientação norte.

Grupo B - peitoril de alvenaria - ΔU – variação em relação aos modelos com menor dimensão de varanda – norte					
Modelos habituais	Plano b.1	Plano b.2	Modelos incorporados	Plano b.1	Plano b.2
D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{habitual}	0%	0%	D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{incorporada}	0%	0%
D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{habitual} :	14,5%	1,1%	D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{incorporada} :	0,9%	-4,3%
D _{1,65} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{habitual}			D _{1,65} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{incorporada}		
D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{habitual} :	37,0%	2,1%	D _{1,05} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{incorporada} :	15,3%	-0,3%
D _{2,25} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{habitual}			D _{2,25} +R _{alta} +P _{alvenaria} +C _{incorporada}		

Fonte: Autora, 2018.

4.3 Conclusões do capítulo

4.3.1 A interferência de tipologias de peitoris no aproveitamento da iluminação natural

Os resultados da Iluminâncias Médias Anuais (E_{MA}) demonstraram que as diferenças entre as médias dos planos são expressivas, tanto para os que possuem peitoril de vidro quanto para os de alvenaria. Esse fato está diretamente relacionado a três fatores:

1. o plano a.1 abrange unicamente a área da varanda que possui como uma de suas principais funções sombrear a abertura e é responsável por receber a maior parcela de radiação direta – por conseguinte, atingiu as maiores iluminâncias;
2. o plano a.2 atingiu o intervalo de médias intermediário pois, apesar de apresentar visibilidade de céu em toda a sua área através da esquadria, foi protegido da radiação solar direta pelo sombreamento da varanda; e
3. o plano a.3 apresentou os menores valores, por possuir um posicionamento afastado que limita a visibilidade da abóbada celeste: limitar o contato de alguma área do ambiente interno com o exterior resulta na exclusão da componente direta.

As análises das Iluminâncias Médias Anuais (E_{MA}) apresentaram que os modelos com varandas com peitoril de vidro alcançaram maiores resultados no ambiente interno quando

comparados com os de fechamento em alvenaria. Para a orientação leste, os cálculos da variação entre os pares de modelos que possuíam como única diferença o material do peitoril foram de 20,2% a 25,9% no plano a.1, de 12,6% a 36,4% no plano a.2 e de 15,0% a 37,8% no plano a.3. Para a orientação norte, foram obtidas alterações entre 18,7% e 23,9% no plano a.1, 14,1% e 37,3% no plano a.2 e 16,2% e 38,6% no plano a.3.

Quanto à influência das variáveis no aproveitamento luminoso, os cálculos entre os modelos com variação da refletância apontaram que a E_{MA} decresce conforme a refletância diminui, alcançado maior porcentagem de variação dos resultados. Para os modelos orientados para leste, a diminuição foi de 5,8% a 41,1% e de 10,0% a 44,6% para a norte. Ao avaliar tendo a profundidade como variável, observou-se que em todas as situações os resultados máximos da E_{MA} foram referentes às varandas com menor dimensão e os mínimos para os modelos com maior dimensão. Os modelos com orientação leste obtiveram decréscimo entre 17,1% a 66,4% e os orientados para o norte, de 15,8% a 64,9%.

As geometrias com varanda com peitoril de vidro atingiram menores valores da Uniformidade em relação aos com fechamento de alvenaria em todas as situações. Apesar disso, foram detectadas variações significativas apenas plano a.1 em alguns casos. Os resultados das componentes direta e refletida esclareceram que, no plano a.1, a Uniformidade é o resultado das elevadas iluminâncias provenientes da radiação solar direta incidente na área em relação à pouca profundidade do plano. No plano a.2, a maior parcela de iluminação natural é garantida pela componente refletida em adição com a direta que ultrapassa o sombreamento da varanda. E o valor atingido pelo plano a.3 está relacionado com o posicionamento deste na planta do ambiente interno que, por estar afastado da abertura e não possuir visibilidade do céu, garante a iluminação natural unicamente pela componente refletida interna.

A comparação entre os resultados do plano a.1 nos modelos com variação da refletância da varanda demonstrou para a orientação leste as geometrias atingiram decréscimos de 15,0% a 33,6% e para a norte foram atingidos os intervalos de 18,4% a 33,3%. No plano a.2 foram atingidos os acréscimos de -1,8% a -21,8% para leste e de -2,2 a -20,7% para a norte. E no plano a.3, a refletância da varanda não exerce influência considerável em nenhuma das situações estudadas. Quanto à influência da profundidade, no plano a.1 para a orientação leste foi estimado para as geometrias com peitoril de vidro a diminuição entre o intervalo de 24,2% e 40,9% e para a orientação norte obtiveram-se valores de 21,9% a 36,0%. No plano a.2, calculou-se que para a orientação leste foi atingido de -19,5% a 46,6% e para a norte o aumento foi de -17,8% a -42,4%. No plano a.3, constatou-se que a profundidade não resultou em alterações consideráveis da Uniformidade.

Em todos os planos de todos os modelos estudados foi constatado que a Autonomia da Luz Natural Espacial ($ALNe_{120,50\%}$) foi igual a 100%, tanto para a orientação leste quanto para a norte. Observou-se que para este indicador as alterações nas características dos modelos não resultaram em diferenças nos valores estimados. Para Exposição Solar Anual ($ESA_{1000,250h}$) no plano a.1 obteve-se os mesmos resultados dentre as geometrias com a mesma profundidade, os números mantiveram-se acima de 10%, tanto para a orientação leste quanto norte. Nos planos a.2 e a.3, a $ASE_{1000,250h}$ estimada foi igual a 0% em ambas as orientações estudadas, classificação considerada “aceitável”.

4.3.2. A influência de incorporar a varanda ao ambiente interno

A Autonomia da Iluminação Natural Espacial obteve classificação “favorável” em todos os modelos, pois atingiu o resultado de 100%. As Exposições Solares Anuais do plano b.1 não foram obtidas variações consideráveis entre os modelos. Para a orientação leste, o resultado máximo foi de 8,3% e para a norte foi igual a 6,6% na menor profundidade. No plano b.2, a $ASE_{1000,250h}$ estimada foi igual a 0% em todas as situações.

Os valores das Iluminâncias Médias Anuais (E_{MA}) demonstraram um aumento na variação das médias dos modelos com peitoril de vidro em relação à mudança da configuração habitual para a incorporada. Disso resultaram alterações significativas apenas no par de geometrias com maior profundidade – 12,9% para a orientação leste e 16,3% para a norte. Ainda sobre esta área, para os modelos com o peitoril de alvenaria foram alcançados decréscimos significativos no uso incorporado, em duas dimensões distintas: nas geometrias com 1,65m, com 20,3% para leste e 23,7% para norte e, nas que possuem 2,25m, com variações de 29,3% no eixo leste e 33,5% no norte. No plano b.2, detectou-se que em todas as geometrias com uso habitual a componente do céu direto era inexistente, ao contrário do estimado para todos os modelos de uso incorporado (Apêndices A e B). Para as geometrias com peitoris de vidro, percebe-se que este fenômeno resultou em maiores iluminâncias no uso incorporado e ocasionou aumentos significativos apenas nos objetos de estudo com 1,05m, sendo de -15,2% para orientação leste e de -14,9% para norte. Nas geometrias com peitoris de alvenaria não foram detectados padrões que indicassem uma tendência.

Os resultados da Uniformidade referentes aos modelos com peitoris de vidro elucidaram que a mudança do uso da varanda para incorporada ocasionou o aumento das porcentagens no

plano b.1, o qual atingiu maiores variações de acordo com o prolongamento da dimensão da varanda. Para o eixo leste, foram estimadas aumento entre -9,6% e -28,8%, enquanto para o eixo norte estimaram-se valores entre -9,0% a -31,4%. O mesmo não foi observado nos modelos com peitoris de alvenaria, pois estes não apresentaram tendência nos resultados para esta mesma área. Os cálculos demonstraram que no plano b.2 não ocorreram variações significativas em nenhuma das situações estudadas.

CONCLUSÕES

A interferência de tipologias de peitoris no aproveitamento da iluminação natural

Neste trabalho foi avaliada a influência da varanda no aproveitamento da luz do dia em edifícios residenciais verticais multifamiliares em Maceió/AL. Buscou-se analisar a compreensão da interferência do material do peitoril na luz natural no ambiente interno e a investigação da influência que a incorporação da varanda exerce sobre a iluminação segundo quatro indicadores de desempenho distintos.

As simulações demonstraram que em todos os planos de todos os modelos estudados foi constatado que a Autonomia da Luz Natural Espacial ($ALNe_{120,50\%}$) foi igual a 100% em ambas as orientações simuladas. Para esse indicador, as variações dos parâmetros propostos na metodologia deste trabalho não resultaram em alterações nos resultados. Entende-se que o fato de os modelos terem alcançado este valor, classificado como “favorável” pela LM-83-12 (IES, 2012), está associado ao tipo de uso do ambiente em estudo, que necessita de apenas 120lx para garantir conforto aos seus usuários, e à elevada disponibilidade de luz natural característica dos trópicos, que garante considerável exposição à radiação solar nas geometrias. Outras questões que influenciaram nos resultados estão associadas com a relação da dimensão da abertura e a profundidade do ambiente interno, bem como, a inexistência de obstruções externas. Neste estudo, a $ALNe_{120,50\%}$ apenas caracterizou o aproveitamento da luz natural, não sendo útil para a realização de um estudo comparativo entre os modelos aqui avaliados.

Para Exposição Solar Anual ($ESA_{1000,250h}$), no plano a.1 permaneceu com o mesmo resultado dentre os modelos com a mesma profundidade de varanda, independentemente de suas características quanto ao material do peitoril e refletância das superfícies. Os resultados mantiveram-se superiores a 10%, sendo classificados como “insatisfatórios” pela LM-83-12 (IES, 2012). No plano a.2 a $ASE_{1000,250h}$ estimada foi igual a 0%, tanto para o leste quanto para o norte, esse resultado está diretamente relacionado com a existência da varanda que sombreia a abertura mesmo nas situações com menor profundidade. Para o plano a.3, também foi alcançada $ESA_{1000,250h}$ “aceitável” igual a 0%, nas duas orientações estudadas. Nesta área, observa-se que este valor está associado ao seu posicionamento recuado na planta do ambiente. Destaca-se que o plano a.1 foi o único a não atender ao recomendado pela $ESA_{1000,250h}$. No entanto, é válido destacar que este compreende apenas a área da varanda, não sendo caracterizado como

ambiente interno. Assim, a existência deste dispositivo sombreador foi responsável por garantir o aproveitamento adequado da luz natural no ambiente interno.

Como esperado, as análises inferiram que os modelos com peitoril de vidro atingiram maiores resultados, os cálculos da variação demonstraram que foi atingido o intervalo de 12,6% a 37,8% dentre os planos estudados orientados para leste e de 14,1% a 38,6% para norte. Estes valores apontam a relevância da escolha do material do fechamento do peitoril em um projeto arquitetônico, visto que este não interfere unicamente na estética da fachada. Deve-se considerar que o tipo de material utilizado irá influenciar significativamente na E_{MA} do ambiente interno. Quanto à influência da refletância no aproveitamento luminoso, com o esperado os valores da E_{MA} decrescem conforme a refletância diminui. Os cálculos também demonstraram que a escala da variação cresce conforme a profundidade da varanda dos modelos aumenta, tendo atingido diferenças a diminuição foi de 5,8% a 41,1% para a orientação leste e de 10,0% a 44,6% para a norte. Ao considerar a profundidade como variável, observou-se que em todas as situações os resultados máximos da E_{MA} foram referentes às varandas com menor dimensão e os mínimos para os modelos com maior profundidade. Para leste, foram obtidas alterações entre 17,1% a 66,4% e para os orientados para o norte de 15,8% a 64,9%. Ao comparar os resultados das variações, tem-se que a dimensão da varanda gerou maiores diferenças nos resultados da E_{MA} do que a alteração da refletância de suas superfícies internas em todos os planos.

A Uniformidade dos modelos com varanda com peitoril de vidro atingiu resultados inferiores aos alcançados pelos com fechamento de alvenaria em todas as situações. No entanto, foram detectadas variações significativas apenas em algumas situações no plano a.1. Os valores obtidos demonstram que o material do fechamento do peitoril não influenciou significativamente na U nos planos a.2 e a.3, correspondente ao ambiente interno. A comparação entre os resultados do plano a.1 nos modelos com variação da refletância da varanda demonstrou que a Uniformidade decresce conforme a reflexão das superfícies diminui, resultando em decréscimos significativos de 15,0% a 33,6% para o lado leste e de 18,4% a 33,3% para o norte. Diferentemente do que ocorre no plano a.2, onde o escurecimento da cor da varanda resultou em aumento expressivo da U apenas nos modelos com 2,25m, que atingiram diferença de -20,3% a -21,8% para leste, enquanto que para o norte foi de -17,9% a 20,7%. No plano a.3, a refletância da varanda não exerce influência considerável em nenhuma das situações estudadas. Quanto à influência da profundidade, no plano a.1 a escala da variação tende a aumentar conforme a refletância diminui. No plano a.2, foi observado que o prolongamento da profundidade provocou o aumento da Uniformidade, com alteração que tende a aumentar conforme a refletância diminui. No plano a.3, constatou-se que a profundidade não resultou em alterações consideráveis da

Uniformidade. Ao comparar os resultados das variações, conclui-se que a mudança da dimensão da varanda resultou em maiores diferenças nos resultados da U do que a alteração da refletância em todos os planos.

Esta pesquisa demonstrou que, nos modelos estudados todas as variáveis consideradas resultaram em alterações significativas nos resultados da E_{MA} e da U. Para a ESA, apenas a profundidade provocou alterações, enquanto que a ALNe não respondeu a nenhuma das mudanças nos modelos. Os resultados alcançados nesta pesquisa demonstraram que ao projetar uma varanda é relevante saber definir suas características combinando a necessidade de aproveitar a iluminação natural adequadamente com os demais condicionantes do projeto. Por exemplo, caso seja necessário prover uma varanda profunda a uma sala de estar é preferível que suas paredes sejam claras e que seja utilizado peitoril de vidro. Em outra situação, pode ser que seja importante para a composição estética da fachada que a varanda tenha peitoril de alvenaria, neste contexto é possível a utilização de profundidade e refletância intermediárias. É importante apontar que ao projetar uma edificação com varanda deve-se ponderar sobre quais aspectos são mais relevantes para cada edificação em particular, considerando não somente as variáveis analisadas neste estudo, como também: as necessidades estéticas da fachada, o tamanho da esquadria, a orientação, o conforto térmico, o nível de iluminação adequado para o local, entre outros.

A influência de incorporar a varanda ao ambiente interno

A Autonomia da Iluminação Natural Espacial obteve classificação “favorável” em todos os modelos, pois atingiu o resultado de 100%. Assim como o pontuado para o grupo A, a $ALNe_{120,50\%}$ não foi capaz de viabilizar o estudo comparativo dos modelos aqui avaliados. As Exposições Solares Anuais do plano b.1 demonstraram que apesar das alterações na dimensão do dispositivo, não foram obtidas variações consideráveis entre os modelos. Para a orientação leste, o resultado máximo foi de 8,3% e para a norte foi igual a 6,6% na menor profundidade. No plano b.2, a $ASE_{1000,250h}$ estimada foi igual a 0% em todas as situações. Este resultado está vinculado ao posicionamento recolhido desta área na planta do ambiente, visto que a localização deste plano limita o alcance da radiação solar direta.

Conforme citado na metodologia, o plano b.1, existente nos modelos do grupo B, corresponde ao somatório dos planos a.1 e a.2, considerados no grupo A. Na comparação dos

resultados obtidos para a área que estes planos abrangem, percebeu-se que com um plano obtém-se valores menores em todos os indicadores estudados. Isso acontece devido à alteração que esta mudança representa na dimensão do plano imaginário: como se sabe, a iluminação lateral decresce de acordo com o aumento da profundidade do ambiente. Ao analisar os modelos considerando-se apenas um plano (na situação incorporada), os valores máximos obtidos na zona próxima à abertura misturam-se com os mínimos encontrados na área afastada, o que reduz a média final.

As Iluminâncias Médias Anuais (E_{MA}) demonstraram diferenças entre os modelos com peitoril de vidro e alvenaria no desempenho da luz. Para os com fechamento transparente, foi detectado um decréscimo significativo na situação incorporada apenas no par de geometrias com maior profundidade (12,9% para a orientação leste e 16,3% para a norte). Para os modelos com o material opaco, foram alcançados decréscimos significativos no uso incorporado entre as geometrias com dimensão intermediária (20,3% para leste e 23,7% para norte) e na máxima (29,3% no eixo leste e 33,5% no norte). No plano b.2, considerando os peitoris de vidro observou-se maiores iluminâncias no uso incorporado, as quais ocasionaram em aumentos significativa apenas nos objetos de estudo com 1,05m (-15,2% para orientação leste e de -14,9% para norte). Nas geometrias com peitoris de alvenaria não foram detectados padrões que indicassem uma tendência neste plano. Os resultados alcançados pela E_{MA} nesta pesquisa demonstraram que incorporar uma varanda ao ambiente interno pode resultar no decréscimo das iluminâncias, no entanto, esta diferença associada a mudança do uso não comprometeu a iluminação natural interna. Observou-se que, apesar das diferenças dos valores, a sala ainda possui quantidade de luz adequada em ambas as configurações estudadas.

Quanto a Uniformidade dos modelos com peitoris de vidro, foi visto que a mudança do uso da varanda para incorporada ocasionou o aumento das porcentagens no plano b.1, o qual atingiu maiores variações de acordo com o prolongamento da dimensão da varanda (à leste, foram estimados aumentos entre -9,6% e -28,8% e para norte entre -9,0% a -31,4%). Sendo assim, os resultados desta zona apontaram que a incorporação levou ao aumento significativo da U apenas entre os modelos com maior dimensão de varanda. Os cálculos demonstraram que no plano b.2 não ocorreram variações significativas em nenhuma das situações estudadas.

Nestas análises constata-se que na área com visibilidade de céu (plano b.1) a incorporação da varanda resultou em comportamentos inversos entre a E_{MA} e U, ou seja, o uso incorporado teve menores resultados da Iluminâncias Médias Anuais e maiores da Uniformidade em relação ao uso habitual. Diante desta situação, o arquiteto precisa ponderar quais as necessidades do ambiente considerando o tipo de atividade de será exercido nele, e assim, dar

preferência a um desses indicadores. Destaca-se que a uniformidade não é o parâmetro principal a ser considerado para salas de estar e jantar, devido ao tipo de atividade comumente exercido em uma habitação. Quanto à área mais afastada (plano b.2) observou-se que a alteração do uso não influenciou na iluminação de maneira considerável na maioria dos casos.

A incorporação, além de dar um novo uso à varanda e de criar um espaço único maior, traz as vantagens de conferir maior privacidade, proteção contra as intempéries e de anemizar o impacto de ruídos externo na sala. No entanto, é importante apontar que ao considerar a possibilidade de incorporar a varanda ao ambiente interno deve-se ter em mente que esta alteração interfere não somente no conforto luminoso, mas também no conforto térmico destes espaços. Ao vedar a abertura externa da varanda o usuário impede a ventilação natural e aumenta a carga térmica deste ambiente, visto que o vidro limita a saída do calor transmitido pela radiação solar direta. Estes aspectos poderiam ser amenizados com o uso de condicionamento artificial que, por sua vez, aumenta o consumo energético da habitação. Observa-se que existem vantagens e desvantagens a serem consideradas quanto à incorporação da sala, é importante que o usuário tem consciência destas questões para tomar a decisão que melhor se adapte às suas necessidades.

Comparação entre os resultados das orientações leste e norte

A comparação dos resultados obtidos para as duas orientações consideradas neste estudo demonstrou que, de acordo com o esperado, os valores estimados para todos os indicadores de desempenho analisados dos modelos voltados para leste foram superiores aos atingidos para os com abertura norte. Apesar das diferenças entre os valores obtidos, as variações calculadas no estudo comparativo entre os modelos quanto a refletância, profundidade e tipologia do peitoril mantiveram-se aproximadas em ambas as orientações.

Limitações do trabalho

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foram encontradas algumas limitações. Como pode-se observar *in loco*, existe uma terceira variação de uso da varanda que não foi

considerada nesta pesquisa, a qual consiste na não incorporação deste ambiente à sala de estar (a partir da retirada da esquadria), porém a abertura externa é fechada com vidro. Outro aspecto não abordado foi a influência do entorno no aproveitamento da luz do dia em ambientes com varanda.

Sugestões de trabalhos futuros

Neste trabalho foram demonstrados outros dois posicionamentos de varanda na planta baixa da edificação, outros estudos poderiam considerá-los. Há possibilidade de continuar a pesquisa através de análise da influência do entorno no aproveitamento da iluminação natural em ambientes com varanda. Também pode-se mensurar a interferência deste dispositivo no ambiente interno, com foco no conforto térmico. Outra alternativa seria a realização deste estudo considerando outro contexto climático, que apresente menor disponibilidade de luz natural.

REFERÊNCIAS

ADAM, Roberto Sabatella. **Princípios do Ecoedifícios**: integração entre ecologia, consciência e edifício. São Paulo: Aquariana, 2001.

ALBUQUERQUE, Milena Sampaio Cintra de Albuquerque; AMORIM, Cláudia Naves David. Iluminação natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 37-57, abr./jun. 2012.

ARCHDAILY. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br>>. Acesso em dezembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 15215-1**: iluminação natural: parte 1: conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 8995**: Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575**: edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BADARNAH, Lidia. Light management lessons from nature for building applications. **Procedia Engineering**, n. 145, p. 595 – 602, 2016.

BANDEIRA, Júlio; LAGO, Pedro C. **Debret e o Brasil**: Obra completa. Rio de Janeiro: Capivara, 2008.

BARBOSA, Gabriela Biana. **Arquitetura contemporânea em Maceió (1980 – 2008)**: uma reflexão crítica. Maceió, 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal De Alagoas.

BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christhina. **Introdução à ventilação natural**. Maceió: Edufal, 2008.

BRANDÃO, Helena; MARTINS, Angela. A varanda como espaço privado e espaço público no ambiente da casa. **Vitruvius – arqtextos**, 09 de novembro de 2008a. Disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/09.102/95> >. Acesso em agosto de 2017.

_____. A Varanda e suas contribuições para a Sustentabilidade. In: **NUTAU/USP – 7º Seminário Internacional** - Espaço Sustentável: Inovações em Edifícios e Cidades, São Paulo, 2008b. Disponível em: <<https://www.usp.br/nutau/CD/trabalhos.html>>. Acesso em: 24 de agosto de 2017.

_____. Varandas nas moradias brasileiras: do período de colonização a meados do século XX. **Revista Tempo de Conquista**, Rio de Janeiro, 2007a. Disponível em: < <http://www.revistatempodeconquista.com.br/documents/RTC1/HELENALACE1.pdf>>. Acesso em outubro de 2017.

_____. Varandas nas habitações brasileiras do modernismo à contemporaneidade: o caso do Rio de Janeiro. **Cadernos Proarq**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 209 – 218, 2007b.

BRASIL, Instituto Nacional de Meteorologia – INMET/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Normais climatológicas 1981-2010**. Brasília, 2018. 776 p.

BRUAND, Yves. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. 4ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2005.

CABÚS, Ricardo. **Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias**. 1997. 193p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. 1997.

_____. **Tropical daylighting**: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil. 2002. 288p. Tese de doutorado - *University of Sheffield, England*, 2002.

_____. **TropLux**: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: VIII Encontro Nacional De Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió. Anais do ENCAC – ELACAC 2005. Maceió: ENCAC – ELACAC, 2005. p. 240 – 249.

CABÚS, Ricardo; RIBEIRO, Pedro Vítor Sousa. **TropLux 7**: Guia do Usuário. Maceió: Instituto Lumeiro, 2015.

CARVALHO, Camila. **Avaliação do sombreamento e da iluminação natural em apartamentos de edifícios residenciais verticais multifamiliares de Maceió - AL**: o uso de varandas. Maceió, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal De Alagoas.

CARVALHO, Marlise Lila Silva. **Eficiência da luz solar refletida e desempenho de dispositivos de sombreamento**: estudo para salas de aula na cidade de Maceió. Maceió, 2018. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas.

CAVALCANTE, Morgana P. D. **Diálogos da forma na orla de Maceió**: edifícios verticais 1980-2012. Maceió: Edufal, 2015.

CAVALVANTI, Lauro. **Quando o Brasil era moderno** - Guia de arquitetura 1928-1960. 1ª edição. Rio de Janeiro, Aeroplano, 2001.

CAVALVANTI, Lauro, LAGO, André C. Ainda moderno? Arquitetura brasileira contemporânea (1). **Vitruvius – arquitextos**, 06 de novembro de 2005. Disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.066/404> >. Acesso em agosto de 2017.

CIE, Commission Internationale de l'éclairage. **Spatial distribution of daylight** - CIE standard general sky. Vienna, 2002.

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. **Manual da arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Revan, 2015.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. **Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações**, In: ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2007, ANAIS..., p.165-174, 2007.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico De Energia Elétrica 2017** – ano base 2016. Rio de Janeiro/RJ: EPE, 2015

FRANÇA, Franciany; CARVALHO, Camila; CABÚS, Ricardo. A influência do uso de varandas na iluminação natural em salas de estar/jantar em edifício residencial multifamiliar na cidade de Maceió - AL. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano De Conforto no Ambiente Construído, 2009, Natal. **Anais do ENCAC – ELACAC 2009**. Natal: ENCAC – ELACAC, 2009. p. 1330 – 1338.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente projeto e tecnologia em experiências de pesquisa prática e ensino. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 4, out./dez. 2006.

HILLIAHO, Kimmo; KÖLIÖ, Arto; PAKKALA, Toni; LAHDENSIVU, Jukka; VINHA, Juha. Effects of added glazing on Balcony indoor temperatures: Field measurements. **Energy and Buildings**, n. 128, p. 458–472, 2016.

IESNA – Illuminating Engineering Society of North America. **IES Lighting Handbook**, reference and application. 9ª edição. Nova York, IESNA, 2000.

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. **LM-83-12** – Approved method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). United States of America: Illuminating Engineering Society of North America, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MUSEUS (IBRAM). Disponível em: <<http://www.museus.gov.br/tag/museu-da-republica/>>. Acesso em dezembro de 2017.

JORGE, Liziane. Varandas capixabas. Ultrapassando o Limite do contexto legal. **Vitruvius (Minha Cidade)**, São Paulo, ano 5, v. 4, 2004.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; DAMASO, Gabrielle; PINA, Silvia; BORGES FILHO, Francisco. Aspectos de conforto ambiental de descrições de espaços construídos na literatura brasileira. In: VII Encontro Nacional e Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2003, Curitiba. **Anais do ENCAC – COTEDI 2003**. Curitiba: ENCAC – COTEDI, 2003. p. 1333 – 1340.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Procel Edifica, 2013.

LARANJA, Andréa Coelho. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. Rio de Janeiro, 2010. 242p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010.

LEE, Pyoung Jik; KIM, Yong Hee; JEON, Jin Yong; SONG, Kyoo Dong. Effects of apartment building façade and balcony design on the reduction of exterior noise. **Building and Environment**, n. 42, p. 3517-3528, 2006.

LEMOS, Carlos A. C. **Debates**: Cozinhas – um estudo das zonas de serviço da casa paulistana, etc. São Paulo: Perspectiva, 1978.

_____. **História da casa brasileira**. São Paulo: Contexto, 1996.

MACEIÓ, Lei Municipal Nº 5.593, de 08 de fevereiro de 2007. Institui o Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió. **Diário Oficial de Maceió**, 2007.

MANHAS, Max. **Difusa ou especular?** Estudando o desempenho da prateleira de luz segundo a refletância de sua superfície, 2016. 112p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)

– Programa de Pós-graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado da Universidade Federal de Alagoas. 2016.

MARDALJEVIC, John; CHRISTOFFERSEN, Jonas. A roadmap for upgrading national/EU standards for daylight in buildings. In: **28th Session of the CIE Sun City**. Anais.. Paris: CIE, 2013.

MARTAU, Betina Tschiedel. **A luz além da visão**: iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e de shopping centers em porto alegre, 2009. Tese (Doutorado em engenharia civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

MARTINS, Livia de Oliveira; CABUS, Ricardo Carvalho. **Efeito de entorno urbano especular na iluminação natural de ambientes**. In: PLURIS 2016 - 7º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável., 2016, Maceió - AL. Anais Pluris 2016. Maceió-AL: Editora Viva, 2016. p. 1-176.

MATOS, Jéssica Cristine da Silva Fonseca; SCARAZZATO, Paulo Sergio. A iluminação natural no projeto de arquitetura: revisão sistemática da literatura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 8, n. 4, p. 249-256, dez. 2017.

MENDES, Chico; VERÍSSIMO, Chico; BITTAR, William. **Arquitetura no Brasil**: de Cabral a Dom João VI. 3ª edição. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, 2011.

NABIL, Azza; MARDALJEVIC, John. Useful Daylight Illuminances: a replacement for Daylight Factor. **Energy and Buildings**, v.38, n.7, p. 905 – 9013, 2006.

NAISH, Daniel A.; TAN, Andy C.C.; DEMIRBILEK, F. Nur. Simulating the effect of acoustic treatment types for residential balconies with road traffic noise. **Applied Acoustics**, n. 79, P. 131 – 140, 2014.

NOVAKOSKI, Rogério. O uso do espaço residencial na cidade de São Paulo durante o período colonial. **Cadernos de Arquitetura e urbanismo**, v.24, n.34, p. 218 – 247, 2017.

NOWAK-DZIESKO, Katarzyna; ROJEWSKA-WARCHAL, Małgorzata. Influence of the balcony glazing construction on thermal comfort of apartments in retrofitted large panel buildings. **Procedia Engineering**, n. 108, p. 481 – 487, 2015.

OMRANI, Sara; Garcia-Hansen, V.; CAPRA, B.R.; DROGEMULLER, R. On the effect of provision of balconies on natural ventilation and thermal comfort in high-rise residential buildings. **Building and Environment**, n. 123, P. 504-516, 2017.

QUEIROZ, Fábio Abreu de. **Apartamentos Modelo** – Arquitetura, modos de morar e produção imobiliária na cidade de São Paulo. 2008. 140p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo e Área de concentração em Teoria e História da Arquitetura e Urbanismo). Escola de Engenharia de São Carlos da USP, 2008.

REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. **Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design**. [S.l.]: Leukos 3, v.3, n.1, p. 7 – 31, 2006.

REIS FILHO, Nestor Goulart. **Quadro da arquitetura no Brasil**. 10ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2004.

RIBEIRO, Pedro Vitor Sousa. **Sistemas avançados em iluminação natural**: análise da influência da configuração urbana na aplicação do painel de corte a laser em Maceió. Maceió, 2017. 127p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado da Universidade Federal de Alagoas. 2015.

RIBEIRO, Pedro Vitor Sousa; CABÚS, Ricardo Carvalho. **Estudo do ângulo de aplicação de painéis prismáticos tipo laser cut em ambiente nos trópicos**. In: XIII Encontro Nacional e IX Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2015, Campinas. Anais do XIII Encontro Nacional e IX Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2015. v. 1. p. 1-500.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Belico dos. **Eficiência energética em edifícios**. São Paulo: Manole, 2012.

SALEH, Philip H. Thermal performance of glazed balconies within heavyweight/thermal mass buildings in Beirut, Lebanon's hot climate. **Energy and Buildings**, n. 108, p. 291–303, 2015.

THEODORSON, Judy. Energy, Daylighting, and a Role for Interiors. **Journal of Interior Design**, v. 39, n. 2, p. 37–56, 2014.

TOLEDO, Alexandre; COSTA, Isabely; BULHÕES, Michelle. Usuários fecham as varandas dos apartamentos da orla de Maceió: adequação aos novos usos ou inadequação ao clima? **Gestão e Tecnologia de Projetos**, Vol. 5, n 2, novembro 2010. Disponível em: < www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50989 >. Acesso em: 20 de agosto de 2017.

TREGENZA, Peter; LOE, David. **The design of lighting**. Londres: Taylor & Francis, 1998.
_____. **Projeto de iluminação**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2015.

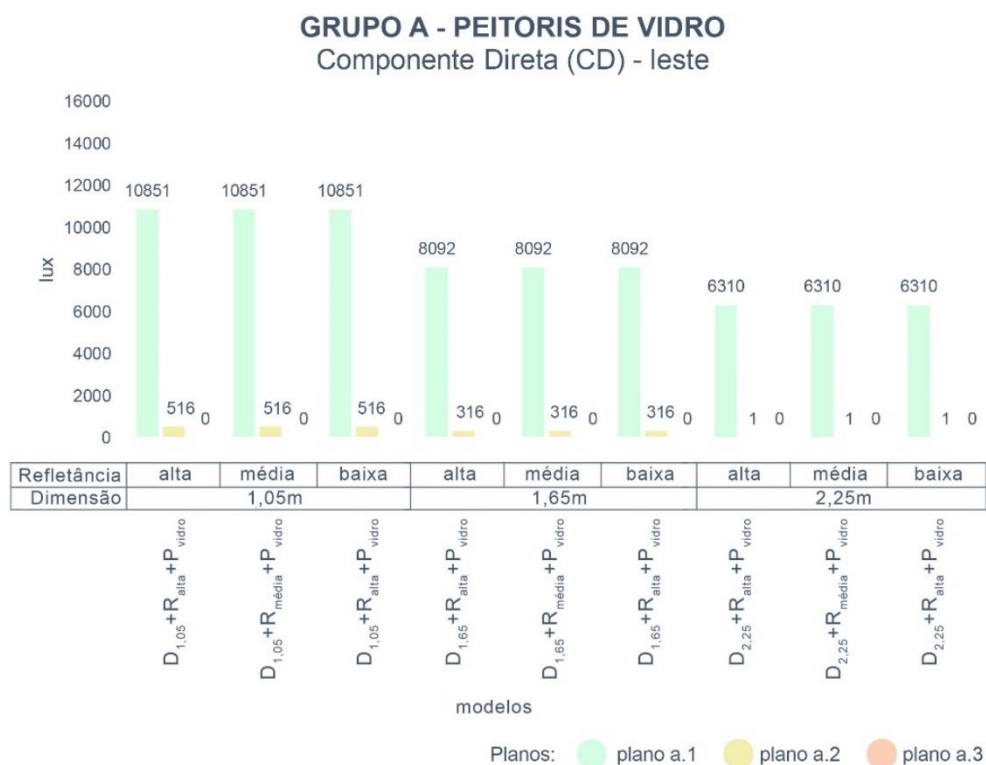
VERÍSSIMO, Francisco; BITTAR, William. **500 anos da casa no Brasil**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

APÊNDICE A – Grupo A: Componente direta e componente refletida dos modelos com orientação leste

Modelos com peitoris de vidro

A componente direta dos modelos com peitoril de vidro é ilustrada no Gráfico 27. Observa-se que a luz direta permanece constante nos modelos com mesma profundidade de varanda e variação da refletância. No plano a.1 foram estimados valores iguais a 10.851lx para varandas de 1,05m, 8.092lx para as que possuem 1,65m e 6.310lx para espaços de 2,25m. No plano a.2, os resultados se mantiveram em 516lx para menor profundidade, 316lx para profundidade média e 1lx para profundidade máxima; enquanto no plano a.3 foram todas iguais a 0lx. Ao examinar a variação da profundidade da varanda entre os modelos, nota-se que, conforme a profundidade se estende, ocorre a redução da parcela de CD na sala e atinge-se variações de 41,8% para o plano a.1, 99,8% para o plano a.2 e inexistente no plano a.3 ($\Delta P_{1,05:P_{2,25}}$).

Gráfico 27: Componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.

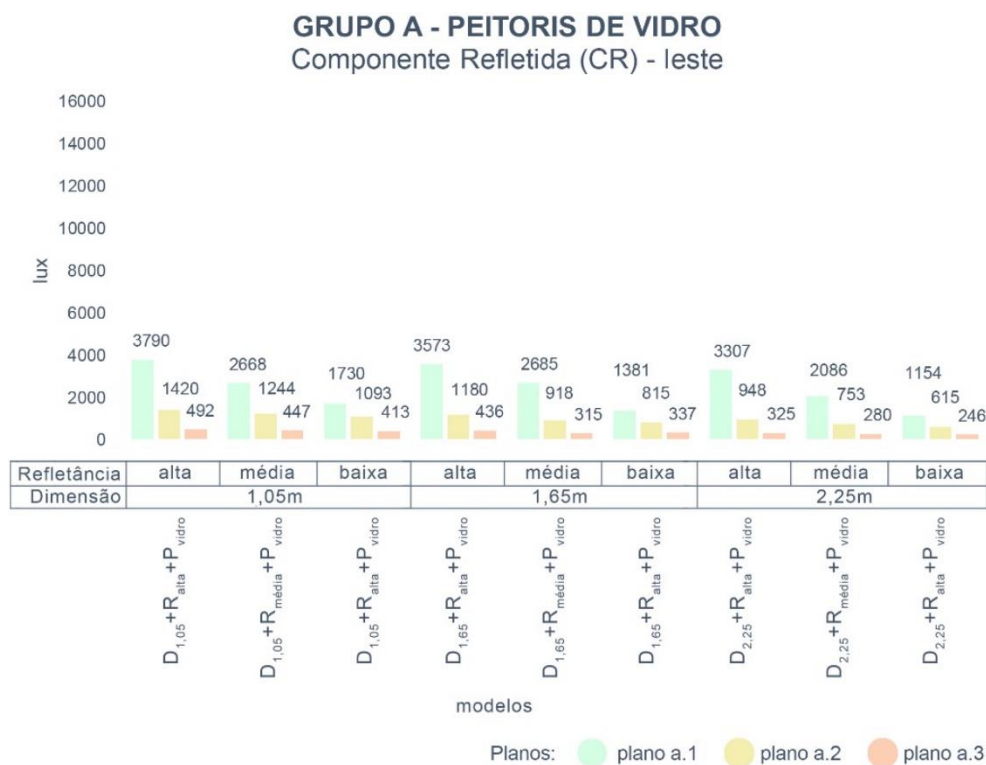


Fonte: Autora, 2018.

No Gráfico 27 é nítida a ausência da componente direta em todas as situações no plano a.3 e no plano a.2 dos modelos com varanda de 2,25m. Para o caso do plano a.3, este fenômeno se deve à sua localização isolada na planta baixa do modelo, pois a impossibilidade de estabelecer visibilidade do céu a partir desta zona limita a entrada da luz direta. No caso do plano a.2 para modelos com varanda de 2,25m, este resultado se deveu ao prolongamento da profundidade da varanda, o qual bloqueou da radiação solar. Nestas áreas, a iluminação natural é garantida unicamente pela componente refletida, como é demonstrado no Gráfico 28.

Os resultados obtidos para a componente refletida demonstraram que a variação da refletância das superfícies internas da varanda em modelos com mesma profundidade culminou em diferenças consideráveis entre seus resultados. Ao comparar os Gráficos 27 e 28, constata-se que no plano a.2 a maior parcela de iluminação natural é garantida pela componente refletida. Em paralelo, no plano a.3 ela é realizada unicamente por esta componente.

Gráfico 28: Componente refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Quando se considera a variação da refletância, os valores demonstram que no plano a.1 dos ambientes com dimensão igual a 1,05m a variação máxima foi 54,4%, nas geometrias com 1,65m foi equivalente a 61,3%, e nas de dimensão 2,25m a alteração foi igual a 65,1%. Para o plano a.2, nas varandas de 1,05m a mudança da refletância correspondeu a uma diferença de

23,0%, para as com 1,65m, a perda manteve-se em 30,9% e para os definidos com 2,05m a variação foi de 35,1%. No plano a.3, as alterações resultantes da variação da refletância mantiveram-se em 16,1% para as situações com varandas iguais a 1,05m, 22,7% nas geometrias com 1,65m, e 24,3% para as com 2,25m. Pela tabela 51, pode-se dizer que a mudança das refletâncias das superfícies internas da varanda exerce diferentes graus de influência sobre a variação da CR, as quais cresceram conforme o aumento da profundidade. O plano a.1 apresentou maior expressividade nos resultados, visto que é nesta área do modelo que são realizadas as alterações de cor, diferentemente do que acontece nos planos a.2 e a.3, que permanecem com refletância elevada e garantem menor grau de alterações das componentes.

Tabela 51: Variação entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de vidro grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação leste.

Peitoril de vidro - ΔCR – variação da refletância – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : P_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	54,4%	23,0%	16,1%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro} : P_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	61,3%	30,9%	22,7%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro} : P_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	65,1%	35,1%	24,3%

Fonte: Autora, 2018.

Sendo a profundidade variável, observamos que os resultados decrescem em menor escala. O plano a.1 dos modelos com 85% de refletância a máxima diferença foi de 12,7%, nas situações com 45% de refletância foi obtido 21,8% e para 5% de refletância foi alcançado 33,3%. Para o plano a.2, a variação máxima foi 33,2% nos modelos com refletância alta, 39,7% para refletância média e 43,7% para refletância baixa. Para o plano a.3, estimou-se que as maiores diferenças foram de 33,9% para refletância alta, 37,4% para refletância média e 40,4% para refletância baixa. Na Tabela 52, observa-se que o aumento da profundidade resultou em variações que se tornam mais expressivas conforme a refletância diminui.

Tabela 52: Variação entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de vidro grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação leste.

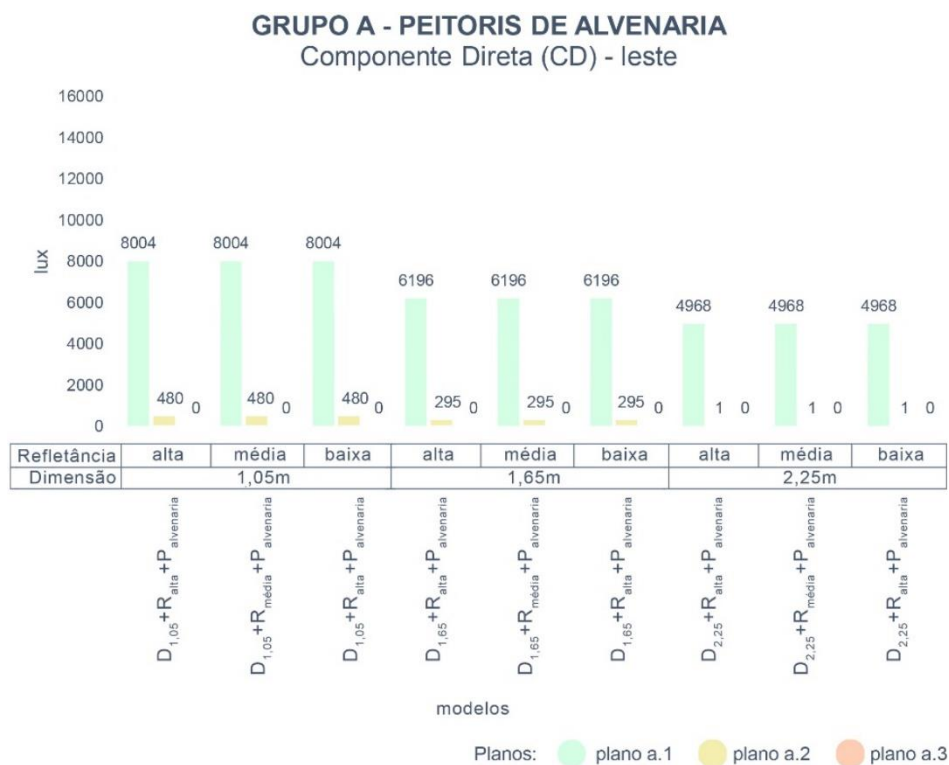
Grupo A - Peitoril de vidro - ΔCR – variação da profundidade – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	12,7%	33,2%	33,9%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$	21,8%	39,5%	37,4%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	33,3%	43,7%	40,4%

Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoris de alvenaria

Para os modelos com peitoris de alvenaria, os valores estimados das componentes diretas para orientação leste estão demonstrados no Gráfico 29. A luz direta apresenta o mesmo comportamento que o descrito para as geometrias com peitoris de vidro, pelo que se deduz que o padrão de cor das superfícies internas da varanda não influencia na CD. Os valores calculados para o plano a.1 foram iguais a 8.004lx para varanda de 1,05m, 6.196lx para as que possuem 1,65m e 4.968lx para onde foi considerado 2,25m. Para o plano a.2, manteve-se em 480lx para menor profundidade, 295lx para profundidade média e 1lx para profundidade máxima, enquanto que no plano a.3 todos os modelos apresentaram resultado igual a 0lx. Quanto à variação da profundidade da varanda nos modelos, observa-se que conforme este parâmetro cresce em dimensão – e, por consequência, cresce na área externa de sombreamento –, menor é a Componente Direta no interior da sala. Os resultados demonstraram variação de 37,9% para o plano a.1, 99,8% para o plano a.2 e inexistente no plano a.3 ($\Delta P_{1,05:P_{2,25}}$).

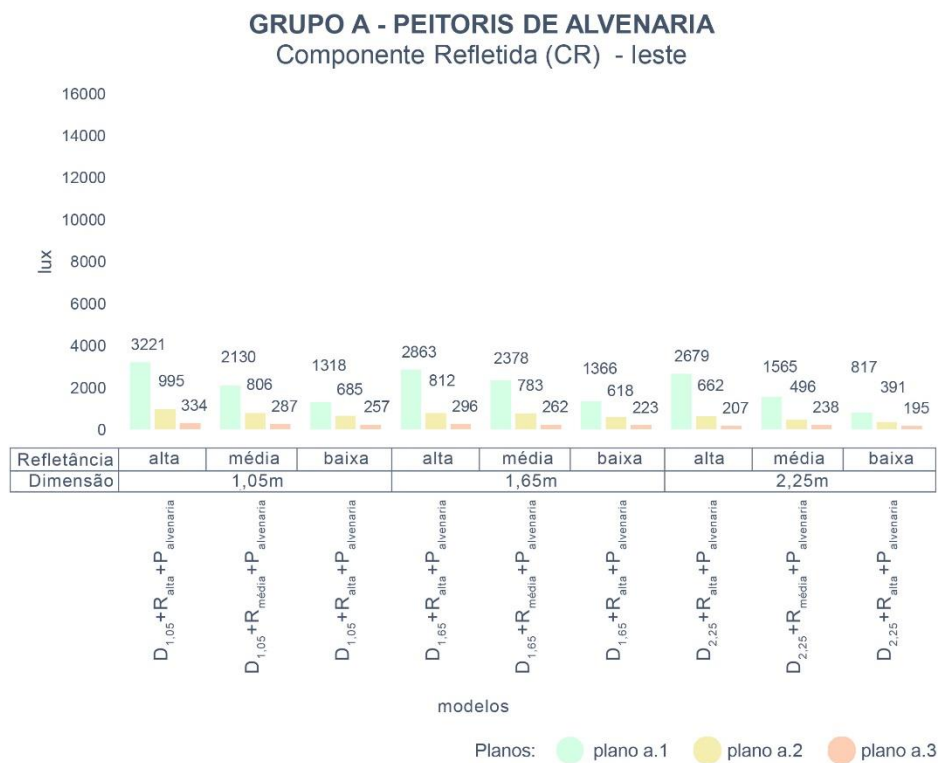
Gráfico 29: Componente Direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Para a Componente Refletida, constatou-se que a variação da refletância das paredes da varanda em modelos gerou diferenças consideráveis entre as médias estimadas. As simulações demonstraram que no plano a.2 a iluminação natural é garantida majoritariamente pela componente refletida, enquanto no plano a.3 ela é realizada unicamente por esta componente (Gráfico 30).

Gráfico 30: Componente Refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Na Tabela 53 a variação entre os resultados, quando considerada unicamente a alteração da refletância, descreve uma variação máxima foi 59,1% no plano a.1 para modelos com varanda igual a 1,05m a, de 52,3% nos com 1,65m e, nos de 2,25m, uma diferença de 69,5%. No plano a.2, as varandas de 1,05m apresentaram alteração máxima de 31,2%; para as com 1,65m a porcentagem manteve-se em 23,9% e para as com 2,05m a variação foi de 40,9%. Por fim, no plano a.3 foi obtido 23,1% dentre as varandas iguais a 1,05m, 25,7% para as que possuem 1,65m, e 5,8% para as com 2,25m. Percebe-se que a troca das refletâncias das varandas exerce influência sobre a variação CR, as quais tendem a crescer conforme o aumento da profundidade.

Tendo a refletância como constante para análise e a profundidade como variável, é perceptível que os resultados também decrescem, mesmo que com menor expressividade. Ao analisar a Tabela 54 é perceptível que o aumento da profundidade tende a resultar em variações

que se tornam mais expressivas conforme a refletância diminui. No plano a.1, constatou-se que nos modelos com 85% de refletância a máxima diferença foi de 16,8%, para 45% de refletância foi estimado 26,5% e para 5% de refletância foi calculado 38,0%. Para o plano a.2, a máxima variação foi igual a 33,5% para os modelos com refletância alta, 38,5% para refletância média e 42,9% para refletância baixa. Para a área afastada, referente ao plano a.3, as maiores diferenças foram de 38,0% para refletância alta, 17,1% para refletância média e 24,1% para refletância baixa.

Tabela 53: Variação entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de alvenaria grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação leste.

Grupo A - Peitoril de alvenaria - Δ CR – variação da refletância – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	59,1%	31,2%	23,1%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	52,3%	23,9%	25,7%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	69,5%	40,9%	5,8%

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 54: Variação entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de alvenaria grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação leste.

Grupo A - Peitoril de alvenaria - Δ CR – variação da profundidade – leste			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	16,8%	33,5%	38,0%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	26,5%	38,5%	17,1%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	38,0%	42,9%	24,1%

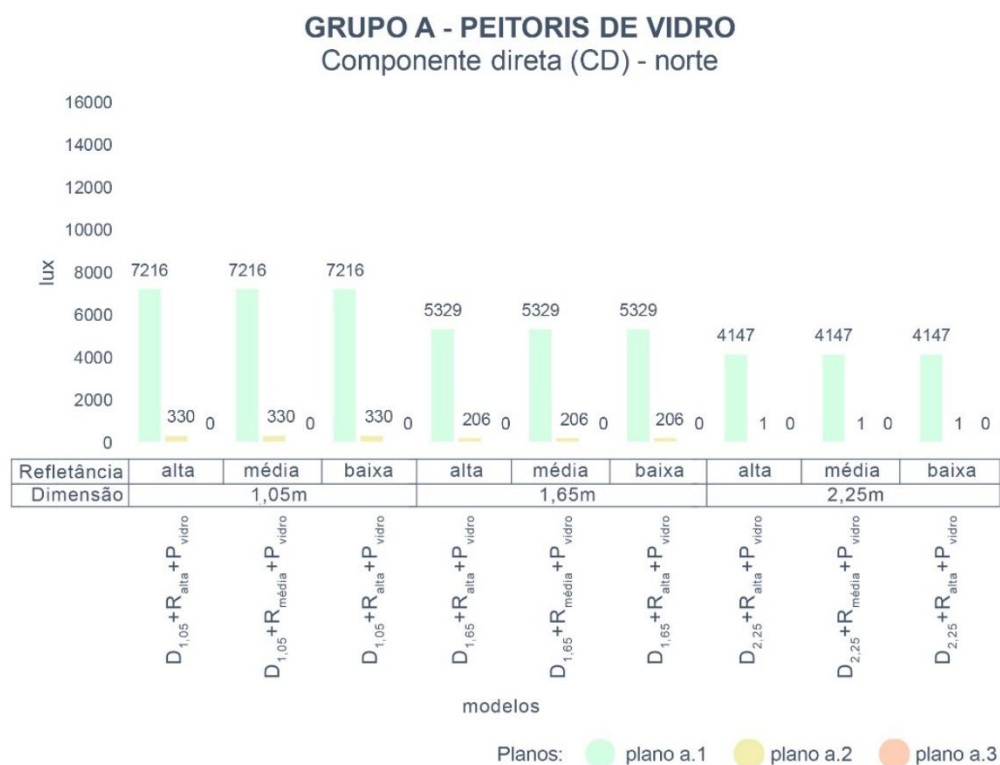
Fonte: Autora, 2018.

APÊNDICE B – Grupo A: Componente Direta e Componente Refletida dos modelos com orientação norte

Modelos com peitoris de vidro

Pelo Gráfico 31, a luz direta se mantém constante entre os modelos de profundidade fixa em todos os planos. Para o caso do plano a.1, estimou-se 7.216lx nas varandas com dimensão igual a 1,05m, 5.329lx nas de 1,65m e 4.147lx para as com 2,25m. Para o plano a.2, os resultados foram de 330lx na menor profundidade, 206lx na e média e 1lx na máxima. No plano a.3, obteve-se 0lx em todos os modelos. Aqui detectou-se a ausência da CD em todas as situações no plano a.3, devido a sua localização afastada na planta do objeto de estudo, bem como no plano a.2, dos modelos com 2,25m, graças ao prolongamento do dispositivo de proteção solar. Ao analisar a variação da dimensão, constatou-se que o prolongamento acarretou a redução da CD, o que levou às alterações de 42,5% no plano a.1, 99,6% no plano a.2 e inexistente no plano a.3.

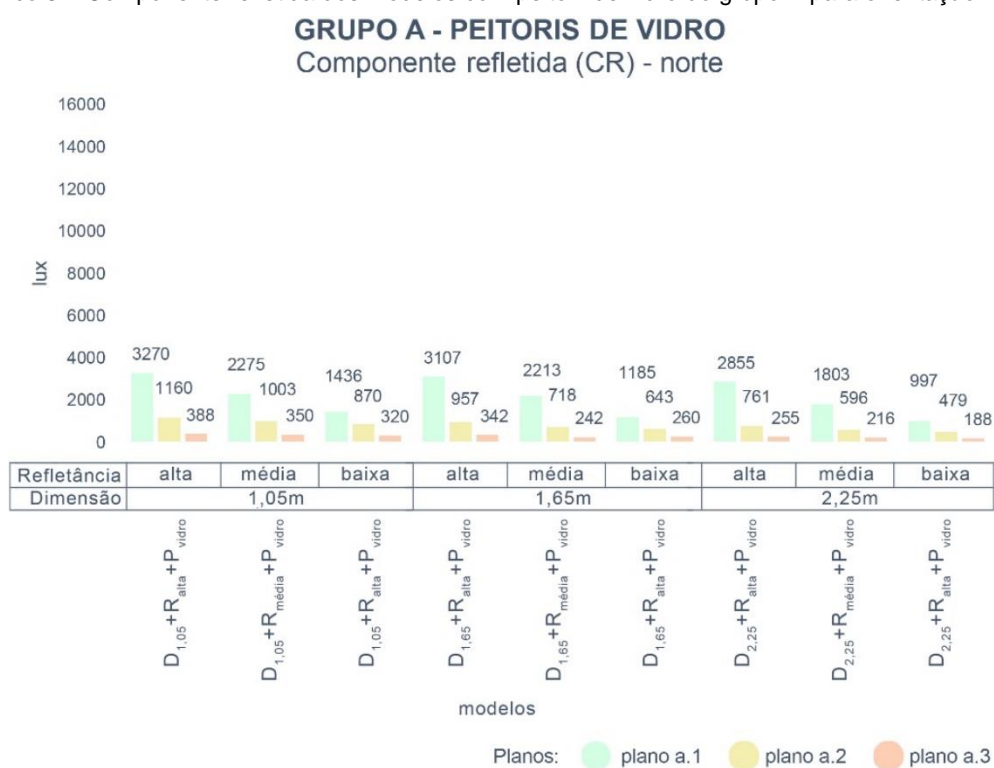
Gráfico 31: Componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Na comparação entre os Gráficos 31 e 32, observa-se que no plano a.2 a maior parcela de iluminação natural é realizada pela CR. Já no plano a.3, ela é garantida apenas por esta componente. Quanto à variação da refletância, no plano a.1 ocorreu a variação máxima de 56,1% nos ambientes com 1,05m, 61,9% nos de 1,65m e 65,1% para a dimensão de 2,25m. No plano a.2, foi obtido 25,0% nos modelos com varandas de 1,05m, para as com 1,65m a perda máxima foi de 32,8%, e nos que foram gerados com 2,05m a variação foi de 37,1%. Por fim, no plano a.3 as alterações mantiveram-se em 17,5% para a menor dimensão, 24,0% para a dimensão média, e 26,3% para a maior dimensão. A Tabela 55 demonstra que a parcela da componente refletida apresentou maior expressividade nos resultados no plano a.1, uma vez que é neste local que ocorrem as alterações da refletância. Nos planos a.2 e a.3, que permanecem com refletância constante, a escala da variação é menor.

Gráfico 32: Componente refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Para a situação contrária, com a profundidade variável, as médias decresceram. No plano a.1, nos modelos com refletância alta a alteração foi igual a 12,7%, nas situações de refletância média foi de 20,7% e, para refletância baixa, foi alcançado 30,6%. No plano a.2, foi obtida a máxima de 34,4% nos modelos com 85% refletância, 40,6% para 45% refletância e 44,9% para 5% refletância. Para o plano a.3, as maiores variações foram de 34,3% para os modelos com

refletância alta, 38,3% para os com refletância média e 41,3% para os de refletância baixa. Na Tabela 56 vê-se que o aumento da profundidade culminou em diferenças que tendem a tornar-se mais expressivas conforme a refletância diminui.

Tabela 55: Variação entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de vidro grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação norte.

Grupo A - Peitoril de vidro - Δ CR – variação da refletância – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : P_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro}$	56,1%	25,0%	17,5%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro} : P_{1,65}+R_{baixa}+P_{vidro}$	61,9%	32,8%	24,0%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro} : P_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	65,1%	37,1%	26,3%

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 56: Variação entre a maior e menor componente refletida em modelos com peitoril de vidro grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação norte.

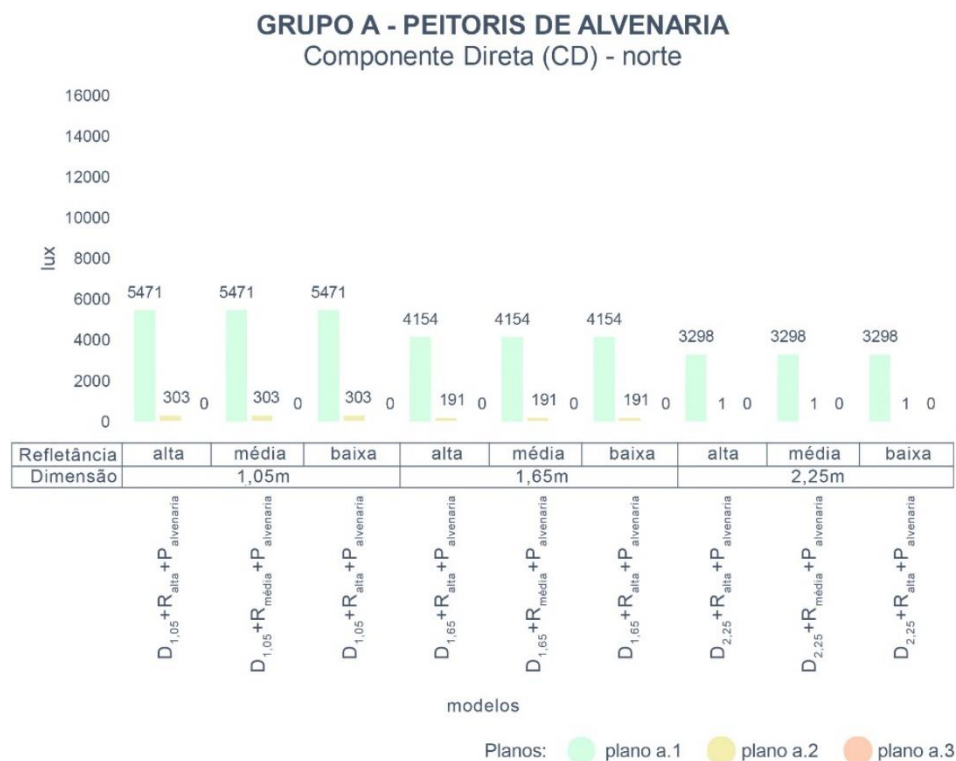
Grupo A - Peitoril de vidro - Δ CR – variação da profundidade – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}$	12,7%	34,4%	34,3%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{média}+P_{vidro}$	20,7%	40,6%	38,3%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{vidro} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{vidro}$	30,6%	44,9%	41,3%

Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoris de alvenaria

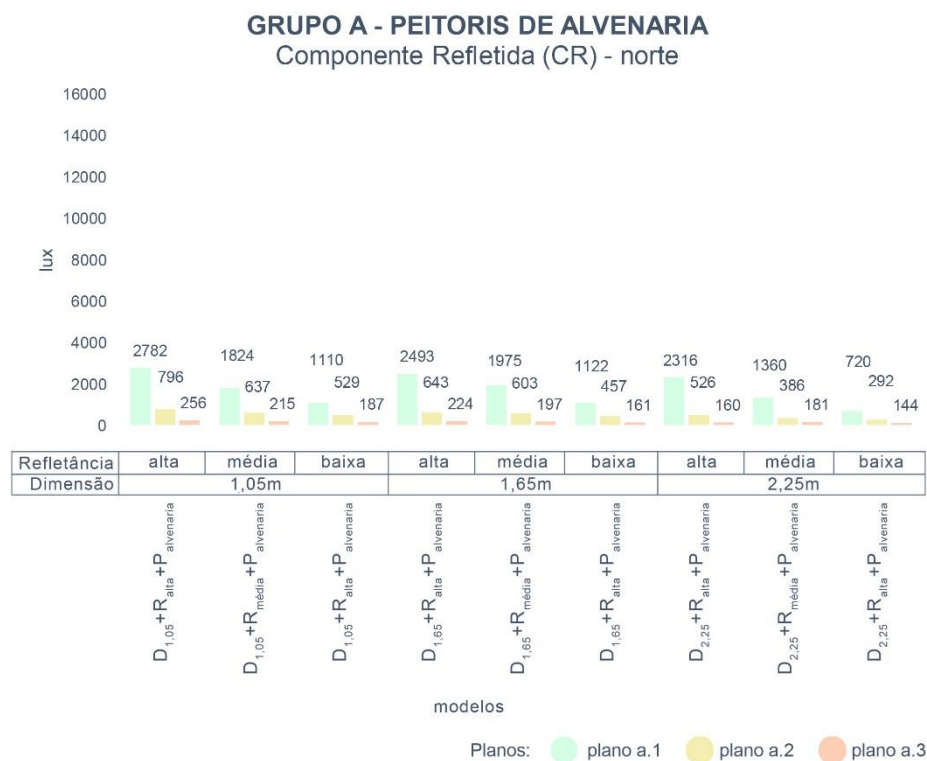
O Gráfico 33 traz os resultados da Componente Direta dos modelos com peitoris de alvenaria com orientação norte. Como colocado anteriormente, a luz direta não é influenciada pela variação da refletância, mantendo-se constante dentre os modelos que possuem como única alteração o padrão de cores. Para o plano a.1 foram obtidos 5.471lx nas varandas de 1,05m, 4.154lx nas que possuem 1,65m e 3.298lx para as com 2,25m, no plano a.2 os resultados mantiveram-se em 303lx para 1,05m, 191lx para 1,65m e 1lx para 2,25m, enquanto que, para o plano a.3 todos os resultados foram iguais a 0lx. A análise da mudança da profundidade, determina que ocorre variação de 39,7% para o plano a.1, 99,7% para o plano a.2 e inexistente no plano a.3 ($\Delta P_{1,05};P_{2,25}$). Estes valores demonstram que conforme este parâmetro estende-se a parcela da Componente Direta no ambiente torna-se menor.

Gráfico 33: Componente Direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Gráfico 34: Componente Refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo A para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Quanto a Componente Refletida, os Gráficos 33 e 34 demonstraram que no plano a.2 a Componente Refletida corresponde a maior parcela da iluminação natural, enquanto que, no plano a.3 esta é a única componente da área.

A variação entre os resultados ilustrada pela Tabela 57 elucida que no plano a.1 a variação máxima foi 60,1% nas geometrias com 1,05m, ao passo que nos modelos com 1,65m foi de 55,0% e para os com 2,25m foi igual a 68,9%. Para o plano a.2, para a dimensão de 1,05m a alteração máxima foi de 33,5%, para 1,65m estimou-se 28,9%, e para as com 2,05m a diferença foi de 44,5%. No plano a.3, alcançou-se 27,0% para 1,05m, 28,1% dentre as que possuem 1,65m, e 10,0% para as com 2,25m. Assim, conclui-se que as alterações das refletâncias internas das varandas levaram ao aumento da componente refletida conforme a profundidade estendeu-se.

Tabela 57: Variação entre a maior e menor Componente Refletida em modelos com peitoril de alvenaria grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação norte.

Grupo A – Peitoril de alvenaria - Δ CR – variação da refletância – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	60,1%	33,5%	27,0%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{1,65}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	55,0%	28,9%	28,1%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	68,9%	44,5%	10,0%

Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 58, que traz a profundidade como variável, nota-se que o aumento da dimensão resultou em variações que se tornam mais expressivas de acordo com a diminuição da refletância. Para o plano a.1, nos modelos com 85% de refletância foi calculada a diferença de 16,8%, para 45% de refletância foi alcançado 25,4% e para 5% de refletância estimou-se 35,1%. No plano a.2, a máxima detectada foi igual a 33,9% dentre as geometrias com refletância alta, 39,4% para refletância média e 44,8% para refletância baixa. No plano a.3, foi atingido 37,5% para refletância alta, 15,8% para refletância média e 23,0% para refletância baixa.

Tabela 58: Variação entre a maior e menor Componente Refletida em modelos com peitoril de alvenaria grupo A com mesma profundidade e variação da refletância para orientação norte.

Grupo A - Peitoril de alvenaria - Δ CR – variação da profundidade – norte			
Modelos	Plano a.1	Plano a.2	Plano a.3
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{alvenaria}$	16,8%	33,9%	37,5%
$D_{1,05}+R_{média}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{média}+P_{alvenaria}$	25,4%	39,4%	15,8%
$D_{1,05}+R_{baixa}+P_{alvenaria} : D_{2,25}+R_{baixa}+P_{alvenaria}$	35,1%	44,8%	23,0%

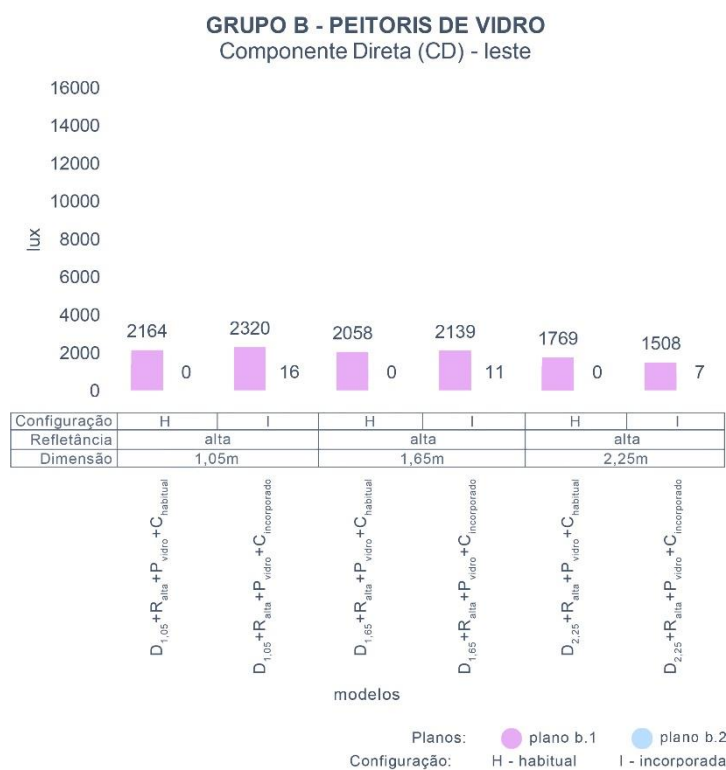
Fonte: Autora, 2018.

APÊNDICE C – Grupo B: Componente direta e componente refletida dos modelos com orientação leste

Modelos com peitoris de vidro

No Gráfico 35, entre modelos com mesma função, observa-se a diminuição da CR conforme a varanda ganha em dimensão. Também, a luz direta apresentou variação entre os pares com diferentes configurações, apesar de estes manterem a dimensão como constante (nos Apêndices “A” e “B” demonstrou-se que, entre as variáveis consideradas para o grupo A, a profundidade foi o único parâmetro a influenciar nos resultados da componente direta).

Gráfico 35: Componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

No plano b.1, a alteração entre o par com 1,05m foi igual a -7,2%, foi de -3,9% para os de 1,65m e de 14,8% para os de 2,25m (Tabela 59). Esta diferença indica que a mudança de configuração da varanda de habitual para incorporada – a qual implicou na retirada da esquadria que dividia os ambientes e no fechamento da abertura externa com vidro simples -, resultou em

variações significativas da CD apenas dentre os modelos com 2,25m. No plano b.2, entre os modelos de configuração habitual, a média estimada foi igual a 0lx, diferentemente do alcançado nos que possuem varanda incorporada, de médias entre 7lx e 16lx. Estes valores estão associados à existência de iluminâncias diretas provenientes do céu nesta área presentes apenas nos modelos com esta configuração.

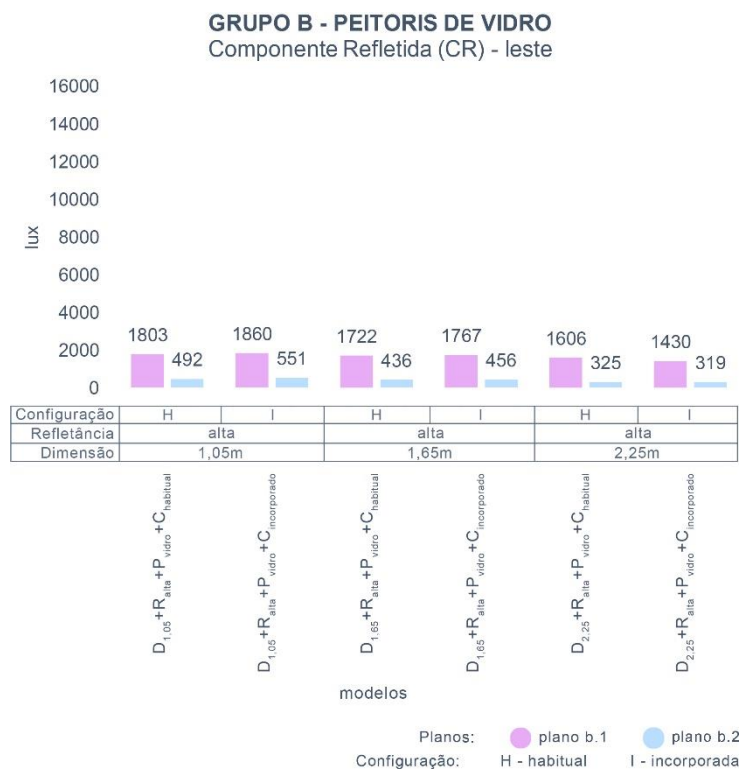
Tabela 59: Variação entre a maior e menor componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação leste.

Grupo B - Peitoril de vidro – ΔCD – variação da configuração da varanda – leste		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
D _{1,05} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual} : D _{1,05} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}	-7,2%	-
D _{1,65} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual} : D _{1,65} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}	-3,9%	-
D _{2,25} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{habitual} : D _{2,25} +R _{alta} +P _{vidro} +C _{incorporada}	14,8%	-

Fonte: Autora, 2018.

Os resultados obtidos para a CR estão ilustrados no Gráfico 36. Para os modelos com mesmo uso, os valores tendem a diminuir de acordo com o ganho em profundidade.

Gráfico 36: Componente refletida dos modelos com peitoril de vidro grupo B para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 60: Variação entre a maior e menor componente refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação leste.

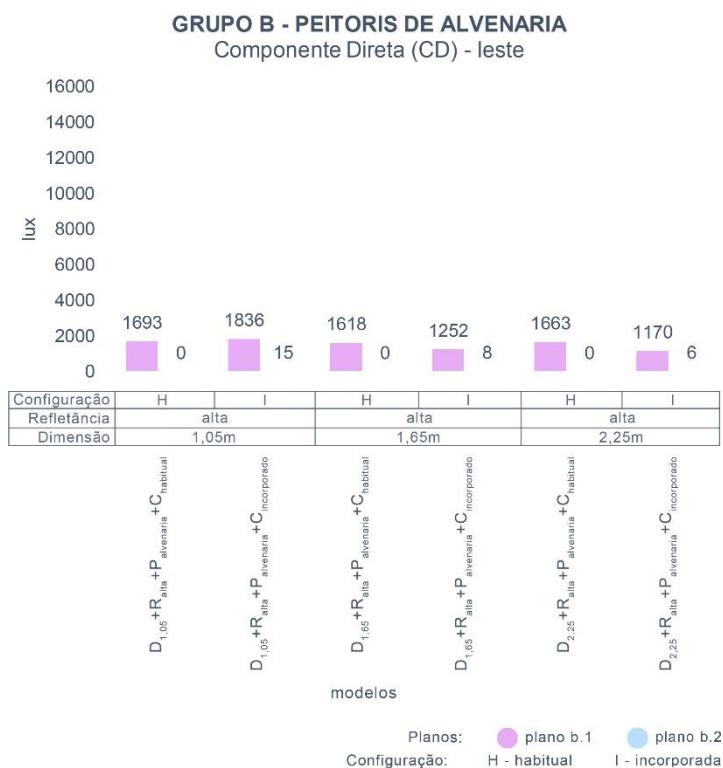
Grupo B - Peitoril de vidro - Δ CR – variação da configuração da varanda – leste		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-3,2%	-12,0%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-2,6%	-4,6%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	11,0%	1,8%

Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoris de alvenaria

Para os modelos com peitoril de alvenaria, vê-se no Gráfico 37 que a luz direta apresentou variação entre os pares.

Gráfico 37: Componente direta dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação leste.



Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 61 demonstra que, no plano b.1, a diferença alcançada entre as geometrias com menor profundidade foi igual a -8,4%, para as que possuem profundidade intermediária foi estimado 22,6% e para as que maior profundidade foi obtido 29,6%. Sendo assim, ao se alterar a configuração da varanda para incorporada, foi possível atingir variações expressivas somente nos modelos com 1,65m e 2,25m. Para o plano b.2 constatou-se que as médias estimadas para a configuração incorporada mantiveram-se entre 6lx e 15lx; enquanto para as varandas com uso habitual calculou-se que todos os valores eram iguais a 0lx. Estes resultados se relacionam ao componente de céu direto existente nesta área apenas para os modelos com esta configuração.

Tabela 61: Variação entre a maior e menor componente direta dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação leste.

Grupo B - Peitoril de alvenaria - ΔCD – variação da configuração da varanda – leste		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-8,4%	-
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	22,6%	-
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	29,6%	-

Fonte: Autora, 2018.

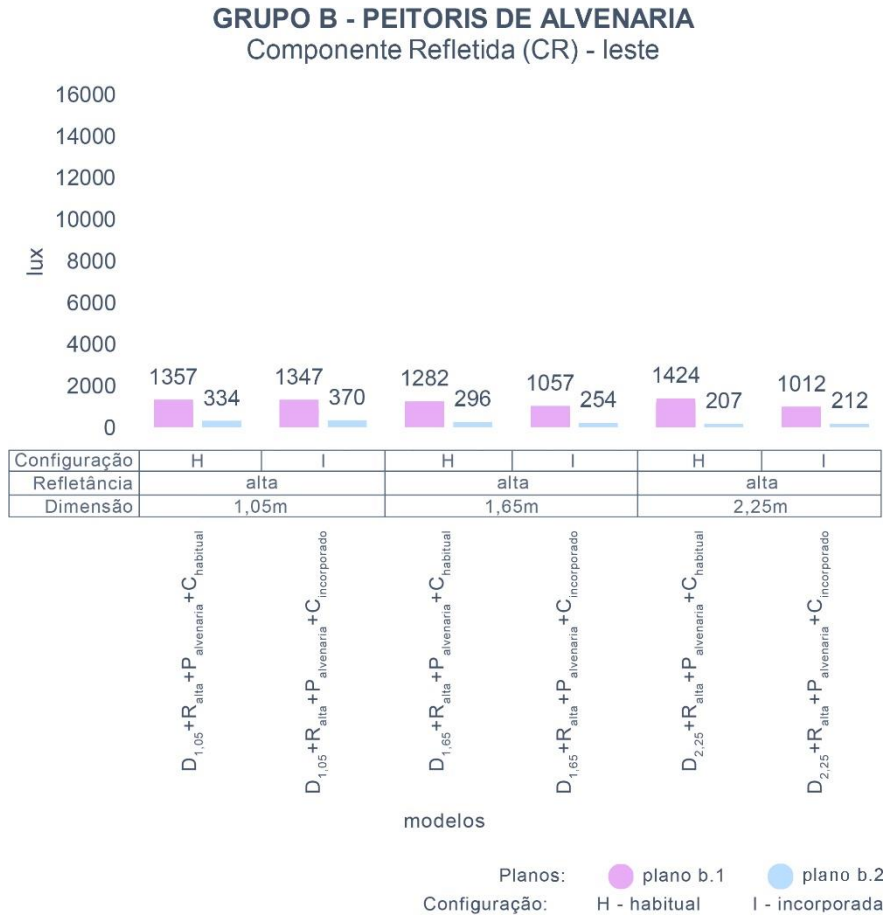
A Tabela 62 indica as variações da CR decorrentes da alteração do uso a partir dos resultados demonstrados no Gráfico 38. No plano b.1, a variação da configuração resultou em diferença de 0,7% na dupla com 1,05m de profundidade, de 17,6% entre as com dimensão igual a com 1,65m e de 29,8% para as que apresentam 2,25m. Para este conjunto, a alteração do uso resultou em variação considerável da componente refletida nos modelos com as dimensões intermediária e máxima, os quais obtiveram menores valores para a situação incorporada. No plano b.2, que se encontra afastado da abertura, foi constatado que nos modelos de profundidade mínima a diferença foi igual a -10,8%, nas geometrias com profundidade intermediária foi calculado 14,2% e, nas que possuem 2,25m, obteve-se -2,4%. Neste plano, apesar de terem sido encontradas variações expressivas, não foram detectados padrões nos resultados.

Tabela 62: Variação entre a maior e menor componente refletida dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação leste.

Grupo B - Peitoril de alvenaria - ΔCR – variação da configuração da varanda – leste		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	0,7%	-10,8%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	17,6%	14,2%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	28,9%	-2,4%

Fonte: Autora, 2018.

Gráfico 38: Componente refletida dos modelos com peitoril de alvenaria grupo B para orientação leste.



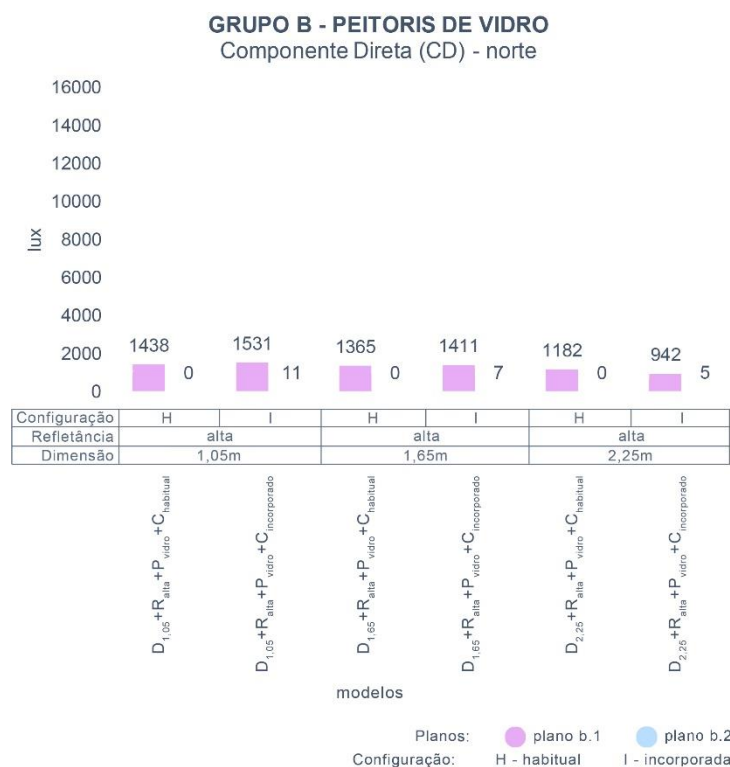
Fonte: Autora, 2018.

APÊNDICE D – Grupo B: Componente direta e componente refletida dos modelos com orientação norte

Modelos com peitoris de vidro

A análise dos resultados de modelos com mesma função no Gráfico 39 revela um aumento da profundidade da varanda, a qual levou à redução da componente direta no plano b.1. Também as médias da luz direta variaram entre os pares com diferenciação de configuração, mesmo que possuíssem a mesma dimensão.

Gráfico 39: Componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo B para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 63 demonstra a variação entre os pares: no plano b.1, a diferença entre o par com 1,05m de profundidade foi de -6,5%, nos que possuem 1,65m foi de -3,4% e nos com 2,25m foi obtido 20,3%. Assim, quanto à componente direta, a mudança de configuração da varanda para incorporada implicou em variações expressivas somente nos modelos máximos. Na configuração habitual, a média estimada para o plano b.2 foi igual a 0lx em todos os modelos,

enquanto nos de varanda incorporada foram alcançadas médias entre 4lx e 11lx. Constatou-se que a incorporação permitiu o alcance de iluminâncias provenientes do céu direto nesta área, apesar de o mesmo não ter acontecido na situação habitual.

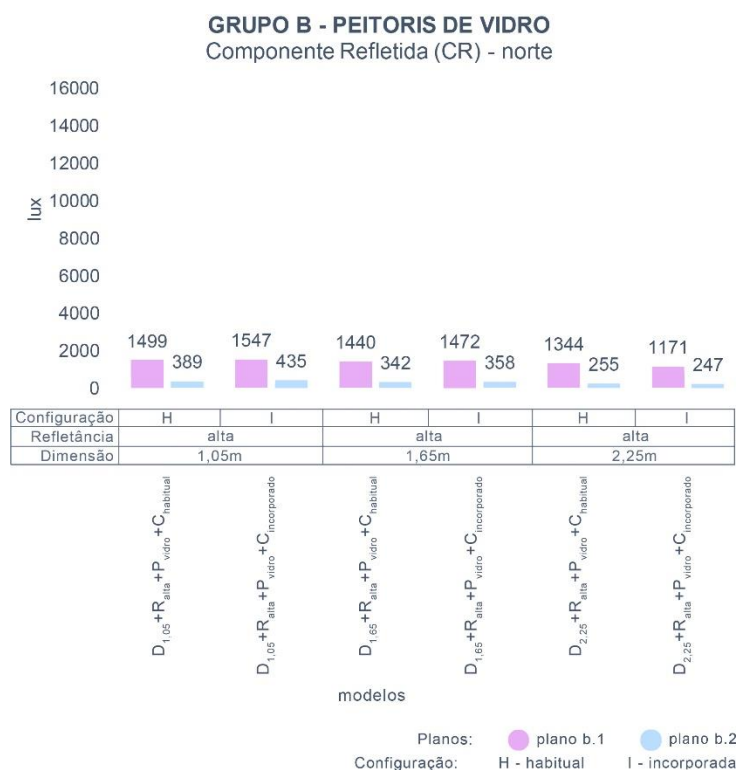
Tabela 63: Variação entre a maior e menor componente direta dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação norte.

Grupo B - Peitoril de vidro - Δ CD – variação da configuração da varanda – norte		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-6,5%	-
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-3,4%	-
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual}$: $D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	20,3%	-

Fonte: Autora, 2018.

Quanto à componente refletida, cujos resultados estão ilustrados no Gráfico 40, na análise dos modelos com a mesma configuração nota-se a diminuição das médias de acordo com o ganho em profundidade da varanda.

Gráfico 40: Componente refletida dos modelos com peitoril de vidro grupo B para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 64 demonstra que no plano b.1 o único par que alteração obteve variações significativas foi o de maior dimensão, tendo sido igual a 12,9%. Já entre a dupla com menor dimensão foi de -3,2% e na de maior foi igual a -2,2% para os modelos com 1,65m. A situação contrária foi percebida no plano b.2, visto que os modelos 1,05m foram os que apresentaram maior variação, igual a -11,8%. Nas outras geometrias foi estimado -4,6% para a dimensão de 1,65m e 1,8% para a dimensão de 2,25m.

Tabela 64: Variação entre a maior e menor componente refletida dos modelos com peitoril de vidro do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação norte.

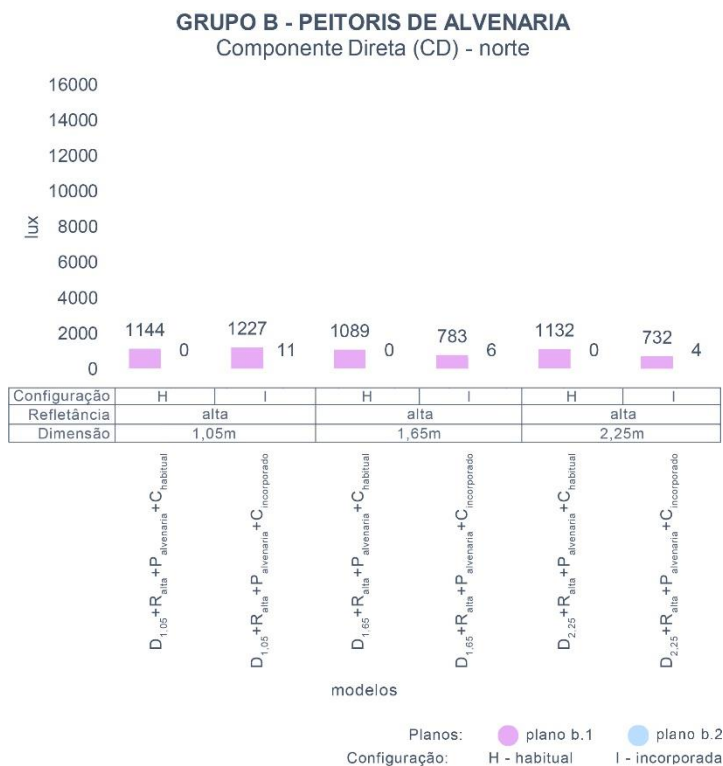
Grupo B - Peitoril de vidro - Δ CR – variação da configuração da varanda – norte		
Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-3,2%	-11,8%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-2,2%	-4,7%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	12,9%	3,1%

Fonte: Autora, 2018.

Modelos com peitoris de alvenaria

No Gráfico 41, observa-se que a luz direta apresentou variação entre os pares. Na Tabela 65, evidencia-se que no plano b.1 foi alcançada a diferença de -7,3% entre as geometrias com menor profundidade, de a 28,1% entre as que possuem dimensão intermediária e de 35,3% entre as de maior dimensão. Desse modo, é possível constatar que a varanda para incorporada atingiu variações expressivas nos modelos com 1,65m e 2,25m. As médias estimadas para o plano b.2 expressam que a configuração incorporada obteve resultados entre 4lx e 10lx. Em contrapartida, o uso habitual manteve todos os valores iguais a 0lx. Destaca-se que estes resultados estão relacionados com o surgimento da componente de céu direto com a incorporação.

Gráfico 41: Componente direta dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 65: Variação entre a maior e menor componente direta dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação norte.

Grupo B - Peitoril de alvenaria - ΔCD – variação da configuração da varanda – norte

Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-7,3%	-
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	28,1%	-
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	35,3%	-

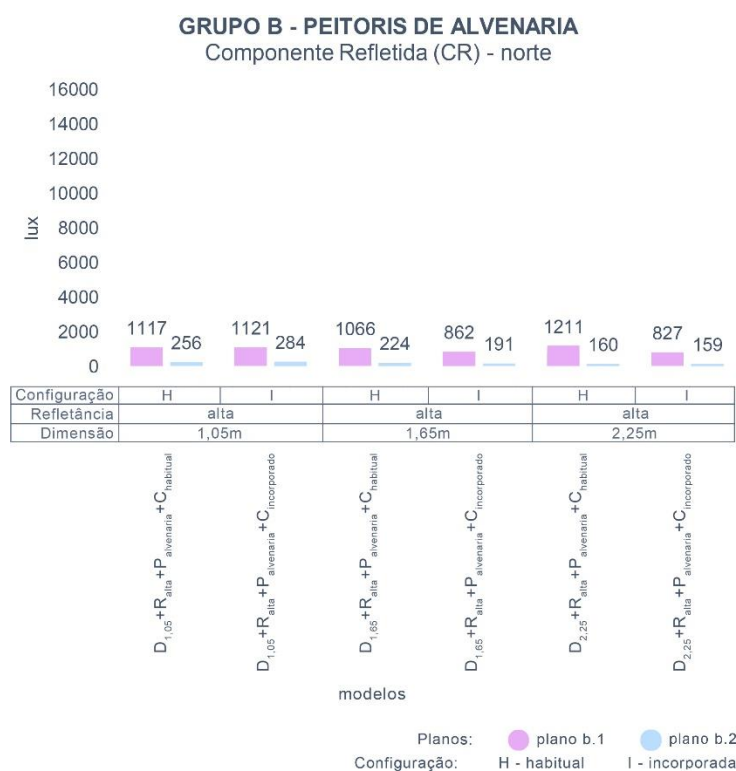
Fonte: Autora, 2018.

O Gráfico 42 ilustra as médias obtidas para a componente refletida dos modelos. As variações entre os pares são demonstradas na Tabela 66, nela, observa-se que no plano b.1 a mudança da configuração da varanda culminou na diferença de 0,4% na dupla com 1,05m de profundidade, de 19,1% entre as geometrias dimensão igual a com 1,65m e de 31,7% para as que apresentam 2,25m. Estes valores determinam que a alteração do uso para incorporado resultou em decréscimos consideráveis da componente refletida nas geometrias com 1,05m e 1,65m de profundidade. No plano b.2, apesar de terem sido encontradas variações expressivas,

não foram detectados padrões nos resultados. Os cálculos definiram que os modelos de profundidade 1,05m atingiram a

diferença de 10,9%, para a profundidade 1,65m obteve-se 14,7% e para a dimensão de 2,25m obteve-se 0,6%.

Gráfico 42: Componente refletida dos modelos com peitoril de alvenaria grupo B para orientação norte.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 66: Variação entre a maior e menor componente refletida dos modelos com peitoril de alvenaria do grupo B em relação a mudança de configuração da varanda para orientação norte.

Grupo B - Peitoril de alvenaria - Δ CR – variação da configuração da varanda – norte

Modelos	Plano b.1	Plano b.2
$D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,05}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	-0,4%	-10,9%
$D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{1,65}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	19,1%	14,7%
$D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{habitual} : D_{2,25}+R_{alta}+P_{vidro}+C_{incorporada}$	31,7%	0,6%

Fonte: Autora, 2018.