

FACHADA DE VIDRO:

Reflexos da Luz Natural em uma Cidade dos Trópicos



TESE DE DOUTORADO
PPGAU - FAU - UFAL

LÍVIA DE OLIVEIRA MARTINS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO - PPGAU
DOUTORADO CIDADES

TESE DE DOUTORADO

FACHADA DE VIDRO:

Reflexos da Luz Natural em uma Cidade dos Trópicos

Lívia de Oliveira Martins

Maceió – AL, abril de 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO - PPGAU
DOUTORADO CIDADES

Lívia de Oliveira Martins

Tese apresentada para defesa ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutora em Arquitetura e Urbanismo.

FACHADA DE VIDRO:

Reflexos da Luz Natural em uma Cidade dos Trópicos

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús

Linha de Pesquisa: Tecnologias

Maceió – AL, abril de 2022.

Catlogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

M386f Martins, Livia de Oliveira.

Fachada de vidro : reflexos da luz natural em uma cidade dos trópicos / Livia de Oliveira Martins. – 2022.
148 f. : il. color.

Orientador: Ricardo Carvalho Cabús.

Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2022.
Defendida em 2020.

Bibliografia: f. 134-144.

Anexos: f. 145-148.

1. Pele de vidro - Fachadas (Arquitetura). 2. Iluminação natural. 3. Entorno urbano especular. I. Título.

CDU: 711.64

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
DOUTORADO CIDADES

Lívia de Oliveira Martins

FACHADA DE VIDRO:

Reflexos da Luz Natural em uma Cidade dos Trópicos

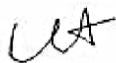
Tese aprovada em 17/03/2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (ORIENTADOR)



Prof. Dr. Leonardo Salazar Bittencourt

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (MEMBRO INTERNO)



Profª. Drª. Juliana Oliveira Batista

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (MEMBRO INTERNO)



Profª. Drª. Pedro Valentim dos Santos

Instituto de Física - UFAL (MEMBRO EXTERNO)



Profª. Drª. Joana Carla Soares Gonçalves

Universidade de São Paulo - USP (MEMBRO EXTERNO)

À minha família amada.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos:

A Deus, pelo alimento espiritual e saúde física necessários à rotina de atividades que vai muito além de ser pesquisadora. A Ele pelo sol que rege a vida natural na Terra, iluminando nossas cidades, as pessoas e as ideias em seus espaços.

A minha amada família. A meu marido Alessandro pelo amor e companheirismo. A meus filhos Lis e Davi pelo amor maior que me impulsiona a viver. A minha mãe Rita, grande exemplo e incentivadora dos meus sonhos. Ao meu pai Ismail pela positividade e orgulho das minhas escolhas. Aos melhores irmãos do mundo: Cássius, Jackson, Giselle e Roberta pelo compartilhamento de momentos difíceis e vitórias com felicidade e união. Aos tios, primos, cunhados e sobrinhos que completam essa rede de apoio e convivência. Vocês todos alegram os momentos e dão sentido e propósito a esse trabalho.

Aos grandes amigos e colegas da turma de doutorado Camila, Carlina, Fernando, Gearlanza, Leonardo, Manuela, Melissa, Pedriane, Rafaella e Rubens por dividir conhecimento, tarefas e realizações. Aos amigos de estudo, de negócios e da vida por torcerem pelo meu sucesso.

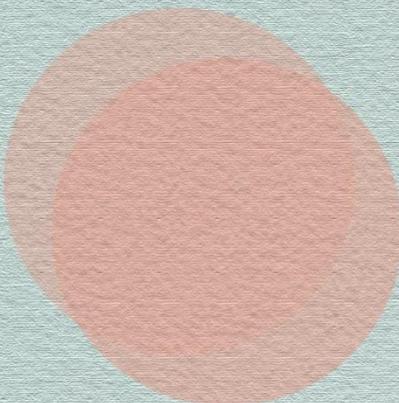
Ao professor Ralph Evins pela receptividade ao intercâmbio sob sua orientação e ensino. Ao professor Chris Kennedy pelas aulas sobre cidades sustentáveis. Aos amigos do *Energy Systems and Sustainable Cities Group* Azin, Wes, Paul, Pierre, Ross e Will do departamento de Civil Engineering da University of Victoria – Uvic e do bloco de pesquisas E-Hut pelo convívio e aprendizado diário: Claire, Afia, Ridhi, Anika, Camille e Andrew. Pelas amigadas conquistadas no Canadá: Deisy, Emilia, Sharon, Fabricio, Daniela, Luciana, Bruno, Aya, Maya, Kim, Ngozi, Sara, Babak, Daryl, Jhon, Calvin. A querida professora Angie e os amigos do curso de inglês avançado da UVic: Jason, Yaheng, Cigdem, Radwan.

Ao meu orientador, Ricardo, por todo conhecimento, respeito, dedicação e incentivo em me acompanhar nessa empreitada, guiando minhas inquietações com experiência de evidenciar potencialidades e limites das minhas escolhas. Ao GRILU - Grupo de Pesquisas em Iluminação e integrantes pelas trocas diárias, arrumações, eventos e apresentações, em especial à Lidiane, Marlise, Pedro, Orestes, Dani, Milena, Lara e Natasha.

Aos professores Tereza Araújo e Pedro Santos do Instituto de Física - IF da UFAL, pelo acompanhamento com dedicação aos inúmeros experimentos com os vidros no laboratório de óptica para gerar os dados fundamentais a esse trabalho. A todos os professores do PPGAU pelo ensino e dedicação ao programa de pós-graduação para a evolução científica do modo de

produção do espaço construído das cidades nos seus diversos aspectos. À professora Adriana Capretz pela indispensável contribuição com o referencial histórico e à professora Angélica Silva pelas reflexões desconstrutivas e reconstrutivas que reafirmaram meu desejo pelo tema em estudo ao analisá-lo através de diferentes aspectos e perspectivas. Ao LCCV em nome de Rodrigo Pinheiro pela disponibilização de máquina virtual para acelerar as simulações computacionais. Aos professores de Inglês Sem Fronteiras do Nucli pela prática do idioma necessária ao intercâmbio internacional.

À CAPES pelo auxílio financeiro e a Global Affairs Canada pelo auxílio ao intercâmbio sanduíche. E por fim, agradeço a Universidade Federal de Alagoas - UFAL por todas as oportunidades da minha formação profissional.



*“Trabalhemos no sentido de uma arquitetura
livre e espontânea, que seja uma clara expressão
de nossa cultura e revele uma sensível
apropriação de nosso espaço;*

*Trabalhemos no sentido de uma arquitetura
sombreada, aberta, contínua, vigorosa,
acolhedora e envolvente, que ao nos colocar em
harmonia com o ambiente tropical, nos incite a
nele viver integralmente.”*

Armando de Holanda



RESUMO

MARTINS, Livia de Oliveira. **FACHADA DE VIDRO: Reflexos da Luz Natural em uma Cidade dos Trópicos**. (Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Área de Concentração: Cidades. Linha de Pesquisa 2: Tecnologias. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2020.

A fachada de vidro é um sistema de envoltória bastante difundido na arquitetura desde a estética internacional do Movimento Moderno até a contemporaneidade. O modelo de edifício envidraçado propagou-se pelo mundo apoiado na tecnologia do condicionamento de ar artificial, ignorando características culturais e climáticas do local de adoção do tipo. Para o clima quente e úmido de Maceió é importante destacar os parâmetros e variáveis que influenciam o desempenho desse tipo de envoltória para um adequado projeto arquitetônico. O objetivo geral desta pesquisa de doutorado é avaliar os reflexos provocados por fachadas envidraçadas de edifícios verticais na iluminação natural da cidade tropical de Maceió, Alagoas. Para atingir tal objetivo, foram realizados os seguintes objetivos específicos: identificação do impacto da luz natural refletida de diferentes geometrias de fachadas de vidro na iluminância interna do edifício vizinho frontal; a análise da variação da luz refletida em função do ângulo de incidência nos diversos tipos de vidro para fachada; avaliação do impacto da fachada de vidro na iluminação natural no exterior de edifícios verticais vizinhos em arranjos parametrizados de quadra urbana. A metodologia foi criada a partir de uma revisão crítica de literatura sobre fachadas de vidro com justificativa da problemática adotada. A partir da análise de uso da fachada de vidro na cidade de Maceió, foram modelados cânions e quadras urbanas embasados no Código de Obras e Plano Diretor da cidade. As simulações foram realizadas no programa Tropflux, as medições das transmitâncias e das refletâncias dos tipos de vidro foram realizadas respectivamente em espectrofotômetro digital e montagem experimental de equipamentos (fonte de luz, lentes, íris, goniômetro e luxímetro) numa mesa pneumática. As medidas foram realizadas para todos os ângulos de 0 a 90° com intervalo de 5°. Os resultados apresentaram a grande diferença que a refletância pode apresentar em função da forma, do tipo de vidro e a configuração urbana que favoreça um maior ângulo de visão do céu. Ou seja, para um mesmo terreno e edifício no qual se altera uma fachada de geometria plana para côncava, convexa e prismática, a área de superfície aumenta incrementando assim a quantidade de luz refletida. O céu claro proporcionou maiores valores de iluminância enquanto que o céu parcialmente encoberto representou maior uniformidade dos resultados além de redução significativa em intensidade. Os horários entre 9h30min e 15h30min são os que a refletância aumenta exponencialmente o valor, divergindo da especificação do fabricante de vidro e bancos de dados utilizados pelos programas de simulação internacionais, que indicam o valor apenas na incidência perpendicular a 90°. A transmitância também reduz inversamente proporcional, nos horários em que é mais necessário o uso da luz natural para as atividades no interior do edifício. Espera-se contribuir a partir de regulamentos técnicos que considerem a refletância dos vidros na inserção de novos edifícios bem como a evolução do repertório arquitetônico bioclimático da cidade, valorizando a identidade, a cultura e a sustentabilidade dos sistemas de envoltórias com menor demanda de energia no clima tropical.

Palavras-chave: Iluminação Natural, Fachada de Vidro, Entorno Urbano Especular.

ABSTRACT

MARTINS, Livia de Oliveira. **CURTAIN WALL: Daylighting reflections in a tropical city** (PhD Thesis in Architecture and Urbanism). Federal University of Alagoas. Maceió, 2020.

The curtain wall is a widespread glass facade system in architecture from the international aesthetics of the Modern Movement to contemporary times. The glazed building model has spread around the world based on air conditioning artificial technology, ignoring the cultural and climatic characteristics of the destination's site. For the hot and humid climate of Maceió it is important to know well the parameters and variables that influence the performance of this type of envelope for an adequate architectural project. The general objective of this doctoral research is to evaluate the reflections caused by glass facades of vertical buildings in daylighting in the tropical city of Maceió, Alagoas, Brazil. To achieve this main goal, the following specific objectives were accomplished: identification of the impact of natural light reflected from different geometries of glass facades on the internal illuminance of the neighboring front building; analyze the variation of reflected light as a function of the angle of incidence in the different types of facade glass; evaluation the impact of the glass facade on natural lighting outside vertical buildings in parameterized urban block arrangements. The methodology was created from a critical review of literature on glass facades with justification of the adopted problem. From the analysis of the use of the glass facade in the city of Maceió, canyons and urban blocks were modeled based on the Construction Code and Master Plan of the city. The simulations were carried out in the Troplux program, the transmittance and reflectance measurements of the types of glass were carried out respectively on a digital spectrophotometer and experimental assembly of equipment (light source, lenses, iris, goniometer and luximeter) on a pneumatic table. Measurements were performed for angles from 0 to 90 ° with an interval of 5 °. The results showed the great difference that reflectance can have depending on the shape, the type of glass and the urban configuration that favors a greater angle of view of the sky. That is, for the same land and building in which a façade from flat geometry is changed to concave, convex and prismatic, the surface area increases, thus increasing the amount of reflected light. The clear sky provided higher illuminance values while the partially cloudy sky represented greater uniformity of results and significant reduction. The times between 9:30 am and 3:30 pm are the times when the reflectance increases the value exponentially, diverging from the manufacturer's specification and international glass database for softwares that indicates the value only in perpendicular incidence. Transmittance also reduces inversely, at times when the use of natural light is most needed for activities inside the building. It is expected to contribute from technical regulations that consider the reflectance of glass in the insertion of new buildings as well as the evolution of the city's bioclimatic architectural repertoire, valuing the identity, culture and sustainability of the envelope systems with less energy demand in the city. tropical weather.

Keywords: Daylighting, Curtain Wall, Glass Facade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Edifício Mirage em 2002 (a) e 2009 (b), Maceió. Fonte: Barbosa, 2009.....	36
Figura 2 - Rochaverá Corporate Towers (a) e Parque da Cidade (b) - Aflalo & Gasperini. Fonte: www.archdaily.com.br, 2014.	40
Figura 3 - Ritmo circadiano, descoberta dos genes premiada em Fisiologia e Medicina 2017. Fonte: Adaptado de nobelprize.org, 2019.	53
Figura 4 - Imagens e gráfico do estudo de correlação entre a DGP e percepção de usuários. Fonte: Wienold e Christoffersen, 2006.....	57
Figura 5 - Comparação dos índices de Ofuscamento e determinação de luminâncias em imagens simuladas para a vista do observador. Fonte: Jakubiec e Reinhart, 2012.	58
Figura 6 - Planos utilizados para análise espacial e direcional de luminâncias dentro do campo de visão. Fonte: Dubois, 2003.	59
Figura 7 - Gráfico UDI e seção vertical do plano de trabalho. Fonte: Nabil e Mardaljevic, 2005.	60
Figura 8 - Diagrama Solar espelhado em envidraçamento vertical. Fonte: Lynes, 2007.....	60
Figura 9 - Vetor de direção da refletância e representação gráfica em diagrama solar. Fonte: Littlefair, 1987.....	61
Figura 10 - Distribuição de iluminâncias e ângulo sólido do observador. Fonte: Nissola (2005)	61
Figura 11 - Transmissão de vidros variados; Esquema da radiação solar sobre o vidro; Refletância para o Vidro comum. Fonte: Adaptado de Assis (1998) e Michelato (2007).	62
Figura 12 - Aparelho BAT para teste de Acuidade visual; Equipamento CSV1000-E para teste de ofuscamento com variação da sensibilidade à luminância e ao contraste; Pelli-Robson teste de variação de constraste em frequência baixa. Fonte: Diep e Davey, 2018.	62
Figura 13 - Análise de DGP com aplicação de método heurístico. Fonte: Santos e Caldas, 2018.	65
Figura 14 - Iluminância vertical e classes relativas de conforto em escritório de janela orientada a oeste com vidro jateado. Fonte: Giovannini et al, 2018.	67
Figura 15 - Mapa de Luminâncias da vista do observador para 3 tipos de vidro. Fonte: Giovannini et al, 2018.	68
Figura 16 - Estratégias bioclimáticas para o trópico úmido. Fonte: ROMERO, 2001.....	70
Figura 17 - Orientação de ruas e sombreamentos das construções. Fonte: FROTA e SCHIFFER, 2001.....	71
Figura 18 - Efeito da Radiação solar direta e refletida em um cânion urbano. Fonte: Adaptado de Brotas e Pandya (2014).....	72
Figura 19 - Esquema de fachada curva focalizando e concentrando energia refletida. Fonte: Danks et al, 2016.....	73
Figura 20 - WINDOW, OPTICS e IGDB interfaces. Fonte: LBNL, 2019.	74
Figura 21 - Comparação de refletância do vidro em função do ângulo de incidência. Fonte: Danks, 2016.	75
Figura 22 - Luz visível e termografia das superfícies expostas à radiação. Fonte: Danks <i>et al</i> , 2016.	76

Figura 23 - Hipótese de variáveis e relações através do método SEM (Structural Equation Modelling) e Área de análise em Cingapura. Fonte: Ishak et al, 2018.....	76
Figura 24 - Mapa dos picos de intensidade em falsa cor do fluxo recebido no chão com várias posições solares em frente à fachada côncava voltada para o sul. Foto do edifício e o cenário modelado para análise no Radiance. Fonte: Zhu et al, 2018.	77
Figura 25 - Reflexão atravessa cortina; traçado de reflexões da ICC tower. Fonte: Wong, 2016.	78
Figura 26 - Gráficos de medições e simulações de níveis de radiação. Fonte: Danks e Good, 2016.	78
Figura 27 - Walt Disney Concert Hall de Frank Gehry e estudo de reflexões. Fonte: SCHILLER e VALMONT, 2006.	79
Figura 28 - Ofuscamento mapeado no diagrama de traçado do sol para diferentes índices. Fonte: Torres e Verso, 2015.	79
Figura 29 - Métricas de iluminação e Insolação Fonte: Scalco <i>et al</i> , 2010.....	80
Figura 30 - Radiação no vidro.	85
Figura 31 - Espectro da radiação solar com faixa visível. Fonte; Exemplos de Curvas espectrais. Fontes: Whestphal, 2014 e Guardian, 2010.	85
Figura 32 - Instalação do Sistema Unitizado e detalhe do encaixe no perfil. Fonte: Metalica.com.br., 2019.	86
Figura 33 - Zoneamento Urbano de Maceió. Fonte: PMM, 2007.	87
Figura 34 - Desenho Esquemático do cone do farol de auxílio à navegação. Fonte: Martins, 2010.	88
Figura 35 - Croqui esquemático mostrando a definição do parâmetro taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento. Fonte: Martins, 2010.	89
Figura 36 - Máxima exposição ao sol direto por pavimento. Fonte: Mayoub (2012).....	89
Figura 37 - Esquema do cânion estudado. Fonte: A autora.	92
Figura 38 - Modelos de entorno estudados. Fonte: A autora.....	92
Figura 39 – Malha de pontos CIE para a simulação. Fonte: A autora.....	93
Figura 40 - Orientações e respectivos azimutes representados. Fonte: LARANJA et al, 2016.	94
Figura 41 - Iluminância anual dos quatro modelos de geometria por orientação. Fonte: A autora.	95
Figura 42 - Iluminância anual por tipo de céu para quatro modelos de Geometria. Fonte: A autora.	96
Figura 43 - Distribuição de luz natural para os quatro modelos de fachada vizinha. Fonte: A autora.	97
Figura 44 - Amostras de vidros para medições em Espectrofotômetro. Fonte: A autora, 2017.	101
Figura 45 - Ajuste da amostra no suporte e encaixe no Espectrofotômetro PerkinElmer – Lambda 1050 UV/VR/NR. Fonte: A autora, 2017.....	101
Figura 46 - Configurações software UV Winlab das medições de transmissão do Espectrofotômetro PerkinElmer. Fonte: A autora, 2019.	102
Figura 47 - Espectros de Transmissão dos Vidros da marca G. Fonte: A autora, 2019.....	103

Figura 48 - Espectros de Transmissão dos Vidros da marca C. Fonte: A autora, 2019.	103
Figura 49 - Montagem dos equipamentos de medição na mesa pneumática. Fonte: A autora.	104
Figura 50 - Medição da Transmissão de Iluminância com incidência de 0 a 90° sobre as amostras de vidro. Fonte: A a autora.	105
Figura 51 - Medição da Iluminância Refletida com incidência de 0 a 85° sobre as amostras de vidro. Fonte: A autora.	105
Figura 52 - Fonte de luz Branca KL200 ZEIZZ. Fonte: A autora, 2019.	106
Figura 53 - Gráfico de medições de Reflexão e Transmissão em função do ângulo de incidência produzido com dados do experimento para o vidro comum. Fonte: A autora, 2019.	107
Figura 54 - Esquema das medições de transmissão e reflexão por amostra de vidro. Fonte: A autora.	107
Figura 55 - Curvas de transmissão e reflexão por amostra de vidro. Fonte: A autora.	108
Figura 56 – Curvas de transmissão e reflexão por amostra de vidro. Fonte: A autora.	109
Figura 57 - Curvas de distribuição espectral para amostras da Marca C. Fonte: A autora. ...	110
Figura 58 - Carta Solar para Maceió Latitude 10°S. Fonte: A autora.	112
Figura 59 - Quadras 1 e 2 de parâmetros urbanos para a cidade de Maceió-AL. Fonte: A autora.	114
Figura 60 - Quadras 1 e 2 de parâmetros urbanos para a cidade de Maceió-AL. Fonte: A autora.	114
Figura 61 - Planta baixa com os ângulos de obstrução da abóbada celeste. Fonte: A autora.	115
Figura 62 - Elevações com os ângulos de obstrução verticais da abóbada celeste. Fonte: A autora.	116
Figura 63 - Máscara de parcelas de influência da iluminação da quadra urbana 01 com demarcação de obstrução de Céu, céu visível, sol visível, céu e sol refletidos da orientação oposta nas fachadas de vidro. Fonte: A autora.	117
Figura 64 - Ampliação de exemplo da orientação norte da Quadra 01. Fonte: A autora.	117
Figura 65 - Máscara solar da quadra urbana 01. Fonte: A autora.	118
Figura 66 - Máscara solar da quadra urbana 02. Fonte: A autora.	119
Figura 67 - Máscara solar da quadra urbana 03. Fonte: A autora.	120
Figura 68 - Máscara solar da quadra urbana 04. Fonte: A autora.	121
Figura 69 - Carta solar para a latitude de Maceió com os ângulos de altura solar ao meio dia nos solstícios. Fonte: A autora.	122
Figura 70 - Simplificação vertical geométrica da altura solar ao meio dia nos solstícios e exemplo de ângulo vertical de obstrução e interferência horária. Fonte A autora.	123
Figura 71 - Representação dos ângulos de incidência e respectivo alcance da refletância da luz natural no entorno urbano de quadra com edifícios de mesmo gabarito. Fonte: A autora.	123
Figura 72 - Ângulos de influência no entorno da Quadra 01. Fonte: A autora.	124
Figura 73 - Ângulos de influência no entorno da Quadra 02. Fonte: A autora.	124
Figura 74 - Ângulos de influência no entorno da Quadra 03. Fonte: A autora.	125
Figura 75 - Ângulos de influência no entorno da Quadra 04. Fonte: A autora.	125

Figura 76 - Sistematização dos ângulos de influência para calçada oposta, calçada adjacente, via de veículos, edificação frontal e canteiro central. Fonte: A autora.	126
Figura 77 - Representação dos ângulos de incidência e respectivo alcance da refletância da luz natural no entorno urbano de quadra com edifícios de gabaritos diferentes. Fonte: A autora.	127

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Índice DGP - Daylight Glare Probability	65
Equação 2 - DGPs - Spatial Daylight Glare Probability	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Projetos e Fachadas com o Vidro em Evidência na cidade de Maceió. Fonte: A autora.	39
Quadro 2 - Métricas de ofuscamento por luz natural. Fonte: Adaptado de Wienold <i>et al</i> , 2019.	63
Quadro 3 - Quadro - Classes de Ofuscamento por Luz Natural e limites de DGP. Fonte: Adaptado Danks et al, 2016 e de Wienold, 2009.	66
Quadro 4 - Limites de DGP _s . Fonte: Mardaljevic <i>et al</i> , 2012.	67
Quadro 5 - Vidros usados na Arquitetura Fonte: Adaptado de Guardian, 2010.	84
Quadro 6 - Dados de vidros Monolíticos. Fonte: Adaptado de Guardian, 2010.	88
Quadro 7 - Quadro de Propriedades do vidro, exemplo C02. Fonte: A autora.	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fórmulas para Cálculo dos recuos progressivos em edifícios verticais.	88
Tabela 2 - Métricas de Análise	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALN – Autonomia de Luz Natural (DA – Daylight Autonomy)

ALNe – Autonomia de Luz Natural Espacial (sDA – Spacial Daylight Autonomy)

CS - Coeficiente de Sombreamento

E – Iluminância

ESA – Exposição Solar Anual (ASE – Annual Sunlight Exposure)

FLD – Fator de Luz do Dia

FS – Fator Solar

IES - Illuminating Engineering Society

IGDB – INTERNATIONAL GLASS DATABASE

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IULN – Iluminância Útil de Luz Natural

IV – Infravermelho

L – Luminância (cd/m²)

P – Position Index – Índice de posição de Guth

SHGC – Solar Heat Gain Coefficient

U – Transmitância (w/m². k)

UV – Ultravioleta

VLT – Visible Light Transmittance

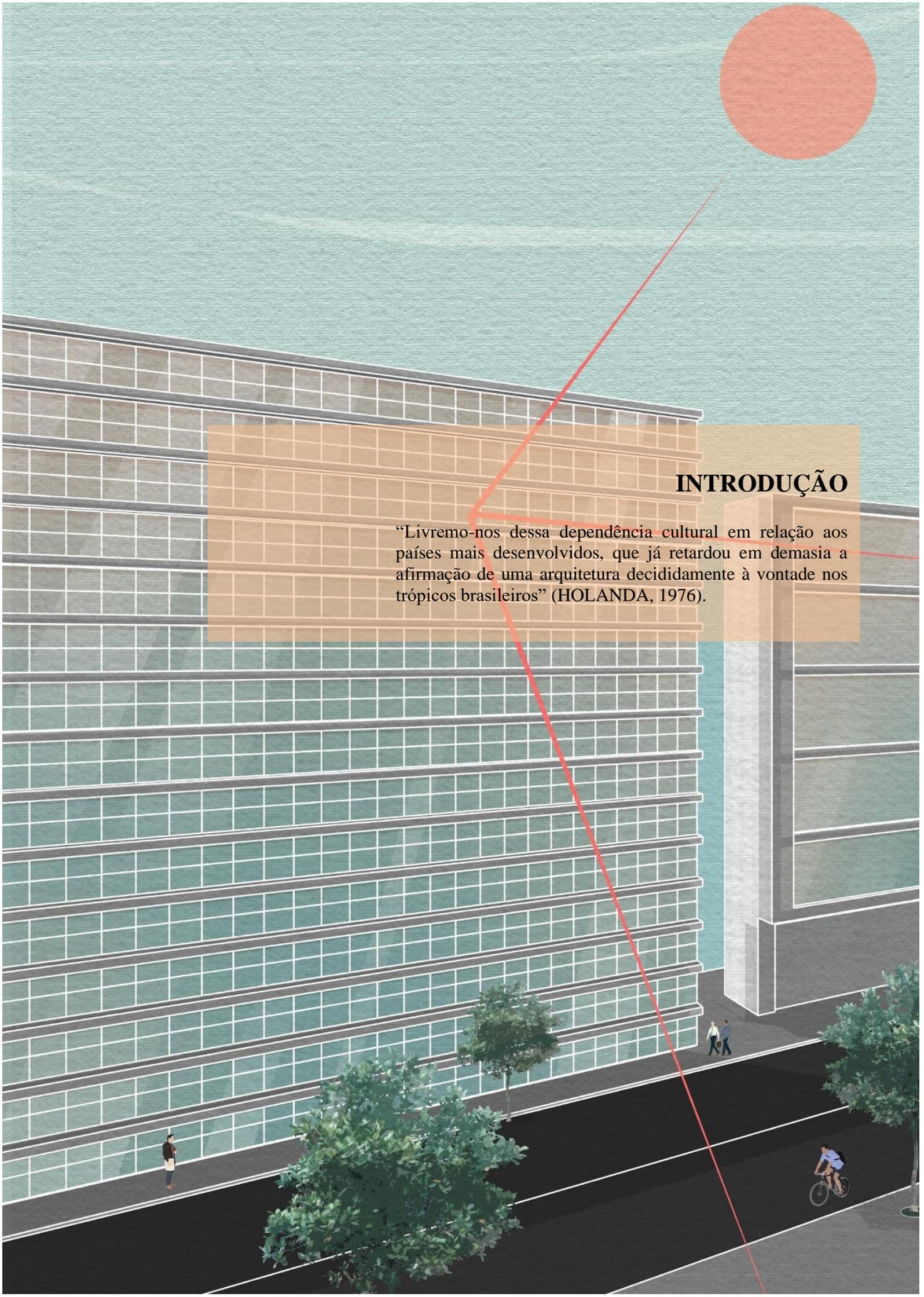
WWR – Window to Wall Ratio

ω – Ângulo sólido de uma fonte de ofuscamento

SUMÁRIO

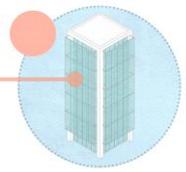
INTRODUÇÃO	20
Objetivos	24
Objetivo Geral	24
Objetivos Específicos	24
Estrutura da Tese	24
SEÇÃO 1	26
FACHADA DE VIDRO E ILUMINAÇÃO NATURAL NA CIDADE TROPICAL	26
1.1 Influência Histórica do uso do Vidro e a Iluminação Natural na Arquitetura	27
1.2 Fachadas de Vidro na Cidade de Maceió	35
1.3 Análise Crítica da Fachada de Vidro em Cidade Tropical	39
SEÇÃO 2	51
FACHADA DE VIDRO E INTERAÇÃO ENTRE AS ESCALAS DA CIDADE	51
2.1 Fachada de Vidro e Iluminação Natural na Escala Arquitetônica	52
Demandas da Escala Arquitetônica	55
Métodos atuais e a escolha da abordagem de análise	56
Principais trabalhos relacionados	56
2.2 Fachada de Vidro e Iluminação Natural na Escala Urbana	68
Métodos atuais e escolha da abordagem de análise	72
SEÇÃO 3	82
VIDROS PARA FACHADAS DE EDIFÍCIOS	82
3.1 Tipos de Vidro, Propriedades e Características	83
3.2 Interação do Vidro com a Radiação Solar	84
3.3 Demandas da Construção Civil	86
3.4 Características de desempenho do vidro	88
3.5 Riscos de Quebras Térmicas	91
SEÇÃO 4	86
LUZ NATURAL REFLETIDA DO ENTORNO EM FACHADA DE VIDRO	86
4.1 Efeito de entorno urbano especular de diferentes geometrias na iluminação natural de um ambiente da cidade tropical de Maceió-AL.	87
4.2 Métodos e Métricas de Iluminação Natural	89
4.3 Modelagem dos estudos	91
4.4 Resultados e Análises	94

4.4.1	Conclusões	97
SEÇÃO 5		99
FACHADA DE VIDRO E PARÂMETROS URBANOS DA CIDADE TROPICAL		99
5.1	Variação da luz refletida e transmitida em função do ângulo de incidência em diversos tipos de vidro para fachadas	100
5.2	Métodos e Métricas	101
5.3	Resultados e Análises	106
5.4	A fachada de vidro na reflexão da luz natural em arranjos parametrizados de quadra urbana tropical	112
SEÇÃO 6		129
CONSIDERAÇÕES FINAIS		129
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
6.1	Resultados de relevância ou contribuição científica	131
6.2	Proposta de Soluções (material, projeto, códigos ou normas)	132
6.3	Limitações e Sugestões para trabalhos futuros	132
REFERÊNCIAS		134
ANEXOS		145

An architectural rendering of a modern building with a grid facade. The building is shown from a low angle, emphasizing its height. The facade consists of a grid of dark horizontal and vertical lines. A large, solid red sun is positioned in the upper right corner of the sky. A red line originates from the sun and extends diagonally across the image, passing through the building's facade. In the foreground, there is a sidewalk with a few people walking and a cyclist on a road bike. There are also some green trees and bushes. The overall style is clean and modern.

INTRODUÇÃO

“Livremo-nos dessa dependência cultural em relação aos países mais desenvolvidos, que já retardou em demasia a afirmação de uma arquitetura decididamente à vontade nos trópicos brasileiros” (HOLANDA, 1976).



Problemática

Esse trabalho parte da hipótese que, a fachada de vidro ao ser utilizada na arquitetura das cidades tropicais afeta o espaço habitado e provoca reflexos ainda pouco explorados no campo da Iluminação Natural. Existe ainda um impulso fruto da inquietação pessoal da autora advinda da prática profissional na arquitetura sobre a reprodução de modelos de edifícios “internacionais” na cidade contemporânea.

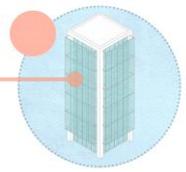
Os países “desenvolvidos”, de outra realidade social e climática, são tomados como exemplos do fazer, padrões a serem espelhados como símbolo de progresso, frente à globalização da comunicação, transporte e tecnologia. Por conseguinte, a constante evolução das técnicas digitais de projeto e a reorganização dos canteiros de obra delineiam o espaço construído pela velocidade instantânea do modo de vida atual.

A arquitetura na era digital-financeira vive uma arriscada fusão com a publicidade e a indústria do entretenimento através do fetichismo da forma, na qual faz uma analogia abstrata ao poder e riqueza do capitalismo ao explorar o limite de sua materialidade. A obra luxuosa monumental de forma espetacular atrai pessoas, riquezas e negócios propiciando o capital fictício, monopolista. Assim, sua produção é comandada pelos ganhos advindos da sua divulgação midiática e capacidade de gerar riqueza, pois circula como imagem reduzindo a experiência arquitetônica à pura visibilidade (ARANTES, 2010; HARVEY, 2005).

O problema se instala na reprodução de modelos que não carregam vínculo histórico, cultural e econômico com o lugar de implantação. Por que não reafirmar características tão importantes alcançadas através de um percurso fortalecido pela ação do tempo? Importante refletir a partir do influente arquiteto pernambucano Armando de Holanda (1976): “Livrem-nos dessa dependência cultural em relação aos países mais desenvolvidos, que já retardou em demasia a afirmação de uma arquitetura decididamente à vontade nos trópicos brasileiros”.

A importância da presente abordagem vem da lacuna de estudos críticos sobre as construções em vidro no clima quente e úmido tropical em colaborar com dilemas diários de pesquisadores e profissionais projetistas. O foco do trabalho enfatiza o campo da iluminação natural na decisão de projeto que delinea a arquitetura e a cidade ao mesmo tempo: a fachada.

No projeto contemporâneo, o arquiteto cria soluções para um ambiente protegido e isolado, no caso da fachada, a radiação é jogada para o ambiente urbano sem critérios ponderados. O urbanista, que atua no espaço urbano, necessita de regulações que controlem e garantam uma boa interação entre as duas escalas, uma vez que não intervém na propriedade



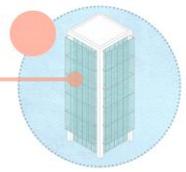
privada. Os materiais utilizados nas fachadas interagem com a escala macro, que por sua vez, também influencia de volta a microescala. Outras reflexões críticas também são questionadas visto que são fundamentais na consolidação da hipótese em questão. Será que é viável conceber a fachada de vidro em edifícios verticais na cidade tropical?

Inicialmente, a presente tese parte do princípio de que a envoltória é o elemento de ligação entre as duas escalas: do edifício e da cidade concomitantemente. Tal perspectiva responsabiliza tecnicamente o arquiteto e urbanista pela interação de sua obra com a cidade desde o estudo preliminar. Ou seja, toda consequência de adoção de uma fachada no projeto arquitetônico deveria ser pensada em beneficiar a edificação sem, no mínimo, prejudicar o seu entorno urbano. A envoltória é a parte do edifício que mais recebe influência do clima. O sol emite a radiação fonte de luz e calor que rege a vida natural na Terra, interage com os corpos d'água, o solo, o relevo, a vegetação, a umidade, os ventos, os animais. O fenômeno transforma o ambiente, o clima, as estações, o dia e a noite, delinea as formas e a vida nas cidades.

A fachada não é estática, corresponde ao equilíbrio dialético entre o abrigar e o interagir, o ir e vir, o fechar e o abrir, o uno e o múltiplo, o público e o privado, as entradas e as saídas, a transparência e a reflexão do vidro, o foco e a evasão. Nela acontecem as sinergias ambientais que envolvem o clima, os materiais, os volumes, as atividades humanas em seu contexto histórico-cultural, as trocas de calor e umidade, a entrada do ar, dos sons, da luz, o acesso às vistas. Dessa forma, o trabalho ressalta a necessidade de uma abordagem contemporânea que perpassa a estética “internacional” da fachada de vidro e seu efeito na paisagem da cidade ao enfraquecer a estética regional das construções de um lugar: sua identidade.

É vasto o campo que trabalha com análise de desempenho energético no interior de um edifício, porém, é necessário ampliar a quantidade de estudos sobre o uso do vidro na envoltória e seu efeito no entorno principalmente em climas tropicais devido à grande disponibilidade de radiação solar. Fala-se muito em vidros de alto desempenho que não permitem grande transmissão de calor, porém a parte refletida e reirradiada que é devolvida ao meio urbano é pouco avaliada térmica e luminosamente. As consequências desse efeito para o clima tropical ainda não foram expressas em dados. O estudo das superfícies refletivas especulares na maioria dos softwares é evitado por considerarem as superfícies lambertianas, perfeitamente difusas, com algoritmos simplificados de cálculo da iluminação natural.

Existe, portanto a preocupação em atender às necessidades dos usuários a fim de aproximar da zona de conforto termoluminoso, pois traz **vantagens psicofisiológicas para a saúde** humana, a satisfação e a produtividade em sua função. São evitadas situações de

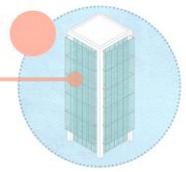


ofuscamento luminoso, situação comum em ambientes que tenham uma iluminação lateral muito forte, grande visão do céu e ofuscamento pelo reflexo do vidro vizinho.

Uma edificação com projeto bioclimático, onde são aproveitadas ao máximo as estratégias passivas, necessitará de **menor demanda de energia** para alimentar os sistemas ativos de condicionamento e iluminação artificial. Tal tipo consiste numa inserção consciente na cidade **reduzindo a sobrecarga na rede de distribuição** e infraestrutura elétrica. As temperaturas podem ser controladas por algum tipo de obstrução para evitar o calor aprisionado. A eficiência energética também deve ser acompanhada por equipamentos de desempenho comprovado, pois implica na redução considerável do dispêndio mensal com energia.

É possível fazer o uso de estratégias que propiciem a **redução do efeito ilha de calor** e suas alterações no microclima urbano ao conhecer os efeitos do vidro na arquitetura e seu entorno. Como resultado é fundamental estimular a **evolução do repertório arquitetônico bioclimático** da cidade de Maceió ao apresentar novas soluções sobre as reais necessidades da arquitetura e do urbanismo locais.

Além de dar ênfase à qualidade da construção, é importante incitar a **valorização da identidade, cultura e a produção local** para a **sustentabilidade dos sistemas de envoltórias**. Apresentar **soluções de aplicações e dimensionamentos** que favoreçam um projeto consciente seja no código de edificações, em selos, etiquetas ou certificações. Incentivar a validação de **métodos e regulamentos técnicos** que retomem a importância das estratégias de arquitetura e urbanismo com o devido reconhecimento e divulgação adequada pela publicidade do mercado imobiliário.



Objetivos

Objetivo Geral

A tese tem como objetivo geral a avaliação dos reflexos provocados por fachadas envidraçadas de edifícios verticais na iluminação natural da cidade tropical de Maceió, Alagoas.

Objetivos Específicos

- Identificação do impacto da luz natural refletida de diferentes geometrias de fachadas de vidro na iluminância interna do edifício vizinho frontal;
- Análise da variação da luz refletida em função do ângulo de incidência nos diversos tipos de vidro para fachada;
- Avaliação do impacto da fachada de vidro na iluminação natural no exterior de edifícios verticais em arranjos parametrizados de quadra urbana.

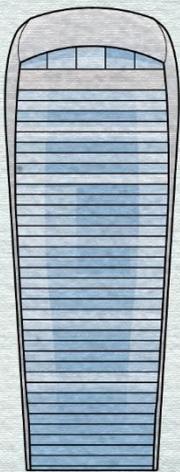
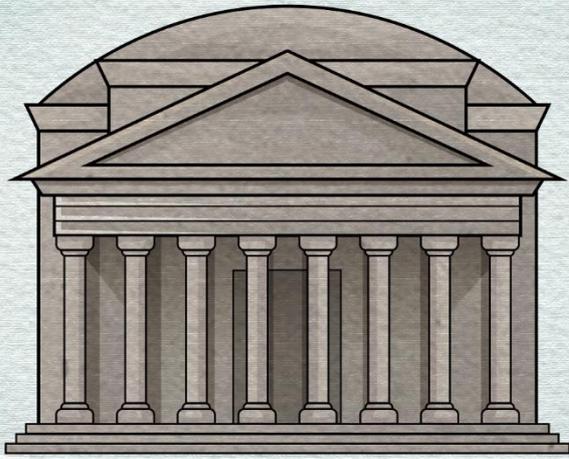
Estrutura da Tese

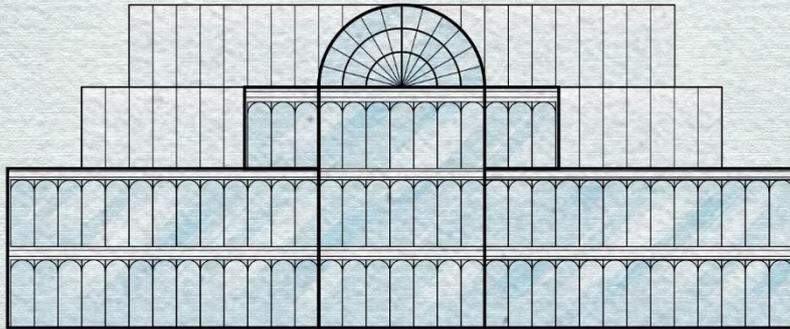
A tese é estruturada a partir da análise do uso da fachada de vidro em edifícios verticais na cidade tropical. A Seção 1, a partir de uma revisão de literatura crítico-exploratória, apresenta reflexões sobre o tipo da envoltória arquitetônica de vidro, sua referência histórica e a inserção sociocultural na cidade de clima tropical que justifique a problemática adotada.

Na Seção 2, amplia a análise a partir de duas perspectivas: a interação mútua da cidade com a fachada e desta com seu interior. Aborda a escala macro – da cidade delineada pela fachada dos edifícios, e da micro – de dentro do edifício com visão voltada à vista do exterior através da janela. Em seguida, na Seção 3, desdobra a interface – o material vidro – que proporciona esse tipo de ligação do sentido da visão e suas características ópticas perante a reflexão, absorção e transmissão da luz, bem como as demandas da construção civil.

Em seguida, as Seções 4 e 5 abordam juntamente os três objetivos específicos. com procedimentos de coletas e análise de dados para produzir resultados quantitativos e qualitativos de iluminação natural, sintetizar análises em conceitos e possibilitar parâmetros de soluções de projeto. A Seção 6 aborda as considerações finais do trabalho.

Cada Seção possui uma análise interdependente, com embasamento teórico, e quando for o caso, caracterização de modelos de estudo, modelagem de simulação, métodos e métricas adotados, análise de resultados e conclusões.



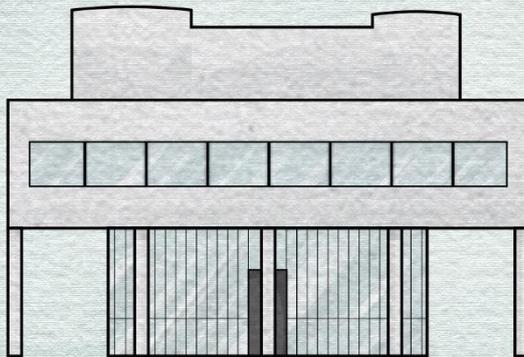


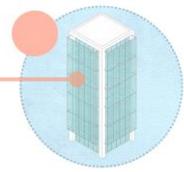
SEÇÃO I

SEÇÃO 1

FACHADA DE VIDRO E ILUMINAÇÃO NATURAL NA CIDADE TROPICAL

“Enquanto seres humanos se matavam no hemisfério Norte, aqui surgia essa fragilíssima parede de vidro, como uma esperança no futuro” – fala de Lucio Costa sobre o MES (CAVALCANTI, 2006)





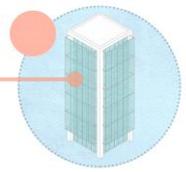
1.1 Influência Histórica do uso do Vidro e a Iluminação Natural na Arquitetura

O vidro é utilizado na Arquitetura há séculos para proporcionar efeitos sensoriais diversos, da escuridão da Idade Média, do singular óculo Românico à dramatização intencional das catedrais góticas em forma de vitrais coloridos, rosáceas, que permitiam um valor simbólico da iluminação natural ao impressionar os fiéis (ARGAN, 2008; BENÉVOLO, 2001; GOMBRICH, 1999, JANSON, 2009; ZEVI, 2004). A janela como sintaxe na arquitetura ocorre com o Renascimento, que a toma como o olho da arquitetura ao criar proporcionalidades geométricas facilitadas pela invenção do desenho em perspectiva, que é a razão entre a distância dos objetos no espaço a partir de um ângulo de visão (JORGE, 1995).

O avanço da engenharia de materiais nas construções foi importante para o campo da iluminação natural, a exemplo do uso da estrutura metálica modular e fechamento em vidro que iniciou com Joseph Paxton para a construção de suas estufas de formas neoclássicas. A invenção foi cunhada no Palácio de Cristal em Londres no apogeu da Revolução Industrial vitoriana com a maior área de vidro vista pelo homem em anos, criada para abrigar a grande exposição de 1851, visitada por milhares de pessoas de todo o mundo. Assim, foi possível junto ao engenheiro civil Charles Fox explorar novos métodos e sistemas construtivos para criação de vãos maiores e o uso de transparências (PEVSNER, 2002, 2001; MUNFORD, 2004). O modelo se proliferou pelas exposições universais do século XIX.

Seguidamente, destacou-se o movimento moderno em suas mais diversas correntes espalhadas pelo mundo por representar uma ruptura dos estilos históricos e seus ornamentos ao objetivar os espaços abstratos, geométricos e mínimos nos quais a forma deveria seguir a função. Surge em meio às profundas transformações estéticas e culturais propostas pelas vanguardas artísticas como: Cubismo, Abstracionismo, De Stijl, Vanguarda Russa, Construtivismo (ARGAN, 2008).

Os projetos modernos conceituais dos expressionistas alemães Bruno Taut e Erich Mendelsohn buscavam a ideia de "casa no céu", "arquitetura de cristal", diante das possibilidades estéticas do vidro frente ao sentimento negativo e sem perspectivas do pós-guerra. Para Taut, a arquitetura teria os mais altos ideais artísticos imaginários o que levava a uma "utopia" do vidro num lugar "imaginário", daí a criação da "Cadeia de Vidro" grupo de artistas com objetivo de ultrapassar a arquitetura acadêmica. Em sua *Alpine Architektur*, utilizava objetos cristalinos para engrinaldar os picos alpinos, tendo como exemplo prático a forma cristalina no Pavilhão de Vidro na exposição de Werkbund em 1914 (BENÉVOLO, 2001). Embora utópicos, os vários conjuntos habitacionais de Mendelsohn exploraram a



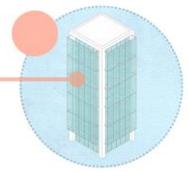
plástica nova do vidro através de contrastes entre "cheios e vazios", "transparente e opaco", "leve e pesado" ao permitir a entrada da iluminação, num contexto climático temperado.

A Bauhaus, primeira escola de design do mundo fundada por Walter Gropius na Alemanha, foi uma das mais importantes e influentes correntes do movimento moderno ocidental com diversas expressões nas artes e arquitetura. Gropius diferenciou sua construção industrial após sair do estúdio de Behrens, fundador da “liga de trabalho alemã” *Deutscher Werkbund*, composta por doze artistas e doze donos de fábricas alemãs na qual o edifício deveria ser anúncio e ilustrar o sucesso da empresa. Criou soluções transparentes de cantos em fachadas de fábricas com objetivo de aumentar a eficiência dos operários dando leveza, ar e claridade além de impressionar os transeuntes, conceito que interessava os industriais (ARGAN, 2005).

No prédio da escola Bauhaus em Dessau o seu criador, Gropius, explorou na área dos ateliês toda a possibilidade do vidro, seja pela iluminação, seja pelo efeito de bem-estar que causava aos usuários, ao poder ver a rua e serem vistos. Neste aspecto, entende-se também o vidro como um dos principais elementos conceituais do movimento moderno pois possibilitava que tudo fosse exposto, claro, aberto, integrado, nada ocultado. Para Gropius a arquitetura internacional deveria ser repetida, padronizada, uniformizada, industrializada para traduzir nas cidades através de materiais idênticos uma unidade e sobriedade, pois postulava que “a proporção pertence ao reino dos espíritos – o material e a construção são seus subordinados” (CHOAY, 1992).

O vidro foi largamente utilizado no período entre-guerras por questões práticas de iluminação bem como conceituais. O arquiteto ícone Mies Van der Rohe buscava uma clareza visual por meio da transparência do vidro, sobretudo após sua saída da Alemanha e da Bauhaus devido às perseguições nazistas e de ter encontrado mercado e reconhecimento nos EUA. Nos arranha-céus de Chicago e as casas de vidro realizados nos EUA (Pavilhão Alemanha para Barcelona em 1929, Casa Farnsworth 1951 nos EUA, Instituto de Tecnologia de Illinois, edifício da SEAGRAN 1954) pratica a ideia de osso (metal) e pele (de vidro) popularizando a expressão "pele de vidro" que significa o recobrimento da estrutura em concreto e aço do edifício pelo vidro influente até os dias de hoje. Seus conceitos eram baseados na forma pura, clareza e repetição estrutural, transparência e controle total das condições ambientais internas.

O arquiteto Mies rompeu a tradição da janela como um quadro emoldurado na parede ao prolongar seus sentidos ao plano inteiro delimitado apenas pelas linhas perpendiculares do teto e do chão. Quando criou o primeiro arranha-céu com todas as fachadas de vidro do mundo,

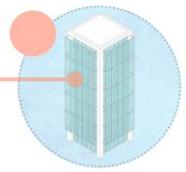


apresentou o desenho em perspectiva a partir da vista de quem vê de fora, da cidade, onde emerge um edifício. Trabalhou sobre o jogo da reflexão-refração da luz, ora espelhando a cidade, ora aprisionando a luz, cujas janelas não estão mais compreendidas entre os planos do piso e da cobertura, mas sim fundidas num único plano de luz, utopia expressionista da morada do homem que não tem nada a esconder (ARGAN; 2005).

Na mesma época, a verticalização foi impulsionada pelo desenvolvimento do concreto armado e dos elevadores hidráulicos. O edifício alto era um marco na paisagem das grandes cidades na década de 1920, como Nova York e Chicago, principalmente pela resposta aos interesses do mercado imobiliário e desafios ambiciosos da arquitetura e engenharia que ligavam as inovações tecnológicas à cidade moderna. Entretanto, o simbolismo da verticalidade na imagem da cidade é encontrado desde a formação das cidades medievais até os dias de hoje materializado em ícones arquitetônicos. O exemplo da Ilha de Manhattan e seu poder econômico remonta San Gimignano nos tempos da Itália Medieval (UMAKOSHI e GONÇALVES, 2009; LE GOFF, 1998).

A verticalização também era ligada à escassez de terrenos centrais e elevado preço do solo urbano. Tanto a demanda, como a proximidade das relações urbanas fizeram da construção vertical como padrão na paisagem das cidades brasileiras de médio e grande porte. Nessa paisagem, a fachada ganha foco. No Brasil, o processo foi mais rápido em São Paulo e Rio de Janeiro e significava status. Em Alagoas o maior período de modernização foi entre 1950 e 1964, coincidentemente com o desenvolvimento nacional (AMARAL, 2009). A cultura dos edifícios altos próximos ao mar em Maceió iniciou após a construção dos pioneiros São Carlos do desenhista Walter Cunha e o Lagoa Mar do desenhista Israel Barros na década de 1960, bem como também foi influenciada pela verticalização da orla pernambucana (CALDAS, 2019).

O movimento moderno idealizava de forma criativa e visionária propor soluções aos problemas reais das cidades da época. Todavia, muitos modelos utópicos de cidades e edifícios conceituais permaneceram no plano ideológico pelo tamanho e complexidade que inviabilizavam economicamente sua construção. Paralelamente, os Congressos Internacionais da Arquitetura Moderna - CIAM também foram importantes na formalização do movimento e de seus ideais. Os CIAM (do francês: *Congrès Internationaux d'Architecture Moderne*) constituíram uma organização e uma série de eventos formados pelos principais nomes da arquitetura moderna internacional a fim de discutir os rumos a seguir nos vários domínios da arquitetura (BENÉVOLO 2001).



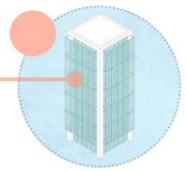
Fundados em 1928 na Suíça, os CIAM foram responsáveis pela definição daquilo que costuma ser chamado *international style*: introduziram e difundiram uma arquitetura considerada limpa, sintética, funcional e racional. Os CIAM consideravam a arquitetura e urbanismo como um potencial instrumento político e econômico, o qual deveria ser usado pelo poder público como forma de promover o progresso social (MUMFORD, 2002). É importante também destacar que este movimento não pretendia revestir-se de um estilo. No entanto, críticos contemporâneos alegam que com o passar do tempo o *international style* tornou-se um estilo de fato, contrariando seus ideais originais.

A origem do termo *International Style* se encontra no livro publicado por Henry-Hussel Hitchcock e Philip Johnson (1932) sobre a Exposição Internacional de Arquitetura Moderna que iniciou no *Museum of Modern Art* (MoMA) de Nova Iorque na qual contribuiu para a divulgação do movimento, tornando-o uma das tendências dominantes da arquitetura do século XX. A exposição foi exibida em mais onze lugares.

A arquitetura do século XX para o observador superficial não é mais consistente que a do século XIX. No entanto, no trabalho mais avançado da última década, há uma convergência decidida. Essa tendência convergente, que contrasta fortemente com o caos do século XIX e o individualismo da última geração, sugere a existência de um **estilo internacional**. Embora muitos arquitetos e críticos questionem a conveniência ou mesmo a possibilidade de fixação de estilo, é verdade que, consciente ou inconscientemente, um número considerável de arquitetos em todo o mundo paralelamente aceita disciplinas técnicas e estéticas. (traduzido de HITCHCOCK E JOHNSON, 1932)

Provavelmente o produto mais influente dos CIAM tenha sido a Carta de Atenas, escrita em 1933 por Le Corbusier baseada nas discussões ocorridas na quarta conferência da organização. A Carta praticamente definiu o que é o urbanismo moderno, traçando diretrizes e fórmulas que, segundo seus autores, são aplicáveis internacionalmente. A Carta considerava a cidade como um organismo a ser planejado de modo funcional, na qual as necessidades do homem deveriam estar claramente colocadas e resolvidas. Entre outras propostas revolucionárias da Carta está a de que toda propriedade de solo urbano da cidade pertence à municipalidade, sendo, portanto, público (LE CORBUSIER, 1989).

Le Corbusier também foi o principal criador da janela atual, difusor do racionalismo cartesiano na sintaxe da arquitetura moderna a partir de módulos e proporções. A janela anterior era estreita e vertical na construção em bloco de pedra, com o advento do concreto, esse limite é superado. Utilizou largamente o modelo da janela em fita, com peitoril e altura, descolada da estrutura, aparentando contínua no perímetro da fachada. Posteriormente, ampliou sua bagagem



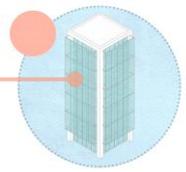
de repertório após muitas viagens de trabalho em países de climas diferentes no qual criou o brise-soleil como elemento de proteção solar e permeabilidade para ventilação (JORGE, 1995).

A desordem urbana presente nas cidades pós Revolução Industrial incitou projetos visionários baseados nos avanços tecnológicos, megaestruturas e edifícios altos para tentar solucionar as questões habitacionais das grandes cidades. Dentre do cenário, três grupos de se destacaram pelas ideias: o Archigram inglês, os Metabolistas japoneses e o grupo Utópico francês. utopias modernas arquitetônicas, o edifício alto era um ideal pregado pelos modernistas (a exemplo de Le Corbusier, Louis Khan, Mies e Philip Johnson) como solução para o urbanismo em acomodar muitas pessoas em um mesmo espaço; ao representar um marco da cidade através da forma pura, repetição estrutural, transparência e condicionamento artificial. Fórmula econômica da cultura do edifício alto comercial na era moderna e influente até os dias de hoje (GONÇALVES E UMAKOSHI, 2009; LE GOFF, 1998).

No Brasil, a Revolução de 1930 facilitou as circunstâncias para que a arquitetura moderna fosse estampada na reestruturação das sedes dos ministérios e palácios do governo Vargas. A crise instaurada pelas guerras nos mercados dos EUA e Europa fez com que arquitetos internacionais como Donat Agache, Le Corbusier e Marcello Piacentini se interessassem pelo então crescente mercado brasileiro. A primeira geração de arquitetos modernos Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, Afonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Rino Levi, Vilanova Artigas possui uma obra bastante fundamentada nas ideias de Le Corbusier (MINDLIN, 2000; OLIVEIRA et al., 2016).

A cidade de Brasília, cujo plano piloto de autoria do arquiteto e urbanista Lúcio Costa, é considerada como o mais avançado experimento urbano no mundo que tenha aplicado todos os princípios da Carta de Atenas. Já nos prédios públicos da nova capital, Niemeyer adotou amplamente sua estratégia de uso de pé-direito duplo com vidro para iluminar. O uso de pilotis, brises, cores puras, concreto armado tornou-se pragmático no modernismo brasileiro, criando uma tradição fortemente presente até os dias atuais.

Destaca-se internacionalmente a primeira fachada completamente de vidro em um edifício vertical, a sede do Ministério da Educação e Saúde - MES (atual Palácio Gustavo Capanema) no Rio de Janeiro projetada em 1937 por Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, Afonso Eduardo Reidy, Carlos Leão e coordenado pela consultoria contratada de Le Corbusier. Primeiro edifício público do Brasil com as principais características da arquitetura moderna, como o uso de brises, pilotis, planta livre, terraço-jardim, fachada livre e janelas em fita. O



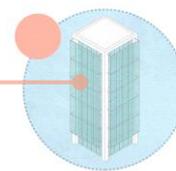
prédio, aliás, foi o primeiro edifício público a usar em larga escala o sistema – então inovador – criado por Le Corbusier para controlar a incidência solar e ventilação.

Em seguida, a participação do Brasil na feira de Nova York foi fundamental para afastar Lucio Costa e Niemeyer da agenda exclusiva de Le Corbusier e criarem identidade própria, realizando o desejo antropofágico de Oswald de Andrade. De acordo com o crítico Lauro Cavalcanti (2006), a primeira fachada de vidro em termos mundias foi em 1943 na sede do MES e cita a seguinte frase de Lucio Costa: “Enquanto seres humanos se matavam no hemisfério Norte, aqui surgia essa fragilíssima parede de vidro, como uma esperança no futuro”.

A arquiteta ítalo-brasileira Lina Bo Bardi criou a conhecida "Casa de Vidro" executada entre 1949 e 1951 em São Paulo com o objetivo de integrar o abrigo à natureza, ao sol, e às ações climáticas. A casa foi projetada para ser um manifesto de arte contra a burguesia que ainda executava casarões de estilo histórico (PEREIRA, 2014; OLIVEIRA et al., 2016). Lina também projetou o famoso Museu de Arte de São Paulo - MASP com vedações concebidas em vidro e um enorme balanço no centro da cidade de São Paulo.

Em Recife, nas décadas de 1960 e 1970, a verticalização da orla personificou a imagem de progresso almejada pelas elites locais (BARBOSA, 2009). A escola pernambucana com a figura de Armando de Holanda e o construir frondoso e os famosos cobogós de Delfim Amorim e sua equipe influenciou a arquitetura alagoana. Os arquitetos Acácio Gil Borsoi e Delfim Amorim inovaram a herança modernista carioca com elementos característicos regionais na escola pernambucana, como uso de varandas, peitoril ventilado, saques de volumes, cobogós, brises, entre outros detalhes adaptados às condições climáticas e construtivas da região (ALVES, 2012).

A transformação da paisagem urbana de Maceió foi inspirada pelas novas formas modernas de morar já adotadas em Recife. As políticas e as ações de especulação imobiliária contribuíram para a ocupação da orla alagoana. Os terrenos e as construções multipavimentos foram supervalorizados e bairros como Pajuçara, Ponta Verde e Jatiúca passaram por transformações graduais no parcelamento de solo (CALDAS, 2019). No contexto alagoano, de acordo com Sant’Ana (2003), o período de 1950 a 1964 foi o de maior modernização arquitetônica do estado com empenho do governo em acompanhar o desenvolvimento nacional. O edifício Breda construído em 1958 no centro de Maceió, foi um marco pioneiro do modernismo alagoano para Amaral (2009).



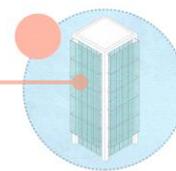
O modernismo impactou fortemente o panorama da arquitetura brasileira, seja pela nova forma de criticar, conceber, construir ou pensar o espaço em geral. Foi o momento das diversas artes em ebulição, ao questionar modelos antigos e testar novos: uma ruptura. Historicamente na arquitetura, os projetos não alcançaram somente efeitos benéficos, pois a realidade vivenciada com o passar dos anos foi por vezes diferente da idealizada. Em meio ao impulso de romper com o passado juntamente aos avanços tecnológicos da construção civil, os reluzentes edifícios internacionais “modernos” foram largamente adotados por correntes de arquitetos em detrimento da identidade e vínculo cultural do local de implantação.

Com a revisão do movimento moderno empreendida a partir dos anos 70, os CIAM e todo o seu ideário passaram a ser duramente criticados, seja pela dita "monotonia" das paisagens urbanas criadas, seja pelo fato de a Carta alegadamente exagerar na quantificação das necessidades dos indivíduos. Experiências diversas ao redor do mundo que adotaram os ideais modernos em geral tenderam a criar "espaços-de-ninguém", nos quais a definição abstrata entre o espaço público e o espaço privado não fica clara, fazendo com que o espaço que teoricamente é de todos, passe a não ser de ninguém.

A crise energética de 1973, que levou à crise econômica mundial, interrompeu a corrida pela verticalidade nos Estados Unidos e chamou a atenção do mundo para o impacto ambiental, econômico e energético dos edifícios altos do tipo caixa de vidro, selados e climatizados artificialmente. Tal modelo também foi questionado pelos impactos negativos do ambiente artificial somados aos crescentes problemas de saúde relacionados à baixa qualidade do ar e da iluminação (UMAKOSHI E GONÇALVES, 2009).

A demolição do conjunto residencial de Pruitt-Igoe em St. Louis, Missouri, nos Estados Unidos é considerada por muitos como o golpe fatal ao modernismo dos CIAM. O Pruitt-Igoe foi um premiado projeto residencial da década de 1950 que testemunhou elevações preocupantes na taxa de violência interna e durante vinte anos passou por um grave processo de degradação. Na década de 1970 o conjunto foi demolido por ordem judicial, em um processo apoiado pela comunidade que ali vivia. Este episódio é também considerado como o ponto de início do Pós-Modernismo (MUMFORD, 2000).

Um dos primeiros edifícios altos aclamados internacionalmente por desafiar a forma então comum da caixa de vidro selada e escura de pavimentos profundos foi a sede do HSBC em Hong Kong em 1986. A configuração dos espaços internos foi concebida com objetivo de ter boa iluminação natural em todo o seu interior através de um átrio potencializado por refletores. Trouxe de volta o debate da qualidade ambiental e uma nova geração de edifícios.



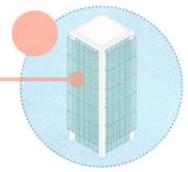
Dessa forma, a década de 90 foi fundamental na evolução do projeto de edifícios com abordagem da qualidade ambiental e menor consumo de energia, principalmente através de iniciativas europeias de criação de ícones de arquitetura distintas da cultura comercial norte-americana (UMAKOSHI e GONÇALVES, 2009). Ambientes internos produtivos, convidativos e eficientes voltaram a valorizar o projeto de arquitetura como definidores de forma e função.

Um grande exemplo de abordagem arquitetônica ambiental é a sede do Commerzbank em Frankfurt, de 1988, com iluminação natural através de um átrio central, ventilação natural reforçada por pavimentos abertos na horizontal e áreas de convívio com vegetação. De acordo com Umakoshi e Gonçalves (2009), o Commerzbank é um dos melhores exemplos contemporâneos de como a arquitetura pode responder às questões de desempenho ambiental, partindo de critérios básicos de orientação, forma, tratamento de fachadas e distribuição espacial interna a fim de alcançar eficiência antes de adotar tecnologias ativas ou diferenciadas.

No contexto norte-americano, as tecnologias dos sistemas prediais criaram mais força de mercado do que a forma e as estratégias de concepção arquitetônica. A demanda por desempenho foi difundida pela certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) com maior abordagem nos sistemas do que as características básicas de projeto, tanto nos Estados Unidos quanto em grandes cidades de outros contextos culturais, sociais e econômicos, a exemplo da cidade de São Paulo.

É importante observar as diferenças entre os dois exemplos de projeto pioneiros com objetivos ambientais similares em serem “sustentáveis”, “verdes”, “ecológicos”: o americano Four Times Square em Nova York, e o contemporâneo Commerzbank. As soluções arquitetônicas e tecnológicas para o desempenho ambiental e energético adotadas são bem distintas em ambos os casos. O Four Times Square possui a tipologia da caixa de vidro selada de dimensões profundas baseado em tecnologia de sistemas ativos avançados, enquanto o Commerzbank parte de soluções arquitetônicas.

Por conseguinte, as técnicas estruturais e de envidraçamento evoluíram a ponto de difundir internacionalmente a pele de vidro em qualquer construção atual. O papel do arquiteto contemporâneo de grandes edifícios é conduzir um processo integrado junto às equipes de projeto e obra, seu conceito não é o definidor primordial da forma como na prática anterior. O sistema representa um novo tipo de obra, mais limpa, apoiada no modelo de construção modular de fachada que reduz despesas pelo menor tempo de construção. Geralmente executada por empresa especializada que adequa o cronograma às outras atividades concomitantes no



canteiro. Ganhou praticidade no trabalho das construtoras e configura hoje como uma inovação no mercado da construção civil.

1.2 Fachadas de Vidro na Cidade de Maceió

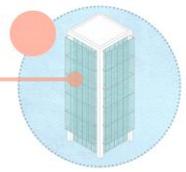
Na arquitetura da cidade de Maceió, a escola pernambucana teve grandes influências, verificada nas obras dos arquitetos formados na Universidade Federal de Pernambuco e dos egressos das primeiras turmas da Universidade Federal de Alagoas a partir de 1978 (BARBOSA, 2009), os quais foram ensinados por mestres pernambucanos. A arquitetura moderna pernambucana era caracterizada pela consideração do clima, com elementos vazados e grandes beirais, de influência do “construir frondoso” de Armando de Holanda.

Ainda conforme Barbosa (2009), a cidade deixa de ser apreciada pelo contato corporal e passa a ser uma grande tela, um cenário destinado a anunciar, fazer publicidade, divulgar e difundir ideias, atrair pela vista das praias da bela cidade tropical. Como consequência, na contemporaneidade, há uma supervalorização da fachada. Ao discutir sobre essas questões refletidas sobre análises do crítico de arte alagoano Francisco Oiticica¹, destaca a divergência entre a imagem vendida aos turistas relacionada às belezas naturais com a imagem metropolitana buscada para si pelos seus moradores. Aponta também que Alagoas passa por um momento de inflexão cuja identidade encontra-se em trânsito.

As influências provocadas pela globalização afetam a cultura local. A arquitetura inclui-se neste processo de escolhas entre uma forma de pensar local, levando-se em consideração o clima e materiais locais, história e cultura e outra que adota soluções que não se ligam a questões identitárias ou culturais, mas privilegiam soluções tecnológicas ou de pensamento externas ao lugar. Enquanto os turistas desejam “coisas” locais, os moradores desejam “coisas” de fora. Alguns antropólogos locais falam da baixa autoestima alagoana em não valorizar o que é da terra. O alagoano prefere buscar fora de si um espelho para mirar-se. Provavelmente, por isso, a arquitetura de Maceió seja suscetível a absorver tendências provindas de outros centros (BARBOSA, 2009).

São muitos os arquitetos atuais que optam pelo minimalismo, interpretado como elogio, realizando obras que não duram na cidade, o edifício todo branco e sem proteções na janela é rapidamente modificado quando a poeira deixa amarelada a construção, o sol e o calor começam a incomodar os ambientes internos e são remediadas soluções de controle da temperatura

¹ Em palestra na XIII Mostra de Arquitetura em Alagoas 2007 presenciada por Barbosa (2009)



interna através de *splits*, que deixam as vastas evaporadoras decorando a fachada (BARBOSA, 2009).

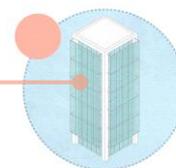
Em vários edifícios, os proprietários fecham as varandas com esquadrias de vidro, reduzindo a área de entrada da ventilação e aprisionando a radiação no ambiente interno. Toledo et al. (2010) desenvolveram uma pesquisa em Maceió em que os resultados apontam o fechamento das varandas pelos moradores acharem a ventilação e a penetração das chuvas excessivas (CARVALHO, 2010; LINS, 2018). Barbosa (2009) aponta o edifício Mirage (Figura 1) como ícone representativo dessa alteração de projeto que é alegada pelos moradores como proteção contra chuvas e ventos fortes ou como alternativa de ampliação da área da sala.



Figura 1 - Edifício Mirage em 2002 (a) e 2009 (b), Maceió. Fonte: Barbosa, 2009.

A recorrente configuração de três ou mais apartamentos por pavimento em Maceió, desfavorece a orientação, a ventilação cruzada e replica numa alta taxa de ocupação justificada pela necessidade do lucro da construtora numa região onde o limite de altura se baseia no cone do farol. Os recuos são pequenos, não se investe em pavimentos ou pilotis vazados que favorecem a permeabilidade da brisa na malha urbana, nas regiões mais adensadas da Ponta Verde, Jatiúca, Pajuçara. As novas regiões de expansão, como o litoral norte, a Gruta de Lourdes, os arredores da Avenida Josefa de Melo, proximidades da Pierre Chalita e a região da Serraria, ainda não estão sentindo os efeitos do adensamento, sendo necessária a tomada de medidas na nova revisão do Plano Diretor (MACEIÓ, 2005) e no Código de Obras e Edificações (MACEIÓ, 2007).

A utilização de fachadas envidraçadas sem proteção para o clima quente e úmido de Maceió representa um imenso ganho térmico no interior da edificação, inapropriado para manter o conforto térmico interno. As fachadas de vidro também podem gerar ofuscamento da visão do usuário pela grande diferença de iluminância entre o exterior e o interior. Ao se tentar



corrigir esse problema através do uso de películas, existe uma perda considerável de iluminação natural, induzindo a utilização de iluminação artificial de ambientes durante o período diurno.

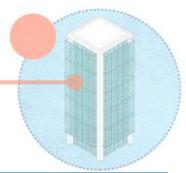
Leão Júnior (2008) afirma que o mercado imobiliário induz a novos conceitos de vida através de instrumentos publicitários de teor apelativo que introduzem valores abstratos nos empreendimentos com objetivo de gerar mais lucro e alcançar um Índice de Velocidade de Venda - IVV melhor. Assim, cada vez mais edifícios luxuosos que utilizam tecnologias importadas começam a se tornar parte do cenário urbano da Maceió. Alguns desses, ao encontrar sucesso no processo de vendas, passam a ser reproduzidos em maior escala no meio urbano. O processo reduz a criatividade do arquiteto apenas para legitimar a especulação imobiliária.

Ainda segundo Leão Júnior (2008), a predefinição do partido arquitetônico pelos agentes imobiliários poda o processo criativo e limita a gama de soluções arquitetônicas, contribuindo com o retrocesso quanto à qualidade ambiental dos edifícios. Alguns fatores foram identificados: o uso do IVV como referência para alterações do programa de necessidades dos empreendimentos; a exigência dos empreendedores, amparados pelo código de obras, para aproveitar a taxa de ocupação máxima permitida para os terrenos, o uso recorrente de esquadrias de alumínio e vidro; a exclusão cada vez mais recorrente das varandas, que são elementos fundamentais para o sombreamento e permeabilidade das fachadas.

A cidade de Maceió tem crescido e com o aumento da população, a área da construção civil realizou grandes investimentos em edifícios residenciais, comerciais e de uso misto em diversas regiões da cidade. Pode ser observada nos projetos e edifícios construídos recentes a tendência da utilização de fachadas envidraçadas, como demonstram as seguintes imagens do Quadro 1 a seguir. Muitos exemplares recebem a pele de vidro em todas as orientações, em outros o vidro desprotegido representa um percentual significativo da fachada principal.

Em Maceió, os edifícios corporativos e hotéis urbanos incorporam, em sua materialidade, elementos que os inserem na ideia de edificações contemporâneas (Quadro 1). Tal tendência, inclusive, tem sido observada, especialmente nos anos 2000, pela inserção de materiais como o vidro, com estratégias de projeto que os identificam enquanto tal. É notória a associação do vidro a essas edificações, especialmente as peles de vidro, o vidro colorido e com película refletiva (CAVALCANTE, 2014).

Quadro 01. Projetos e Fachadas com o Vidro em Evidência na cidade de Maceió.



Cielo, Edifício Empresarial Granmonti.
Fonte: Contrato Engenharia, 2014.

Empresarial José Lages.
Fonte: Contemporânea Construções, 2014.

Grand Vue, Edifício Empresarial.
Fonte: Contrato Engenharia, 2014.

Empresarial DOC.
Fonte: Cerutti Engenharia, 2014.



Delman Empresarial.
Fonte: Delman, 2014.

Record Office & Suites, Edifício de uso misto.
Fonte: Record Incorporações, 2014.

TRT praia da Avenida.
Fonte: Skyscrapercity, 2014.

Acqua Suítes Pajuçara.
Fonte: Seu imóvel Maceió, 2014.



Evolution Sea Residence - Jacarecica.
Fonte: Moura Dubeux, 2014..

Centenário Office.
Fonte: alagoasbytonicavalcante.blogspot.com, 2014.

Humberto Lobo Empresarial.
Fonte: Humberto Lobo, 2014.

Harmony Farol.
Fonte: Record Incorporações, 2014.

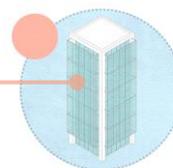


Edifício Norcon Empresarial.
Fonte: Norcon, 2014.

Square Park Office.
Fonte: Imóveis Alagoas, 2014.

Avenue Center.
Fonte: Cultura Viagem, 2014.

Harmony Medical Center Jatiúca.
Fonte: Record Incorporações, 2014.



**Empresarial Terra
Brasilis.**
Fonte: Marroquim,
2014

Residencial Francesco Granacci.
Fonte: Lares Construções, 2014.

Port Ville
Residencial.
Fonte: Contrato
Engenharia, 2014.

Port Ville II
Residencial.
Fonte: Contrato
Engenharia, 2014.



**Hotel Brisa Tower
Maceió.**
Fonte: Pronto Hotel,
2014.

Maceió Mar Hotel.
Fonte: Trip Advisor, 2014.

Hotel Radisson.
Fonte: Revista
Turismo e Negócios,
2014.

Hotel Brisa Mar.
Fonte: Revista
Hotéis, 2014.

LEGENDA

Fase de Projeto ou em construção

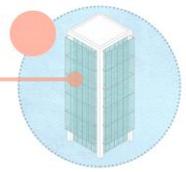
Obra concluída

Quadro 1 - Projetos e Fachadas com o Vidro em Evidência na cidade de Maceió. Fonte: A autora.

Os exemplares correspondem a edifícios em diversas fases. Alguns são apenas projetos lançados pelo mercado imobiliário, uns estão em obra, e outros são referências existentes que servem como “inspiração”. São projetos recentes, sendo o mais antigo o Maceió Mar Hotel, inaugurado em 1984, que representa a primeira construção a utilizar fachada envidraçada na cidade.

1.3 Análise Crítica da Fachada de Vidro em Cidade Tropical

Para Laranja (2010), o Estilo Internacional incorporou as inovações tecnológicas, tornando a arquitetura independente do clima ao ignorar a posição geográfica, o entorno, a orientação de fachadas, a iluminação natural, trazendo assim prejuízos para a arquitetura. A fachada da edificação perde a importância no controle de luz e calor, sendo transferida tal função para os sistemas mecânicos de aquecimento, refrigeração e iluminação artificial (CASTRILLÓN, 2009).



Com a utilização da iluminação artificial dentro dos espaços arquitetônicos, a iluminação natural passa a não ser tão valorizada em todas as suas potencialidades. Deixa-se de trabalhar os espaços tirando proveito dos recursos da iluminação natural, existindo espaços projetados apenas pelo enfoque da iluminação artificial. Ocorre então a perda de uma das principais funções da janela, a da iluminação natural, sendo então utilizada como elemento de fachada ou como mero identificador de um estilo arquitetônico.

As preocupações começaram a ser objeto de pesquisas acadêmicas, e recentemente algumas metodologias de projeto são adotadas, embora também copiadas de outros climas como simulações termoenergéticas e de iluminação natural, dentre outras, baseadas em normas de distintas realidades climáticas. Muitos projetos são concebidos sem a concepção climática, apoiando-se posteriormente em consultorias especializadas em simulações, que consistem na calibragem de modelos de fachadas e desempenho de seus materiais, geralmente repetitivos. No Brasil, a forma de pagar esse custo adicional de projeto fortificou-se com a certificação de sustentabilidade de edifícios, selos de energia, etiquetas de desempenho e seus retornos financeiros permitidos pelo diferencial utilizado: a publicidade.

Um forte exemplo de edifícios de escritórios de alto padrão que recebeu certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) Gold (GBC Brasil, 200) em 2010 em São Paulo é o Complexo de Escritórios Rochaverá. Possui grande área em pele de vidro, mesmo obtendo certificação que deveria garantir o desempenho térmico e luminoso da edificação. É conhecido como um ícone, envidraçado, da sustentabilidade contemporânea brasileira (Figura 2).

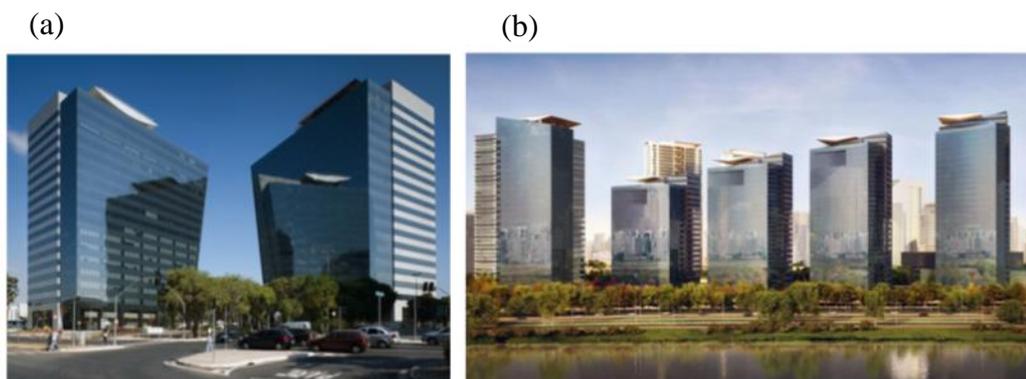
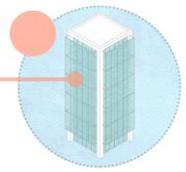


Figura 2 - Rochaverá Corporate Towers (a) e Parque da Cidade (b) - Aflalo & Gasperini. Fonte: www.archdaily.com.br, 2014.

Projeto do mesmo escritório de arquitetos, o Parque da Cidade será um grande empreendimento da cidade de São Paulo com múltiplas funções em vários edifícios num mesmo lugar, conceitualmente com um funcionamento bastante interessante que inclui todo tipo de



serviço básico necessário: moradia, escritórios, hotel, serviços, cafés, praças, shopping. Possui estética semelhante ao já edificado Rochaverá, baseada na pele de vidro.

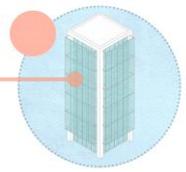
Esse tipo de edificação reforça o estilo internacional, que mesmo depois da arquitetura modernista brasileira ter sido influenciada em uma de suas vertentes por Le Corbusier e seus brises de proteção solar, encontra sua força em quem “pode pagar a conta” de energia no final do mês para sustentar os sistemas ativos sem os quais o espaço seria inabitável.

Contemporânea às fachadas de vidro, a arquitetura modernista de Le Corbusier levava em consideração as condicionantes ambientais e configurava as envoltórias com a presença de elementos controladores da insolação e da iluminação natural, permitindo também a passagem dos ventos. Assim, a consideração dos recursos naturais no projeto arquitetônico não estava perdida. A arquitetura produzida por Le Corbusier começava a estabelecer novas posturas no ato de projetar buscando na luz natural uma arquitetura consciente.

Acontecem então redescobertas nas formas arquitetônicas, utilizando-se os próprios materiais empregados na edificação como estratégias no controle da radiação no ambiente interno. A fachada retoma a importância no controle solar, fazendo surgir mecanismos de controle climático como o *brise soleil*, amplamente estudado e aplicado na arquitetura aliada ao clima, como elementos de controle solar e de iluminação natural.

O vidro em sua história deixou passar a luz, o calor, permitiu a visão para o exterior. Iluminou e higienizou o sombrio, o obscuro, o desconhecido. As novas tarefas, os novos usos dos espaços internos, a transformação da arquitetura acompanha os desejos da sociedade. Uma estética absorvida de grandes centros que ostentam o vidro em edificações do poder, gerados num contexto climático e cultural específicos, é importada, e considerada “internacional”. O vidro é um material arquitetônico representativo da modernidade, esta que deseja ver tudo o que está “do lado de fora”, observar, ter o domínio e o controle. A transparência é a característica que não representa esse elemento, porque traz a sensação de conhecimento de tudo, mas que realmente não se tem. As nobres intenções que engrenaram o Movimento Moderno de “derreter os sólidos da arquitetura”: paredes grossas, alcovas, composições, tipologias e partidos rígidos que representavam o passado, talvez não tenham surtido o efeito esperado.

A criação contemporânea de sistemas de condicionamento artificial gerou dentro desse invólucro o ambiente de clima condicionado, contribuindo de certo modo a uma atmosfera e relações sociais artificiais, líquidas, pois não fixam espaço nem prendem tempo, são



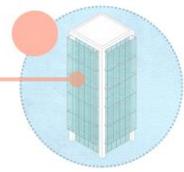
momentâneas (BAUMAN, 2001). Apesar de a visão humana ser muito desenvolvida, não deveriam ser menosprezados os outros sentidos menos estimulados pelo “outro lado” dessa sólida fronteira. O olfato, o tato, a audição e o paladar permanecem inertes à experiência da vida urbana do lado de fora do edifício.

A experiência sensorial humana da cidade fica reduzida à visão e sobra apenas a dedução do todo que pode estar acontecendo. O tempo é um fenômeno que permite que esses sentidos obsoletos sejam negligenciados e vai tornando-os submissos, entes frios, sem capacidade de percepção aguçada, porém cheios da convicção que pertencem a um modelo de sociedade “transparente”. Pode ser lembrada aqui a ideia do Panóptico aonde quem pertence ao lado de dentro se sente prepotente, no poder de vigiar e controlar o exterior no modelo de sociedades disciplinares (BENTHAM, 2000). O *voyeurismo* (JORGE, 1995) está presente no prazer em observar da modernidade, fato no sucesso de programas de TV e redes sociais virtuais que angariam adeptos por mostrarem a intimidade das pessoas. Não sabem esses que são dominados pelos falsos reflexos de si e que na realidade quem está “do lado de fora” também pode especular o de dentro.

Um simples comportamento, de natureza complexa, é um ponto visível relativamente pequeno como inúmeros outros pertencentes à macroescala da diversidade urbana. A atitude narcisista de estar a todo momento em função de imagens, reflexos que alteram com o ângulo de visão representam uma verdadeira metamorfose do real e do imaginário.

O que se pensava com o vidro, criar uma sensação de participação e integração a todo tempo, tornou os indivíduos alienados, que antes aprisionados pelas sólidas paredes de aberturas mínimas, sentiam necessidade de ir ao exterior, descascar a individualidade e desfrutar da experiência complexa da cidade, menos cômoda que o lar. Percorrer a cidade de forma orgânica é perceber-se como membro da sociedade. É o alimento que todo ser que se diz cidadão deveria se permitir. Essa experiência nutre o sistema, nas inquietações vividas e sentidas é que surge a energia que move idealmente uma sociedade. Cada uma com sua particularidade, histórica, cultural, geográfica e demais variáveis do fenômeno urbano que compreende diversas camadas coexistentes entrelaçadas, contrariando a lei da impenetrabilidade: o mesmo espaço/lugar ao mesmo tempo.

A fachada de vidro, que inúmeras vezes se difundiu sem possibilidade de abertura, lacrada, representa o limite sólido do edifício com o meio. O vidro não está sendo aqui tratado como estritamente maléfico, porém, da forma como vem sendo utilizado no clima e cultura de cidades tropicais, sem flexibilizar a interação interior-exterior, que é a grande questão de



integrar o edifício como pertencente à cidade. Fazendo alusão ao conceito de Tocqueville tomado por Bauman (2001), “o indivíduo é o pior inimigo do cidadão”, uma edificação em pele de vidro seria um indivíduo dentro da cidade.

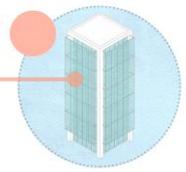
É importante que os espaços tenham envoltórias manipuláveis, deixando os sons, as brisas, os odores entrarem, de forma que o abrigo não distancie o senso de comunidade. **Que a fachada seja uma interface de interação e não um limite**, um convite às relações entre pessoas. O ambiente urbano por mais que represente uma intervenção humana é constituído e suportado por características naturais, orgânicas: vivas. Como prega Armando de Holanda (1976) “Tentemos apreender a fluência entre a paisagem e a habitação, entre o exterior e interior, para desenharmos portas que sejam um convite aos contatos entre os mundos coletivo e individual”.

Os cientistas classificam o vidro como um sólido amorfo, ou sólido não cristalino, algo como um sólido quase líquido, um meio-termo entre esses dois estados físicos. Qualquer vidro é apenas um líquido de fluxo lento do ponto de vista físico. Possui estruturação das moléculas distantes e bagunçadas como os arranjos dos líquidos. Ao aplicarmos uma força, ele não se deforma, mas absorve e dissipa energia, quebrando-se. Na microescala os átomos também não são sólidos nem estáticos, não possuem uma estrutura rígida seja qual for o estado da matéria. Os elétrons orbitam em volta de um núcleo, mas não se encostam. A rigidez pode ser compreendida como uma ilusão e é apenas uma interpretação do nosso cérebro.

O que seria das cidades sem as pessoas? O que seriam das pessoas sem as cidades? Afinal, as cidades não são fruto das necessidades das relações sociais? A sociedade é apenas a soma dos indivíduos?

Para Berenstein (2005), O processo de espetacularização das cidades contemporâneas está diretamente relacionado a uma diminuição tanto da participação cidadã quanto da própria experiência corporal das cidades enquanto prática cotidiana, estética ou artística no mundo contemporâneo. Como a sociedade chegou a esse ponto, visto que o objetivo da modernidade era ser transparente, derreter os sólidos e dar maior liberdade às pessoas? Será que a liberdade é possível de ser alcançada? O que conseguimos de fruto da pós-modernidade?

Sentir-se livre significa mais do que enfrentar obstáculos, resistência ou impedimento aos movimentos. Para ser livre, primeiro a liberdade deve ser desejada. Talvez as pessoas não queiram ser livres por acomodação, ou os que são livres não permitam que todos conheçam a liberdade. É um jogo de poder, quem conhece domina. Bauman (2001) acredita que na



modernidade a individualização é uma fatalidade, e não uma escolha. Mas talvez seja por algum motivo precedente, não? Como responder à pergunta: O que permite a escolha?

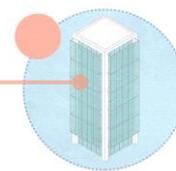
Os espaços públicos, para Berestein (2005), são os espaços do “visível”, o que lhes confere certa afinidade com os espaços do espetáculo, e em particular, o espaço teatral. A arquitetura do espetáculo esquece a pobreza e as necessidades sociais, através da encenação, sobretudo nos espaços urbanos. **O espetáculo é uma forma de controle social.** Bauman (2001) cita a praça *La Défense*, em Paris como exemplo de não civil e falta de hospitalidade, pois tudo que se vê inspira respeito e ao mesmo tempo desencoraja a permanência.

Os edifícios fantásticos que circundam a praça enorme e vazia são para serem admirados, e não visitados: **cobertos de cima a baixo de vidro refletivo**, parecem não ter janelas ou portas que se abram na direção da praça; engenhosamente dão as costas à praça diante da qual se erguem. São imponentes e inacessíveis aos olhos – imponentes porque inacessíveis. Essas fortalezas/conventos hermeticamente fechadas estão na praça, mas não fazem parte dela – e induzem quem quer que esteja perdido na vastidão do espaço a seguir seu exemplo e sentimento. (BAUMAN, 2001)

A expansão das cidades, surgimento de polos, aumento das atividades, de locais para cada uma dessas atividades, necessidade de locomoção, provocaram um aumento da mobilidade, mas não necessariamente um aumento da sociabilidade global ou das relações de vizinhança. Dessa forma, a cidade setorizada e segregada evidencia o espraiamento das funções em locais definidos, e não prioriza espaços multifuncionais. A cidade contemporânea é caracterizada por espaços públicos criados para o espetáculo. Os espaços de consumo e lazer negam a construção temporal da cidade, a convivência com o outro, o surgimento da diferença e da singularidade, é previsível. O que é novo é difundido previamente pelos meios de comunicação social para assegurar que o incorporemos inconscientemente, de modo a ser reconhecido no cotidiano.

A estratégia publicitária dita padrões de condutas desde o vestuário até os locais a serem frequentados e almejados, reinventando o desejo coletivo. É comum encontrar propagandas de edificações consideradas sustentáveis por selos, que apresentam a estética da pele de vidro em revistas, comerciais, congressos. Estimula qualquer cidadão a imaginar que seria um modelo ideal a ser reproduzido. Ao refletir sobre a influência dessas estratégias publicitárias, por que é difícil fugir deste ciclo?

Urge a necessidade de reinventar o sistema econômico fundamentado em nova forma consistente de valor. A estruturação da vida está entrelaçada ao capital. É complexo libertar-se



onde o capitalismo constitui a subsistência, pois dele depende o alimentar, o morar e o viver, bem como o crescer das cidades. As empresas são criadas, grandes corporações de sólidas fachadas reluzentes, formadas sobre os trabalhos das pessoas, que, por sua vez, dependem do lucro destas. Os clientes “necessitam” dos produtos supérfluos e serviços inventados. As propagandas geram mais lucro, dinheiro para comprar algo de uma vitrine: a comida, as roupas, os restaurantes, os passeios nos *shoppings*, as viagens nos aeroportos, o combustível, a troca do carro, a possibilidade do que era de direito constitucional: o “ir e vir”.

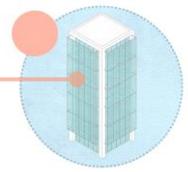
E será mesmo que o capital permite dominar? Ou é algo facilitado pela posição passiva do dominado? Ou esse seria fruto do poder?

Conhecer, morder a maçã, traz um peso em si. O conhecimento é a única forma de chegar à liberdade propriamente dita. Ignorá-lo pode ser uma forma de criar uma realidade que traga uma satisfação alienada, mas que proporciona ao indivíduo alcançar mais facilmente um objetivo seja esse pensado individualmente. Essa é uma fuga da sociedade de hoje, que não tem tempo, momento para pensar, ou muito menos lutar pelo coletivo, pois já está difícil cuidar da própria família, se a constituiu, pensando no próprio nariz.

Os meios de produção, que são criados para alimentar a máquina da cidade retroalimentam o sistema. A liga entre a oferta e a demanda é bastante forte e dita como o mercado deve funcionar: em excesso para sempre superar e obter cada vez mais lucro. O lucro capitaliza os já capitalizados, enche-os de poder, pois o dinheiro quando acumulado perde a noção dos limites nesse sistema, compra qualquer bem e cria relações superficiais. Os objetivos se transformam na manutenção dessa facilidade, em manter a engrenagem, ir cada vez mais atrás de lucros que proporcionem o “bem-estar”, individualista, egoísta e conhecido dos capitalistas.

Para o sistema capitalista, essa engrenagem é sustentada por quem tem dinheiro para investir, são negócios que geram empregos, sustentam famílias, consomem e utilizam os serviços, pagam impostos, mantêm o estado, que protege o capital de quem investiu, lucrou, comprou e dominou. O dinheiro de quem trabalhou pago pelo capitalista, retorna às origens, como acontecia no sistema feudal.

O estado hoje fortalece e protege o poder de quem retém esse capital, com os diversos direitos de propriedade formais, onde a propriedade e as operações são registradas claramente. É comum o estado ser autoritário e não permitir a liberdade de expressão, para criar um ambiente seguro para investimentos e o capitalismo. “*Imaginar uma vida de impulsos*”



momentâneos, de ações de curto prazo, destituída de rotinas sustentáveis, uma vida sem hábitos, é imaginar de fato, uma existência sem sentido” (Sennett apud Bauman, 2001).

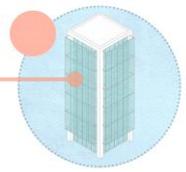
A sociedade deixou de se questionar? Ou está envolvida no tempo que criou para inventar afazeres em busca de uma satisfação individual? A satisfação foi transferida para o consumismo? Está sem princípios? Por que tanto ceticismo em relação à causa comum?

Nossas cidades pós-modernas estão configuradas pela segregação, representada pelos condomínios, de espaços comuns fechados, de casas que ostentam as fachadas “transparentes”, as inúmeras vias, destinadas aos veículos não coletivos, que passeiam pelas fachadas vitrines que incitam o desejo consumista, a velocidade e a não permanência. **As fachadas parecem suplicar pelo olhar curioso, invejoso, desejoso.**

Os princípios de dominação estratégicos favoritos dos poderes existentes se baseiam na fuga e evitação. **O vidro é a interface da invisibilidade**, como se numa tela de um *tablet* em conexão com a internet, pudéssemos viajar pelo coletivo, sem compromisso nem civilidade, evitando o contato do corpo com a cidade, as experiências. A distância virtual, proporcionada pelas redes sociais e a telecomunicação instantânea permite um usuário descompromissado, invisível, com possibilidade de fuga a qualquer momento.

Os corpos possuem experiências de vida que produzem relações com outros corpos, objetos, ambientes. Cada um com seu formato, cor, temperatura, plástica e maleabilidade. O desejo se torna o próprio propósito. É perigoso é tratar qualquer escolha da vida como escolha de consumidor. Vitrines, espelhos da vida, vontade de comprar, compulsão pela imagem desejada a ser transmitida ao outro, o que se veste e a quantidade de “amigos” reais ou virtuais. Modernidade fordista obcecada pelo volume, na qual tamanho é poder, volume é sucesso. Procrastina-se a felicidade na sociedade de consumo nunca satisfatória. **A casa como autoexpressão da posse individualista, o vidro ostentado para ver e ser visto, mostrar-se.** O comprar compulsivo é também um ritual feito à luz do dia para exorcizar as incertezas e inseguranças do vazio contemporâneo.

A ação de errar pela cidade acontece quando o indivíduo apressado se deixa perder e em movimento lento num processo que sai da orientação, desorientação e reorientação, como diz Berestein (2005). Ou territorialização, desterritorialização e reterritorialização, como acontece com os nômades de Deleuze e Guatarri (1997). Esse processo permite que as dinâmicas das cidades sejam experimentadas, e não apenas programadas por urbanistas. A espetacularização das cidades gerou a homogeneização dos espaços, a setorização dos usos. Experimentar a



cidade promove um desenvolvimento das cadeias musculares e estabelece conexões com o cérebro. O corpo se desenha pela constância das relações com as coisas durante a vida. O corpo quando se move produz conhecimento.

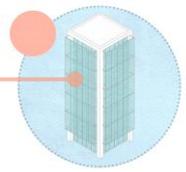
O que está no mundo entra em nas pessoas pela percepção. Percepção é ação e não tradução cerebral. Perceber é agir sobre as coisas, se relacionando com elas. Experimentar, não só observar. Uma cidade é um assentamento humano em que desconhecidos têm chance de se encontrar. A tecnologia está modificando a corporalidade e esforço cognitivo.

A cidade é heterogênea, possui diversas multiplicidades, estratos, linhas, segmentaridades, linhas de fuga, intensidades, agenciamentos, rizomas. É territorializada e desterritorializada a todo momento pela forma como as pessoas se apropriam do espaço. O rizoma representa também quando uma parte da cidade é rompida, demolida ou desocupada, esse espaço recebe uma reterritorialização (DELEUZE e GUATARRI, 1997).

Durante o dia é como uma música, composição do seu funcionamento na linha do tempo que representa a trajetória do sol. Ao nascer o sol, a cidade acorda, as funções se desenrolam, os movimentos são engendrados pela máquina do trabalho, os veículos ocupam as vias, as estações de metrô e de ônibus estão a todo instante enchendo e esvaziando, as crianças e os jovens vão à escola, alguns vão à padaria com seu cão, passeiam pelas calçadas ou fazem uma caminhada na praça ou na orla.

Cada ser é um uno que possui a multiplicidade em si, estão a todo momento se esbarrando no acaso, conhecendo, criando conexões que já estão ligadas de alguma outra forma ou grau. Na cidade também chegam pessoas que pertenciam a outros territórios ou as próprias pessoas estão se mudando para outros centros para fazer novas ligações. Esses movimentos podem ser vistos como linhas, abstratas, sem fim, cada um com sua variedade, de dimensões crescentes, linhas de desterritorialização, multiplicidades. As linhas não param de remeter umas às outras, existem rupturas e linhas de fuga. Podemos destacar uma linha para cada viés, relações profissionais, relações pessoais, sociais, emotivas, amorosas ou não, relações de trabalho, família, de emprego, de comércio e de serviços, negócios, financeiras, de religião, de vizinhança, e tantas outras que permitem os movimentos, mesmo estando parado. Cada experiência nova do ser humano cria linhas, com novos círculos de convergência que se formam com novos pontos situados fora dos limites e em outras dimensões.

A cidade é complexa, possui em sua composição física tecidos arborescentes, misturados aos rizomáticos. Podemos considerar lugares de vias secundárias, projetadas



ortogonalmente a um eixo pivô, via principal, como arborescentes de uma lógica binária e favelas ordenadas pelo relevo tortuoso das encostas como rizomáticas entrelaçando relações nos planos horizontais e verticais.

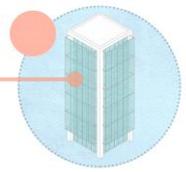
As vegetações não projetadas que coexistem e entremeiam os espaços representam linhas de fuga, os rios, riachos, lagoas e mares são elementos naturais que estabelecem relações que não ficam paradas, contém seus próprios rizomas internos de seres vivos que os habitam e criam ali seu território, porém também interligam em outras escalas o rizoma da cidade. Compreendem diversas camadas dispostas espacialmente, lado a lado ou circunscritas, não são opostas nem superpostas. Todas estão lá e mantém uma relação entre si, o universo de definição é apenas a lente com que se vê e o *zoom* que se quer aproximar ou afastar, vai além da vista parada, de tantos *megapixels* de definição do olho ou da ampliação em *n* vezes do microscópio ou telescópio, depende mais da interpretação do cérebro.

As estruturas da cidade representam relações de poder, o acesso ou a proximidade a áreas mais estruturadas é regalia das classes mais abastadas, os terrenos perigosos ou sujeitos a desastres naturais sobram, e são novamente redistribuídos estratificadamente entre os menos favorecidos.

O Sol é um astro rizomático. No sistema solar, gera uma interação com outros planetas. Fora da galáxia, é apenas uma estrela dentre milhões no universo. Ao atingir a Terra não escolhe cor nem classe, não distingue espaços. Os seus raios possuem comportamento rizomático, atravessam as camadas da atmosfera, as nuvens, a composição do ar. Aonde incidem, descrevem leis físicas sobre eles identificadas, absorção, transmissão e reflexão. O que difere é a superfície da cidade, relacionada ao status social, ligado ao poder de aquisição de materiais construtivos em residências, prédios, lojas, praças.

Todos os dias ao amanhecer o sol territorializa o espaço, dita o ritmo, estimula as dinâmicas que nele acontecem e desterritorializa ao anoitecer. Seu calor ainda permanece por algumas horas, mas o funcionamento frenético vai embora com sua luz. As formas de vida na terra são estimuladas pela luz, calor, energia, campo gravitacional. Nas construções, os espaços protegem ou permitem esses raios, para abrigar todos os tipos de relações sociais rizomáticas, que se quebram e nascem novamente num movimento perpétuo.

O vidro é um elemento largamente utilizado para permitir a vista e entrada de luz e calor nas edificações. As aberturas podem ser posicionadas em várias orientações, quantidades, dimensionamentos e com possibilidade de abrir ou não, com proteção ou película, jateado,



laminado, refletivo ou cores diferentes. A intensão do proprietário do espaço, seja orientado por um arquiteto ou não, é decisiva na constituição final da obra.

O fenômeno da iluminação natural nas edificações depende das texturas, geometrias, configurações espaciais, presença de pessoas. O raio entra pela transparência, uma parte é refletida para fora e outra para dentro, o calor absorvido é reirradiado tanto para fora quanto para dentro, as cores e volumes são reproduzidos pelo fenômeno da luz dos olhos ao cérebro, mas a radiação solar é muito mais do que podemos enxergar. Seu encontro com as superfícies, rugosas, lisas, caneladas, apicoadas, o direciona para o ambiente em inúmeras direções, intensidades e formas de radiação.

Os raios que não entram nos ambientes e a parcela refletida habitam as cidades, dão forma, luz, sombra, calor, sensações, interagem com as matérias e os seres, causam desterritorialização e reterritorialização. Compõem o fenômeno da vida na cidade como um uno no múltiplo, que é propriamente um múltiplo com outra intensidade.



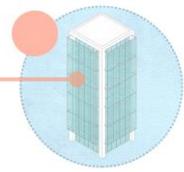
SEÇÃO II

SEÇÃO 2

FACHADA DE VIDRO E INTERAÇÃO ENTRE AS ESCALAS DA CIDADE

“Evitemos as desprotegidas fachadas envidraçadas, em cujos interiores tudo desbota e onde só se pode permanecer com as cortinas fechadas isolado do exterior” (HOLANDA, 1976).





2.1 Fachada de Vidro e Iluminação Natural na Escala Arquitetônica

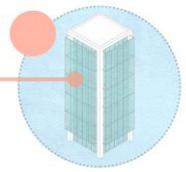
A arquitetura de uma dada localidade pode apresentar características que favoreçam o conforto humano nos ambientes das edificações e dos espaços abertos de transição. Nas cidades tropicais é fundamental a tectônica da arquitetura na qual a combinação entre forma, material, dimensionamento e orientação possibilita o aproveitamento das estratégias passivas de ventilação, iluminação e desempenho térmico. Também devem ser previstos os impactos que os edifícios construídos geram em seu entorno imediato e até mesmo as alterações no microclima do sítio em que está inserido. Assim, a arquitetura adaptada ao homem e ao clima é denominada bioclimática, termo criado pelos irmãos Olgyay na década de 1960 (LAMBERTS *et al*, 2004; ROMERO, 2001).

Conciliar as necessidades térmicas e luminosas de um usuário em seu ambiente pode gerar um conflito comum em que na escolha prevaleça apenas o melhor atendimento a uma das necessidades. Em geral, para o clima tropical quente e úmido de Maceió as estratégias de diminuir o ganho térmico nas edificações podem provocar a redução da passagem da luz natural, caso as proteções solares sejam superdimensionadas.

O emprego da iluminação natural na arquitetura tem como objetivo contribuir para a melhoria do projeto ao priorizar o conforto do usuário (TREGENZA & LOE, 1998). Constitui melhor qualidade, melhores níveis de iluminância, uma energia renovável, variabilidade como efeito estimulante e conexão com o ambiente externo, satisfazendo as necessidades psicológicas e fisiológicas do ritmo circadiano (MAJOROS, 1998).

Dessa forma, é fundamental promover a iluminação na arquitetura adequada ao tipo de atividade exercida nos ambientes. Para isso, existem métricas reconhecidas internacionalmente bem como criadas pelas normas e regulamentos nacionais. Ao iluminar naturalmente é necessário distribuir a iluminação pela profundidade do ambiente e ao mesmo tempo prevenir o excesso que causa desconforto visual.

Cabús (2002) indica para os trópicos quente-úmidos importantes critérios de projeto como: uso passivo da ventilação natural e sombreamento, com referência à orientação; paredes finas e peitoris baixos; sombreamento do sol direto e redução da vista direta do céu, mantendo os níveis de iluminação maiores que o mínimo requisitado; desenho de aberturas que considerem os ângulos de sombra, da ventilação e das chuvas para que permaneçam abertas; análise das reduções da luminância dos céus encobertos que significa menor nível de luz; avaliação da contribuição luz do sol refletida para os níveis de iluminação interna.



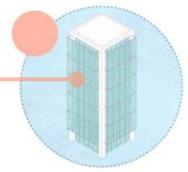
Os trabalhos mais recentes em iluminação natural avaliam o bem-estar relacionando os fatores humanos aos índices de desempenho como a saúde circadiana, a atenção mental e o prazer subjetivo. A exposição diária a essa energia também aumenta a sensação de bem-estar, essencial para garantir disposição e maior produtividade no dia a dia. Com exposição adequada à radiação solar, podemos obter inúmeros benefícios à saúde humana, produtividade e qualidade de vida nas cidades.

O sol é o principal estimulador da produção de vitamina D no organismo. Esse nutriente considerado um hormônio, tem impacto na saúde física e mental, além de atuar no metabolismo, absorção de cálcio, fortalecimento dos ossos, prevenção de doenças autoimunes, cardíacas e câncer. O sol também é ativador da função circadiana.

O ritmo circadiano é o período de 24h sobre o qual se baseia o relógio biológico da maioria dos seres vivos (Figura 3). Está diretamente relacionado com a presença e variação da iluminação no ambiente. É controlado pelos genes e regulado através do núcleo supraquiasmático do hipotálamo, estrutura cerebral que recebe informações dos fotorreceptores da retina. Ao escurecer, a mecânica reduz a temperatura corporal e a pressão sanguínea e o núcleo envia um sinal para a glândula pineal secretar o hormônio melatonina. A melatonina está envolvida em funções imunomodulatórias, antiinflamatórias, antitumorais, antioxidantes e cronobióticas (SOUZA NETO e CASTRO, 2008).



Figura 3 - Ritmo circadiano, descoberta dos genes premiada em Fisiologia e Medicina 2017. Fonte: Adaptado de nobelprize.org, 2019.



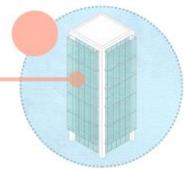
O ciclo do dia e da noite regula muitos dos ritmos psicológicos do corpo humano e bem como a forma de o nosso organismo lidar com o consumo energético e o armazenamento de gordura, interagindo com o apetite e a digestão da alimentação. O cortisol, conhecido como o hormônio do estresse, é secretado pelas glândulas suprarrenais diariamente de acordo com o ritmo circadiano. O nível do cortisol deve ser baixo à noite durante o sono e alto no início da manhã, para impulsionar a energia de começar o dia. O ritmo de vida atual, com muitas horas dedicadas e reduzidas atividades sociais e de lazer resulta em estresse que pode roubar ainda mais o sono.

A necessidade de dormir está bem ancorada aos ritmos mais antigos do planeta, e por isso está gravada profundamente em nossos genes e função cerebral. Quando o ritmo natural do dia e da noite é interrompido, afeta diretamente as atividades do dia: a capacidade de aprender, as habilidades, a concentração, a memória, a resistência, a saúde, a segurança e o estado de espírito. A interrupção crônica é grande gatilho para distúrbios do sono e depressão.

Embora hoje as pessoas passem a maior parte do dia dentro de edifícios, são marcadas por uma história de convivência em ambientes externos, como todos os animais. Os genes dos homens contemporâneos foram criados ao ar livre, nas planícies, florestas e montanhas e não em ambientes climatizados e ergonomicamente projetados. As construções dos ancestrais eram apenas abrigos de segurança nas horas escuras de descanso com desempenho mais próximo às condições externas, pois não era possível recriar um ambiente artificialmente oposto. O homem é a espécie que mais ocupa extremos climáticos considerando a habilidade de produzir seu próprio abrigo (BAKER, 2000).

O comportamento e adaptação psicológica são importantes elementos de sobrevivência, pois tem efeito sobre a ativação do sistema de prevenção vital. Como exemplo, uma pessoa em condições de leve desconforto térmico num ambiente externo pode ser totalmente diferente, caso esteja livre para ir e vir ou à espera de alguém. Ou seja, o fator liberdade de escolha é decisivo na influência do comportamento de adaptação ambiental.

Existem vários indicadores com vestígios de instinto de sobrevivência de herança ancestral, como por exemplo, o efeito “*Jet lag*” que acontece em viagens com alteração do fuso horário e o ritmo circadiano. Também existe a SAD (*Seasonal Effective Disorder*) relacionada ao respeito à rotina diária de pessoas que trabalham em ambientes pobres em luz natural ou em altas latitudes e contribui para a Síndrome do Edifício Doente, onde prevalece ambiente artificialmente iluminado e condicionado.



O projeto de arquitetura com desenhos bem detalhados de fachada permite ao usuário experimentar bons níveis de luz nos ambientes bem como a vista ao exterior, cenas com natureza, espaços abertos de transição como varandas, alpendres, jardins internos, circulações, solários. A luz natural é reconhecida pela qualidade espectral que minimiza o a desorientação, estresse ambiental e auxilia um melhor trabalho com produtividade. A variação dos níveis e limites de iluminância da luz natural é mais tolerada do que da luz artificial.

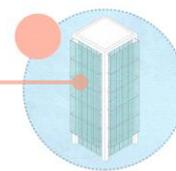
É importante destacar que nas últimas três décadas as métricas de iluminação natural evoluíram exponencialmente em ambientes virtuais de programas computacionais simuladores da realidade a fim de verificar parâmetros que influenciam o desempenho da iluminação natural, bem como outros dados da física das construções. É indiscutível reconhecer como tal crescimento das pesquisas na área da arquitetura favorecem a adoção de estratégias científicas sólidas e de uso prático. Aceitar esse passo não significa deixar de estar atento a variáveis socioculturais da arquitetura, mas aceitar consciente a tomada de decisões que tragam soluções efetivas e comprovadas para a melhoria do espaço de vivência humana.

O momento contemporâneo vivencia a realidade do início de uma nova geração da arquitetura, ultrapassando os limites empíricos, na qual é possível comprovar o desempenho de uma concepção poética e romantizada da arquitetura bioclimática antes praticada com pouco embasamento técnico. O arquiteto, conhecedor das necessidades empíricas de conforto e do clima de um lugar, pode apresentar um estudo de anteprojeto com estratégias aptas à simulação, com o objetivo de apresentar dados que confirmem o desempenho desejado do edifício.

Demandas da Escala Arquitetônica

O conforto ambiental configura-se como o bem-estar psicofisiológico das pessoas usuárias de um espaço que pode ser alcançado a partir da manipulação das variáveis que influenciam o desempenho de uma edificação dentro de parâmetros determinados. Os aspectos primordiais são associados ao desempenho luminoso, visual, higrotérmico, acústico, ergonômico e da qualidade do ar interno e externo. Há diversas métricas que trabalham facilmente em sinergias e outras que são balizadas por escolhas metodológicas. O presente trabalho foca no conforto luminoso que carrega ligação direta com a radiação solar.

Dessa forma, destaca-se o papel do projeto bioclimático que consiste na adequada e harmoniosa relação entre ambiente construído, clima e seus processos de troca de energia, tendo como objetivo final a saúde e o conforto ambiental humano. A bioclimatologia aborda estudos sobre o meio construído de modo que a envoltória da arquitetura se torne um “filtro” das



condições climáticas, subsidiando a elaboração de projetos arquitetônicos, fundamentados no aproveitamento de recursos passivos de climatização natural (GIVONI, 1994).

É importante destacar que a bioclimatologia é tão importante na escala da edificação quanto na escala urbana. A aplicação dos princípios e estratégias bioclimáticas apresenta sinergia entre as duas escalas e pode ser comprometida ou anulada, caso a estrutura urbana não permita o aproveitamento dos recursos passivos, como a ventilação e a iluminação natural (GIVONI, 1998).

Métodos atuais e a escolha da abordagem de análise

A percepção visual é influenciada por diversos fatores como tarefa, vista, luz, níveis, homogeneidade, cores, materiais, idade, clima, cultura e deve ser parametrizada a partir de variáveis que objetivem caracterizar o desempenho de uma forma robusta. Pode ser utilizada para efeitos de diagnóstico, bem como pensada como característica de projeto, o que enriquece a modelagem das geometrias e o conforto dos usuários. Como métricas de percepção visual a partir da iluminação natural serão discutidos os índices de ofuscamento, contraste, saturação, luminância e iluminância, bem como outras métricas derivadas e correlacionadas à radiação solar e características físicas do vidro.

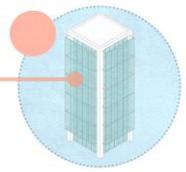
Principais trabalhos relacionados

É importante destacar as publicações nacionais e internacionais que fazem relação cruzada com o tema e foram levadas em consideração para emprego nos conceitos e nas metodologias trabalhadas.

O ofuscamento é considerado como a expressão dos efeitos visuais indesejáveis que resultam da presença de fontes de brilho excessivo no campo visual (HOPKINSON *et al*, 1975) e depende dos seguintes parâmetros: Luminância do Céu vista da janela; Ângulo sólido entre o olho do observador e a fonte; Posição da fonte em relação ao ângulo de visão; Luminância média da sala, sem considerar o céu visível.

Um caso particular de ofuscamento ocorre quando a luz é refletida por uma superfície e causa incômodo na tarefa de uma pessoa em um dado ângulo. Os fatores que determinam a natureza e a intensidade do encandeamento são a especularidade da superfície sendo vista e a relação geométrica entre o observador, a superfície e a fonte de alta luminância.

O vidro é um material com características de transmissão, absorção e reflexão que variam de acordo com o tipo de tratamento da superfície, espessura, cor e acabamento. Em



modelos lisos e refletivos, possui propriedades especulares capazes de refletir a luz direta, que dependendo do ângulo de incidência do sol ou pela reflexão do céu, provocam desconforto por ofuscamento.

Ao refletir sobre os efeitos luminosos das superfícies em meios urbanos, é importante destacar a tese de Laranja (2010) que comprova a influência de parâmetros urbanísticos como intervalos de larguras de vias e altura de edificações obstruidoras que geram maiores taxas de variação na iluminação do ambiente interno. Verificou também uma relação proporcional entre a largura de via e altura das edificações adequada para garantia de iluminação natural através da luz refletida difusa. Os resultados com variação de refletância aumentaram de 3% a 19%, dependendo do tipo de céu.

Wienold e Christoffersen (2006) em pesquisa de ofuscamento, por causa da baixa capacidade de predição dos métodos existentes, criaram o método DGP (*Daylight Glare Probability*) que é função da iluminância vertical no plano do olho tanto quanto a luminância da fonte de ofuscamento, o ângulo sólido e o índice de posicionamento. O DGP mostrou um índice de correlação estatística muito forte (0,94) em comparação com pesquisa de percepção dos usuários (Figura 4).

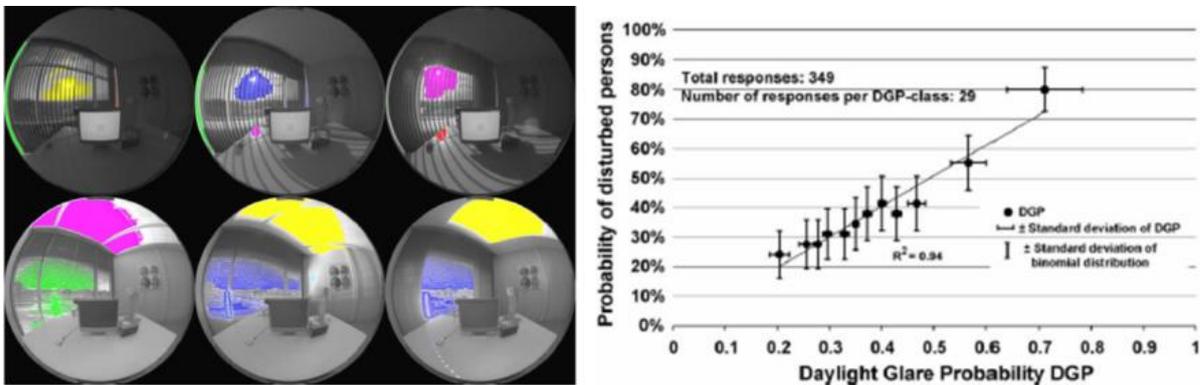
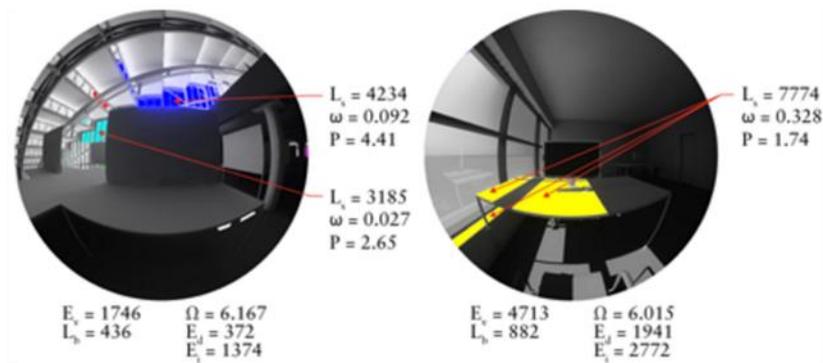
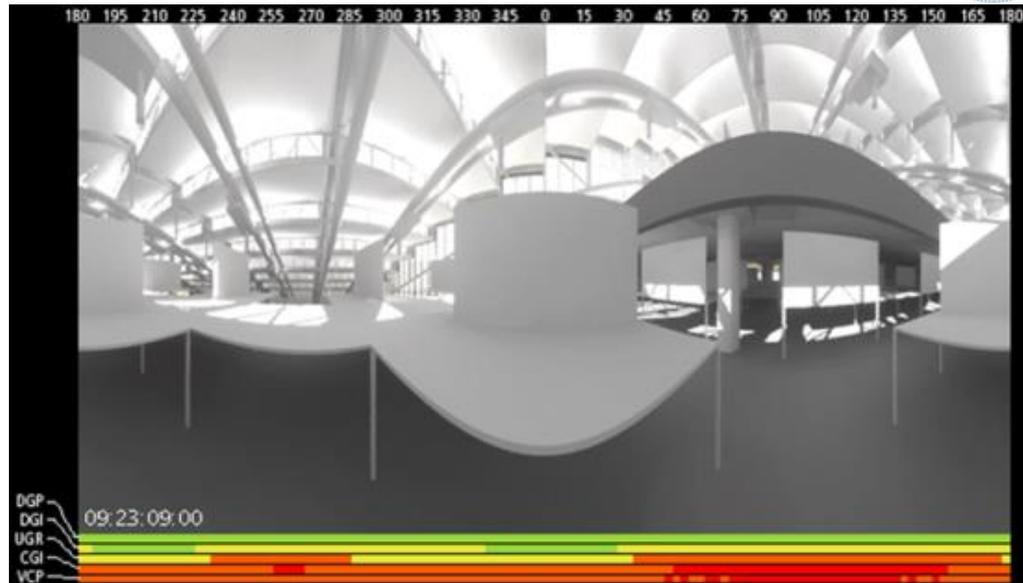
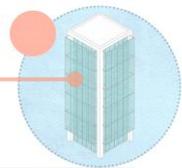


Figura 4 - Imagens e gráfico do estudo de correlação entre a DGP e percepção de usuários. Fonte: Wienold e Christoffersen, 2006.

Jakubiec e Reinhart (2012) encontraram em pesquisa que o DGP é o índice de ofuscamento mais robusto, por responder previsivelmente à maioria das situações de iluminação natural, em vários ângulos sólidos fontes difusas e especulares, por esse motivo será o índice adotado (Figura 5).



Point in Time Glare analysis based on Radiance and evalglare using DIVA-forRhino

Figura 5 - Comparação dos índices de Ofuscamento e determinação de luminâncias em imagens simuladas para a vista do observador. Fonte: Jakubiec e Reinhart, 2012.

Dubois (2003) realizou uma tese sobre o impacto de dispositivos de sombreamento na qualidade da luz natural em escritórios. Através de uma revisão de indicadores de performance, fez um apanhado criterioso dos índices interessantes para seu contexto de estudo de simulações. Apresenta valores de referência de luminância a partir do ergorama e panorama proposto por Meyer, Francioli & Kerkhoven (1996), dentro do campo de visão num cone de 120° ou de 60° e, para o resto do campo de visão, atendidos os requisitos de NUTEK (1994) (Figura 6).

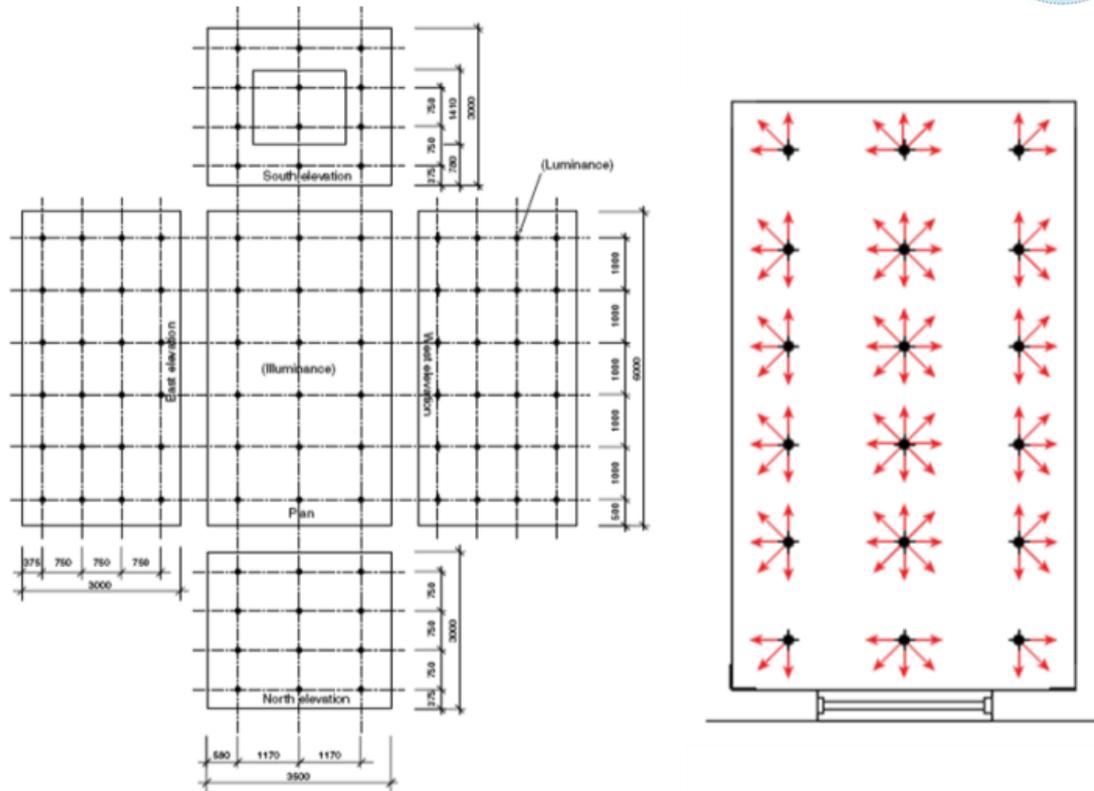
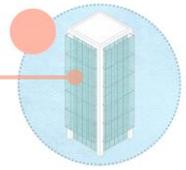


Figura 6 - Planos utilizados para análise espacial e direcional de luminâncias dentro do campo de visão. Fonte: Dubois, 2003.

Nabil e Mardaljevic (2005) criaram UDI (*Useful Daylight Illuminances*) que representa a ocorrência anual de iluminâncias no plano de trabalho compreendidas numa escala de valores dentro do intervalo de 100-2000lx, no qual valores menores que 100 lx são considerados insuficientes, valores entre 100 e 500 lx caracterizam-se como suficientes, com necessidade de iluminação complementar, valores entre 500 e 2000 lx configuram o intervalo suficiente e valores maiores que 2000 lx são caracterizados como excessivos (Figura 7).

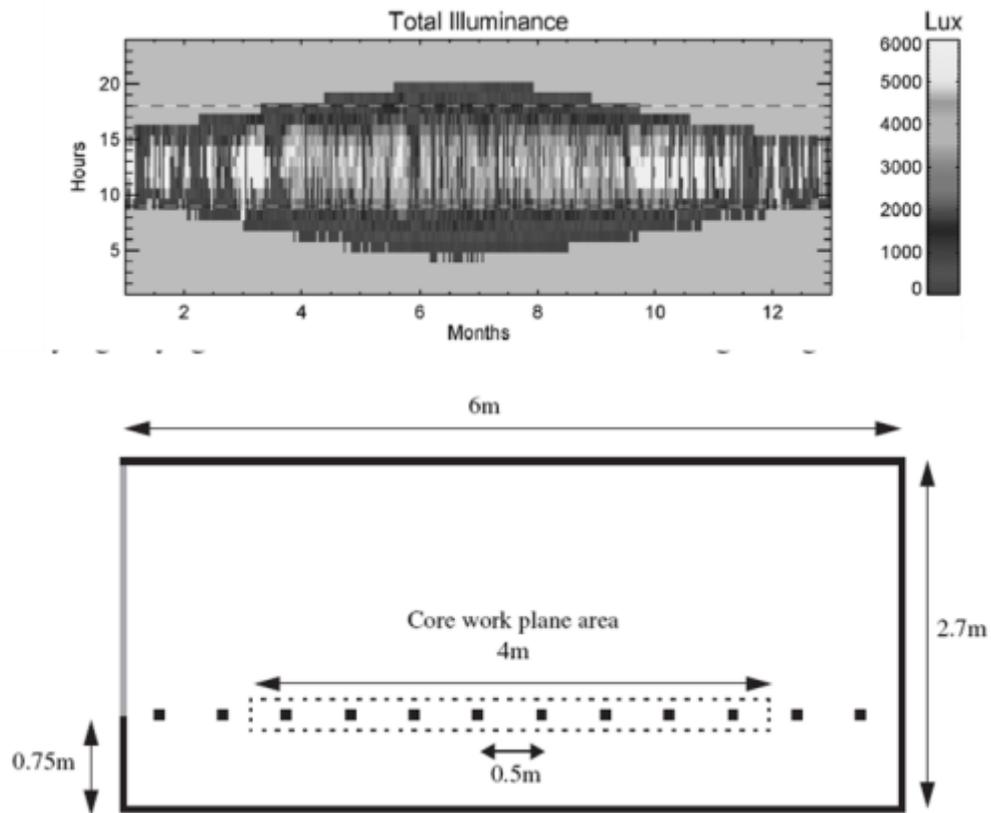
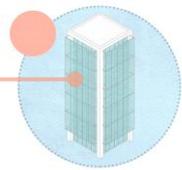


Figura 7 - Gráfico UDI e seção vertical do plano de trabalho. Fonte: Nabil e Mardaljevic, 2005.

Lynes (2007) propõe um método gráfico de uma carta específica para projeção gráfica de um plano espelhado demarcado anualizado a partir da linha radial imaginária que representa o plano da fachada especular (Figura 8).

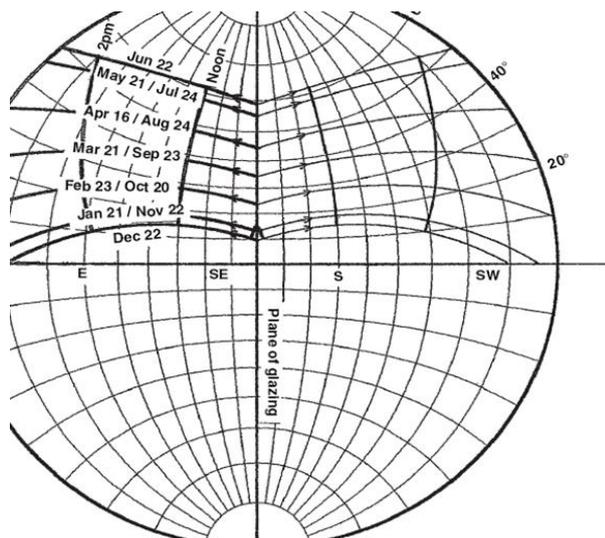
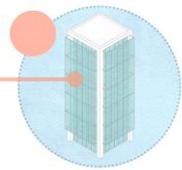


Figura 8 - Diagrama Solar espelhado em envidraçamento vertical. Fonte: Lynes, 2007.



Littlefair (1987) é o primeiro trabalho e o mais referenciado no campo da geometria da insolação especificamente nas superfícies de fachadas especulares para estudo de ofuscamento e geometrização do processo (Figura 9).

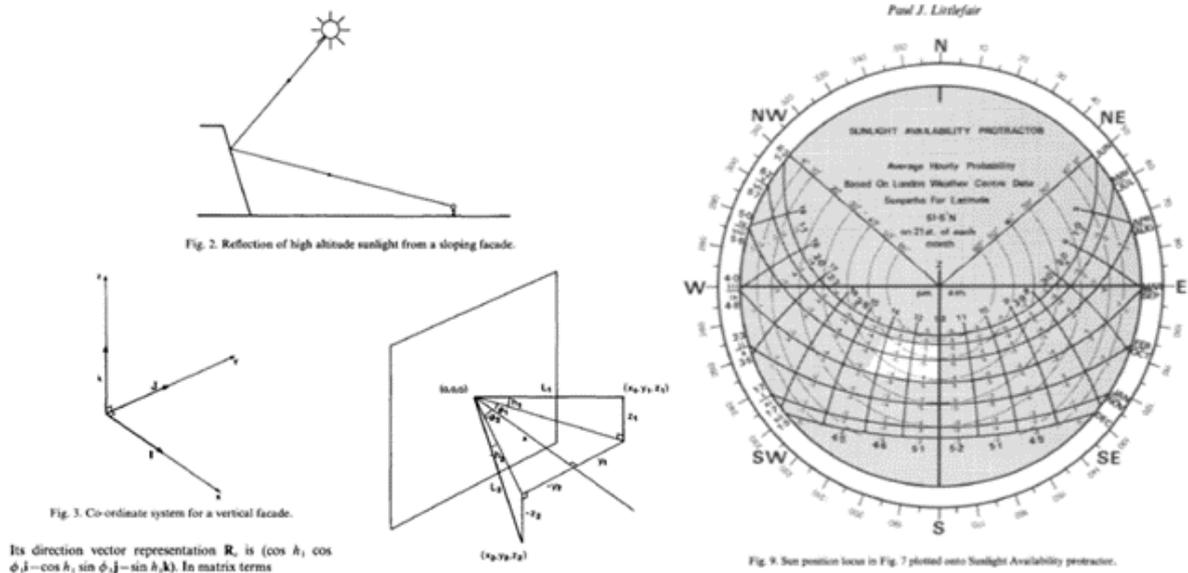


Figura 9 - Vetor de direção da refletância e representação gráfica em diagrama solar. Fonte: Littlefair, 1987.

Nissola (2005) estudou a influência da luz natural na probabilidade de ofuscamento em ambientes com terminais de vídeo em Florianópolis (Figura 10).

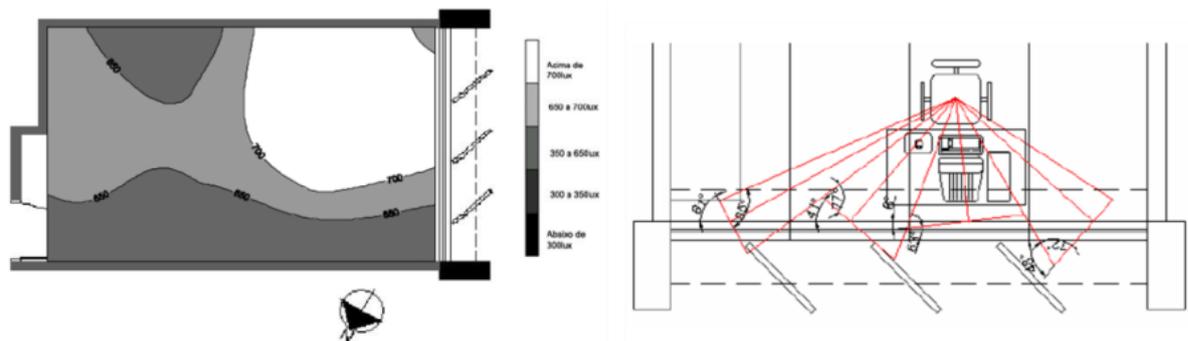


Figura 10 - Distribuição de iluminâncias e ângulo sólido do observador. Fonte: Nissola (2005)

Assis (1998) é um importante estudo brasileiro que insere no campo da arquitetura a caracterização óptica de materiais transparentes em relação ao conforto em edificações. Michelato (2007) faz uma dissertação com avaliação do desempenho térmico de vidros refletivos no ambiente interno (Figura 11).

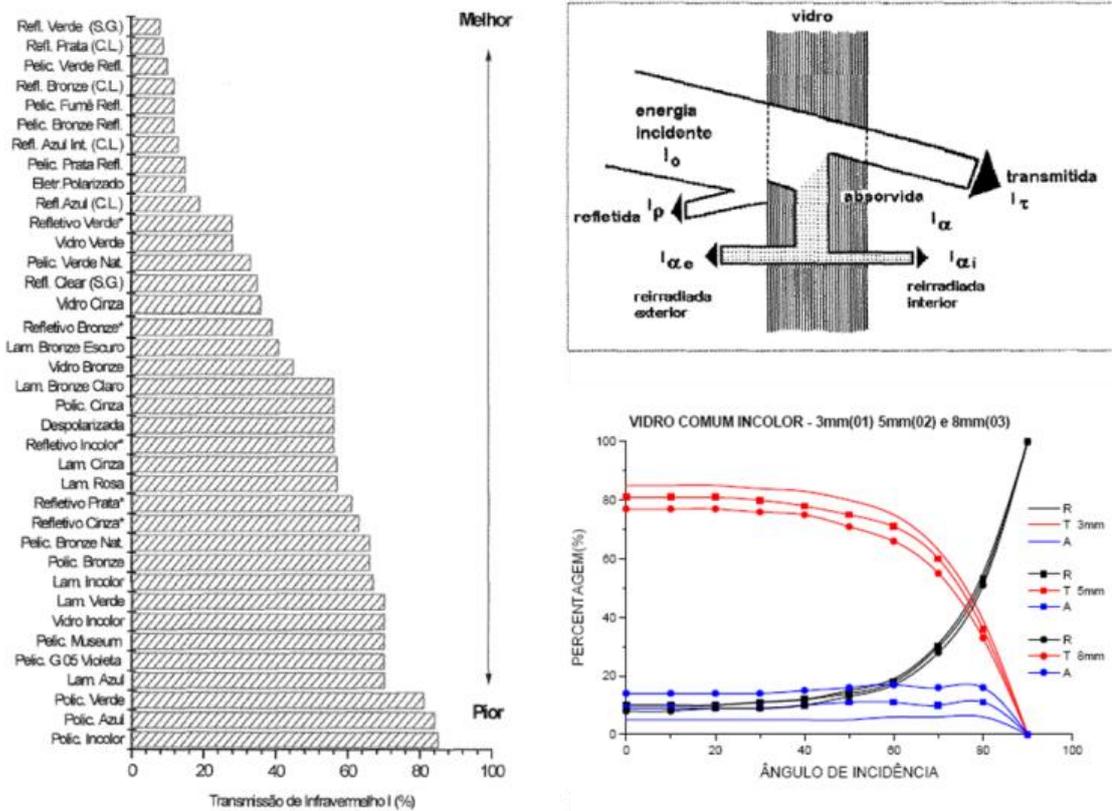
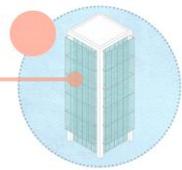


Figura 11 - Transmissão de vidros variados; Esquema da radiação solar sobre o vidro; Refletância para o Vidro comum. Fonte: Adaptado de Assis (1998) e Michelato (2007).

O ofuscamento possui efeito negativo sobre qualquer pessoa impactando ou resultando em várias doenças oculares. Conforme Diep e Davey (2018) a luminância intensa pode causar problemas desde o desconforto, sensibilidade ao contraste, catarata, glaucoma, degeneração macular, doenças da córnea, estereopsis, queratoconus, visão mesópica, até a perda da visão (Figura 12).

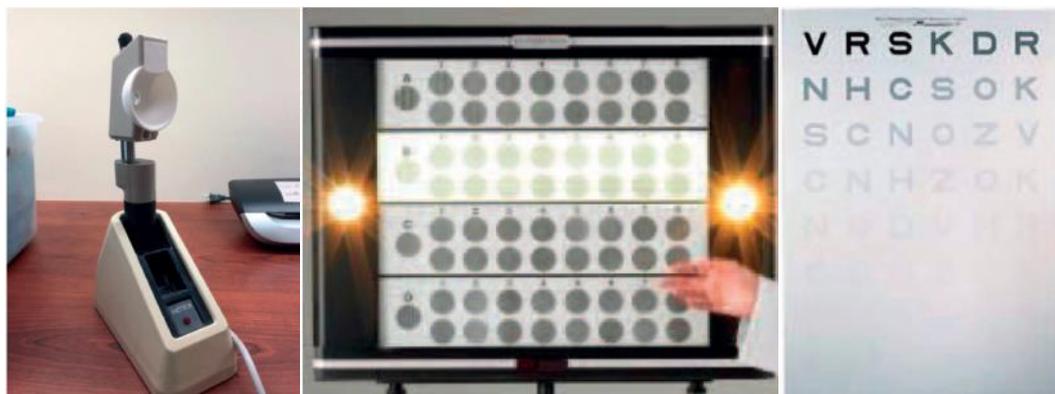
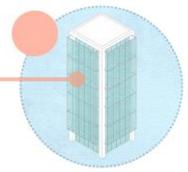


Figura 12 - Aparelho BAT para teste de Acuidade visual; Equipamento CSV1000-E para teste de ofuscamento com variação da sensibilidade à luminância e ao contraste; Pelli-Robson teste de variação de constraste em frequência baixa. Fonte: Diep e Davey, 2018.

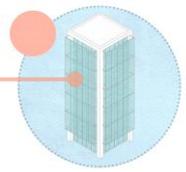


Um vasto estudo recente avaliou métricas de ofuscamento estabelecidas e novas em 22 salas de 6 cidades diferentes no mundo. A análise estatística da escala de valores e habilidade de distinguir entre cenário incômodo e não-incômodo. A probabilidade de ofuscamento por luz natural - DGP teve maior desempenho nos resultados seguido da Iluminância direta - E_{dir} . Wienold *et al* (2019) sugerem a futuras métricas combinando contraste e efeitos de saturação, pois apresenta um desempenho robusto em locais com muita luz natural (Quadro 2).

Quadro 04 - MÉTRICAS DE OFUSCAMENTO POR LUZ NATURAL
Validação e robustez estatística

MÉTODO	ORDEM	SIGLA	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
Saturação (quantidade de luz no olho)	3	PGSV_{sat}	Predicted Glare Sensation Vote (saturation glare)	(IWATA e OSTERHAUS, 2010)
	2	E_v	Vertical illuminance at Eye Level	(WIENOLD e CHRISTOFFERSEN, 2006)
	4	L_{avg}	Average luminance of Image	(VELDS, 2000)
	5	L_{pos_avg}	Position Index Weighted Average Luminance of Image	(VAN DEN WYMELENBERG <i>et al</i> , 2014)
	10	E_{dir}	Direct Illuminance	(VAN DEN WYMELENBERG <i>et al</i> , 2015)
Contraste (menos robustas que as com saturação)	7	CGI	CIE Glare Index	(KONSTANTZOS e TZEMPELIKOS, 2017)
	9	DGI	Daylight Glare Index	(EINHORN, 1979)
	14	UGR	Unified Glare Rating	(CIE,1995)
	20	VCP	Visual Comfort Probability	(HOPKINSON, 1972)
	17	UGP	Unified Glare Probability	(CHAUVEL <i>et al</i> , 1982)
Saturação e Contraste	1	DGP	Daylight Glare Probability	(FISEKIS e DAVIES 2003)
	6	PGSV	Predicted Glare Sensation Vote	(WIENOLD e CHRISTOFFERSEN, 2006)
	16	UGR_{exp}	Experimental Unified Glare Rating	(WIENOLD, 2010)
Contraste e Limites Absolutos	13	PGL	Perceived Glare Level for typing task	(IWATA e OSTERHAUS, 2010)
	21	GSV	Glare Sensation Vote	(TOKURA <i>et al</i> , 1996)
Empírica (não consideram saturação ou contraste) (Valor Mediano não considera fonte nem ângulo sólido)	7	L_{avg_win}	Average Luminance of Window	(FISEKIS e DAVIES 2003)
	14	L_{40band_avg}	Average Luminance of 40° Band	(SUK <i>et al</i> , 2016)
	12	L_{med}	Median Luminance of Image	(GARRETÓN <i>et al</i> , 2018)
	22	L_{med_lowerwin}	Median Luminance of Lower Window (<2m)	(VAN DEN WYMELENBERG <i>et al</i> , 2015)
	19	L_{med_win}	Median Luminance of Window	(VAN DEN WYMELENBERG <i>et al</i> , 2015)
	18	L_{std_win}	Standard Deviation of the	

Quadro 2 - Métricas de ofuscamento por luz natural. Fonte: Adaptado de Wienold *et al*, 2019.



Wienold (2011) destaca que o desconforto visual não deve ultrapassar 5% das horas iluminadas ao ano mais restrito do que o índice de 6,8% da IES (2012). Wienold e Reinhart (2011) propuseram 5% também como limite temporal para a frequência de altas iluminâncias nas quais existe correlação direta com a probabilidade de desconforto visual. Rockcastle, *et al* (2014) and Jakubiec and Reinhart (2012) preferem demonstrar em escala gráfica colorida os resultados espacializados em iluminância na planta.

Um método de combinação descrito pela IES (Illuminating Engineering Society) é muito praticado pelo mercado, pois é citado no guia de referência do LEED (IESNA, 2012). O conceito combina a análise pela simulação do projeto tanto pela Autonomia da Luz Natural Espacial (sDA ou ALNe) quanto pela Exposição Solar Anual (ASE ou ESA).

A ALNe se refere a uma edificação que possua uma iluminação de 300 lux para pelo menos 50% das horas do dia, entre 8 da manhã e 6 da tarde no ano todo, em todos os espaços regularmente ocupados. Portanto, quanto mais área com boa iluminação nesses espaços regularmente ocupados, melhor. Para a análise de ofuscamento, a ESA, que mede a quantidade de iluminação excessiva no ambiente: a iluminância não deve ultrapassar 1000 lux por mais de 250 horas do ano, entre 8 da manhã a 6 da tarde.

A ALN é menos útil para análises subjetivas, como por exemplo, Jakubiec e Quek (2018) demonstram usuários satisfeitos em locais com ALN a partir de 80lx, bem abaixo da média normativa de 300lx, desde que tivessem acesso à vista exterior ou mesmo com valores de UDI acima de 1500lx e iluminância vertical alta.

Santos e Caldas (2018) estudaram a partir de métodos heurísticos, o potencial de ofuscamento em janelas com persianas, reduzindo a necessidade de processamento para estudo do ofuscamento. Foi testada a iluminância vertical $E_v > 2700\text{lx}$ e comparada à aDGP nas cidades de Londres e Phoenix e os resultados demonstraram que $E_v > 2700\text{lx}$ é mais robusta para prever os eventos de maior ofuscamento perturbador e intolerável ($DGP \geq 0.4$). Já a faixa de ofuscamento perceptível ($0.35 \leq DGP < 0.4$), a iluminância vertical tem dificuldades de detectar os efeitos de ofuscamento (Figura 13).

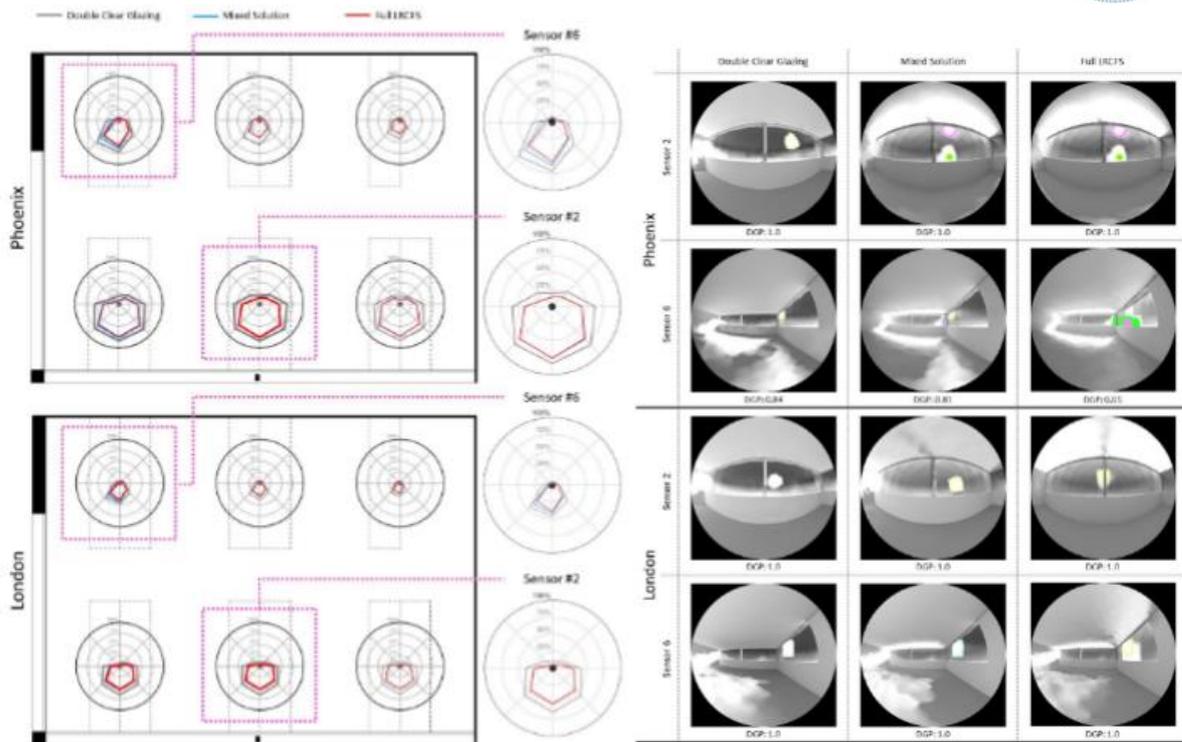
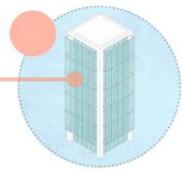


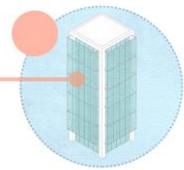
Figura 13 - Análise de DGP com aplicação de método heurístico. Fonte: Santos e Caldas, 2018.

Giovannini *et al* (2018) avaliaram o ofuscamento anual e espacial pelo método de iluminâncias verticais em uma malha de pontos, na qual cada ponto é comparado de acordo com o DGP (WIENOLD, 2007) em classes conforme proposta clássica de Hopkins (1970): imperceptível, perceptível, perturbador e intolerável. Também se baseiam no trabalho prévio de Torres *et al* (2015) na qual as iluminâncias verticais foram correlacionadas com as classes de ofuscamento. É uma abordagem simplificada de análise do ofuscamento anual espacial em busca de bons resultados rápidos. É importante compreender o índice mais validado e difundido para avaliar o ofuscamento da luz natural, o DGP, indicado na fórmula (Equação 1) seguinte:

Equação 1 - Índice DGP - Daylight Glare Probability

$$DGP = 5,87 \times 10^{-5} E_v + 9,18 \times 10^{-2} \log_{10} \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{L_{s,i}^2 \omega_{s,i}}{E_v^{1,87} P_i^2} \right) + 0,16 \quad (1)$$

onde E_v compreende a iluminância vertical na altura do olho do observador expressa em lux; L_s é a luminância da fonte de luz em cd/m^2 , ω_s é o ângulo sólido da fonte de luz em sr; P é o “*position index*” (LUCKIESH e GUTH, 1949; GUTH, 1966) que expressa a variação na sensação experienciada de ofuscamento relativa ao posicionamento da fonte de luz na linha de visão do observador. A equação consiste em duas partes, a primeira considera a iluminância vertical no olho (principalmente de acordo com a radiação solar direta), enquanto a segunda



considera o contraste entre a luminância do fundo da cena e a luminância das fontes de luz dentro do campo visual. O cálculo computacional da segunda parte geralmente é demorada quando requer a produção de uma imagem para a avaliação. Por outro lado, a E_v é mais fácil e rapidamente calculada (Quadro 3).

Quadro - Classes de Ofuscamento por Luz Natural e limites de DGP

Classes	Impacto Visual	DGP	Condições de Reflexão	Atividade do Observador
Imperceptível	Baixo ou nenhum	$DGP < 35\%$	Reflexões inexistentes ou insuficientes	Sem impacto
Perceptível	Moderado	$35\% \leq DGP < 40\%$	Reflexões brilhosas – provável pós-imagem no observador	Atividade de baixo risco
Perturbador	Alto	$40\% \leq DGP < 45\%$	Reflexões muito brilhosas – potencial pós-imagem	Atividade de alto risco, fonte luminosa refletida ou dentro do campo visual
Intolerável	Extremo	$DGP \geq 45\%$	Reflexões brilhosas para potencialmente causar queima da retina.	Atividade de alto risco e fonte luminosa dentro do campo visual

Quadro 3 - Quadro - Classes de Ofuscamento por Luz Natural e limites de DGP. Fonte: Adaptado Danks et al, 2016 e de Wienold, 2009.

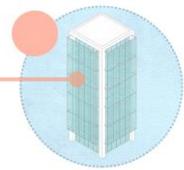
Como desvantagem, a avaliação do ofuscamento anual espacial e multidirecional demanda grande esforço computacional nas renderizações das imagens (WIENOLD, 2009; JACKUBIEC e REINHART, 2012; JONES e REINHART, 2014; JACKUBIEC, 2018; GIOVANNINI et al, 2018), cerca de vinte vezes mais tempo de processamento. Jackubiec (2018) e Wienold (2009) então propõem uma abordagem espacial e direcional através da DGP_s (Equação 2) sem a parte do cálculo de contraste.

Equação 2 - DGP_s - Spatial Daylight Glare Probability

$$DGP_s = 6,22 \times 10^{-5} E_v + 0,184 \quad (2)$$

Essa equação só pode ser utilizada se não houver uma fonte de ofuscamento no campo de visão, como luz do sol direta ou luz proveniente de reflexão especular sobre o olho do observador, caso contrário seu uso não retorna valores com boa correlação com pesquisas envolvendo usuários. O trabalho de Mardaljevic et al (2012) demonstra que a combinação relacionada entre a DGP_s simplificada e a UDI é suficientemente robusta para garantir análises rápidas de desconforto na fase de concepção de projeto (Quadro 4).

Limites de DGP_s



Classe	A	B	C
95% DGP limite	$\leq 0,35$	$\leq 0,40$	$\leq 0,45$
DGP _s médio (5%)	$< 0,38$	$< 0,42$	$< 0,53$

Quadro 4 - Limites de DGP_s. Fonte: Mardaljevic *et al*, 2012.

Interessante abordagem de Giovannini *et al* (2018) foi espacializar os valores das iluminâncias verticais e as classes de ofuscamento, como na figura 25 abaixo, o estudo claramente demonstrou o aumento do desconforto com a aproximação da janela. Para a maioria dos casos analisados o erro foi menor que 5%, dificultados apenas pelos resultados quando simulados vidros de baixa transmitância em pontos a uma distância maior que 3m da janela. Os materiais difusos como vidros translúcidos e persianas também reduziram os valores de ofuscamento (Figura 14, Figura 15).

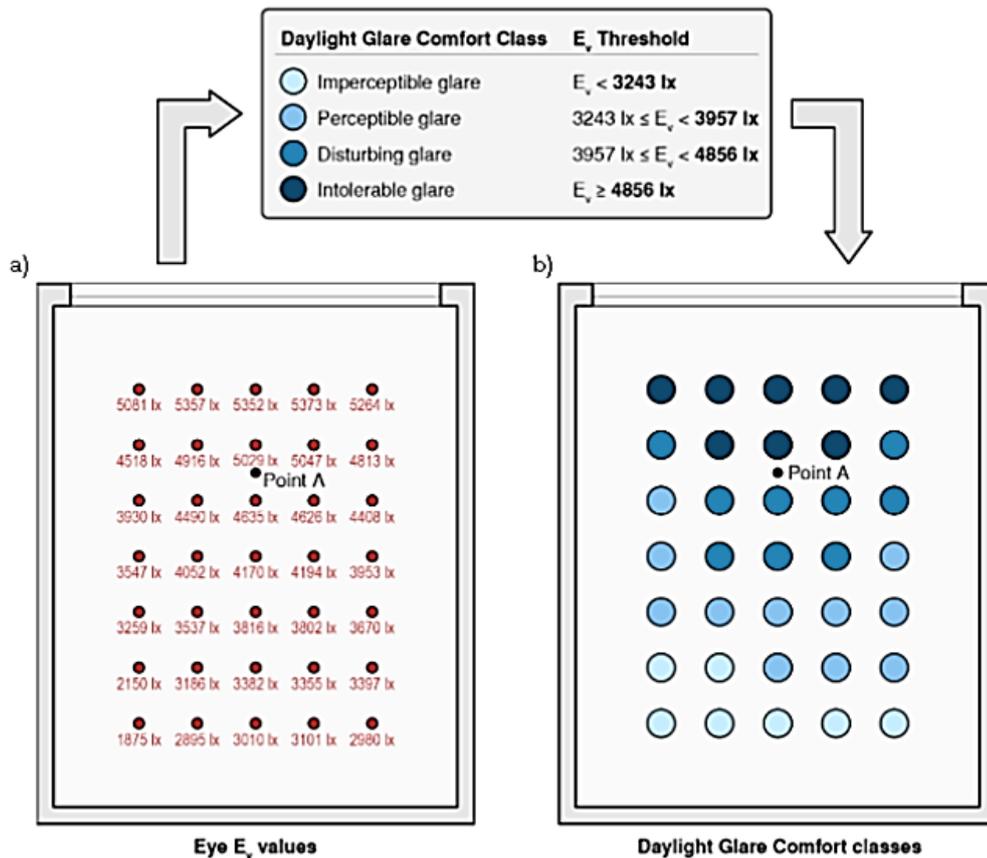


Figura 14 - Iluminância vertical e classes relativas de conforto em escritório de janela orientada a oeste com vidro jateado. Fonte: Giovannini *et al*, 2018.

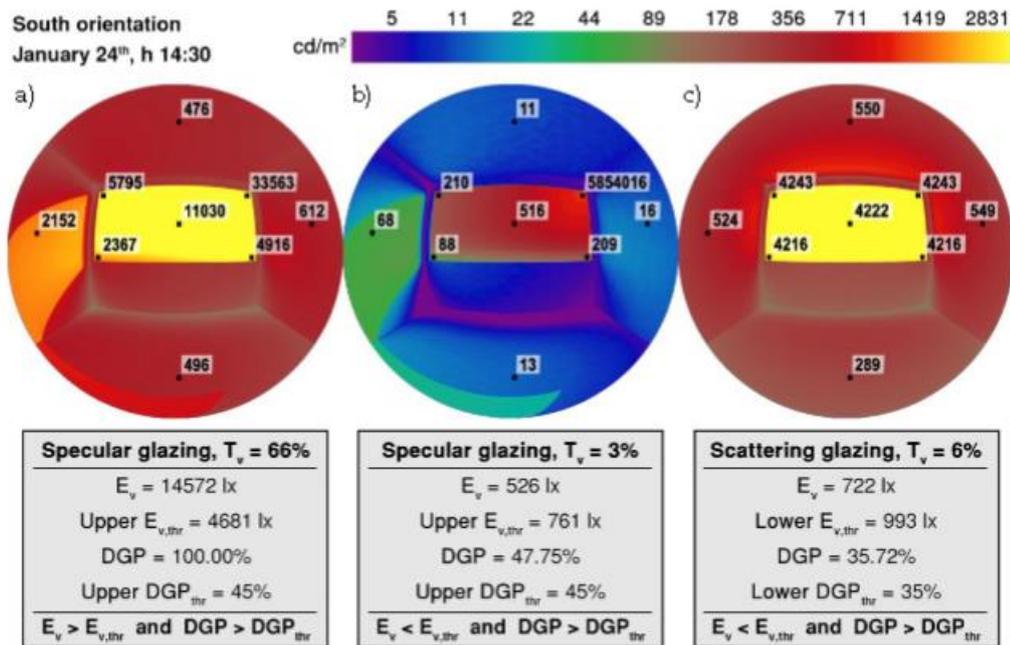
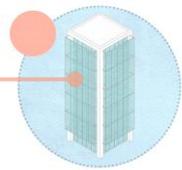


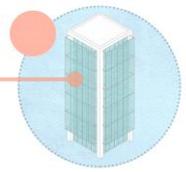
Figura 15 - Mapa de Luminâncias da vista do observador para 3 tipos de vidro. Fonte: Giovannini et al, 2018.

2.2 Fachada de Vidro e Iluminação Natural na Escala Urbana

Os estudos sobre os impactos do processo de urbanização no meio ambiente evidenciam a necessidade de elaboração de medidas e ações que permitam o alcance do equilíbrio ambiental a partir da relação do homem com o meio. Uma consequência inerente é a modificação do ambiente natural para acomodar a forma de viver contemporânea do homem que desloca pelas vias asfálticas da residência de concreto ao edifício de metal envidraçado do trabalho. O espaço urbano está em constante transformação e cada construção traz consigo um impacto social, cultural e ambiental na cidade.

Segundo a literatura (CHANDLER, 1976, ASSIS, 2000; MONTEIRO & MENDONÇA, 2003; KATZCHNER, 2007), é reconhecida a importância da climatologia urbana para a qualidade ambiental do meio urbano, porém, sua aplicação às atividades de planejamento e projeto das cidades ainda é muito limitada. As recomendações para o planejamento de um ambiente urbano climaticamente responsável são muito genéricas (ASSIS, 2005). Aponta-se, então, a necessidade de elaboração de critérios e métodos de projeto de caráter mais específico e direcionado à aplicação de soluções no processo de modelagem da forma urbana.

Os conceitos existentes nas discussões da sustentabilidade urbana tem gerado novas perspectivas de análise e reconhecimento das problemáticas urbanas a partir de esforços científicos recentes para o desenvolvimento de metodologias para subsidiar o processo de



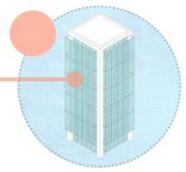
planejamento urbano (OKE, 1988; BITTAN, 1988; OLIVEIRA, 1988; KATZSCHNER, 1997; BARBIRATO, 1998; ASSIS, 2000; DUARTE, 2000, BRANDÃO 2009). Higuera (2006) destaca que para cada lugar deve existir um planejamento específico por causa das particularidades quanto ao perfil climático, topográfico e sociocultural.

O desempenho da envoltória de edifícios verticais nas cidades é bastante útil para comparar diferentes configurações urbanas a fim de descobrir o impacto da demanda por infraestrutura por causa da inserção de novas construções na cidade. A complexidade de configurações urbanas e mudanças sazonais e anuais podem também alterar a influência do clima sobre a demanda de condicionamento da edificação (SANCHEZ, 2002).

Assim, mais especificamente dentro dos aspectos climáticos, a iluminação natural incidente no meio urbano interage com as superfícies que absorvem, transmitem e refletem luz. Ao refletir, o entorno comporta-se como uma fonte de luz e é um dado muito importante para o projeto de iluminação natural. Como as outras fontes de luz, é preciso que sua luminância seja controlada. De acordo com Mascaró (1983), a luz refletida pelo entorno em regiões ensolaradas, representa no mínimo, de 10% a 15% do total da luz diurna recebida pelas janelas. Estes valores são superados quando o entorno é claro. Para os locais cujas superfícies exteriores não estão expostas ao sol, a luz refletida pelo entorno pode chegar a mais da metade da luz recebida pelas janelas contidas por superfícies sombreadas.

Primeiramente, como a fonte de luz natural na terra é o sol, utiliza-se a geometria da insolação com suas métricas baseadas nos movimentos que a terra faz em torno do sol, análise de posicionamento geográfico, orientação e arquitetura da edificação durante o ano e as horas do dia. A geometria considera a luz como vetor e permite o dimensionamento de dispositivos de condução e distribuição da luz, bem como proteção contra a radiação direta. Para isso, tanto a observação como os simuladores solares, heliodon, relógios de sol, cartas solares, e transferidores são instrumentos de auxílio a diagnósticos.

Em uma análise mais profunda e atual é possível conhecer as componentes da iluminação natural que permitem através de diferentes métricas e métodos validados avaliar o comportamento da iluminação num determinado espaço em relação ao usuário, tipo de céu, clima, dados meteorológicos, características dos materiais, entorno, entre outros. Essa avaliação evoluiu na ciência da tecnologia da arquitetura a partir de algoritmos que permitem o cálculo das variáveis dentro de determinadas circunstâncias em que não seria possível verificar apenas com instrumentos manuais. Entretanto a geometria não perdeu seu valor, ambos os métodos



continuam válidos e são totalmente complementares, afinal, os projetistas precisam conhecer os efeitos geométricos espaciais de suas escolhas.

Nas cidades de clima tropical, deve-se evitar a radiação solar excessiva com proteção ao excesso de luz e calor. É importante conhecer a posição do Sol para o local em questão na época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos tanto nas áreas de passagem e convivência urbana, bem como nas envoltórias das edificações. Para tal, a geometria da insolação possibilitará determinar graficamente os ângulos de incidência do Sol, em função da latitude, da hora e da época do ano (BITTENCOURT, 2015). Um observador localizado em um ponto qualquer da superfície do globo terrestre terá a impressão de que é o Sol que se movimenta ao redor da Terra ao longo do dia e do ano. Este efeito, decorrente dos movimentos de translação e rotação da Terra e da inclinação do eixo da Terra em relação ao plano da eclíptica (em torno de $23,5^\circ$) é denominado Movimento Aparente do Sol (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Nas regiões tropicais de clima quente-úmido verificam-se pequenas variações de temperaturas diárias e estacionais, a radiação difusa é muito intensa e a umidade do ar é elevada. O controle deve tender a diminuir a temperatura, incrementar o movimento do ar, evitar a absorção de umidade, proteger das chuvas e promover seu escoamento rápido. De acordo com Romero (2001) são princípios bioclimáticos básicos para o clima tropical quente-úmido: orientação e vegetação que permita sombreamento, localização alta do sítio, traçado aberto e disperso com variação nas alturas e alinhamentos dos edifícios em lotes largos para permitir o escoamento de ventos e águas; espaços públicos de grandes dimensões e bem arborizados proporcionando sombra densa nos caminhos (Figura 16).

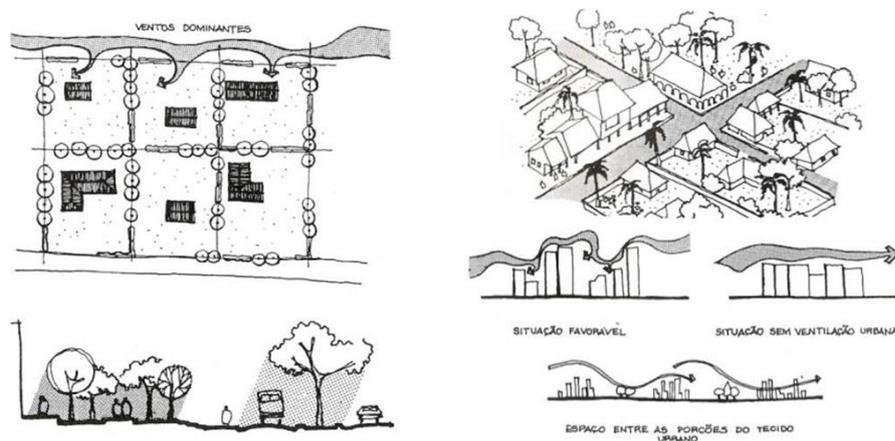
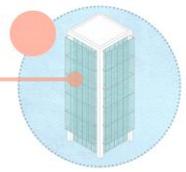


Figura 16 - Estratégias bioclimáticas para o trópico úmido. Fonte: ROMERO, 2001.

No clima quente e úmido, o projeto de iluminação natural fica estreitamente atrelado às necessidades de conforto térmico, como o dimensionamento de aberturas que permita grande



ventilação com cuidado de proteger contra radiação direta e permitir a iluminação indireta adequada às necessidades dos usuários. De acordo com Hopkinson *et al* (1966), o projeto de iluminação natural de um edifício constitui uma parte essencial do processo global de concepção e dificilmente poderá se separar dele.

Considerando que as diferenças climáticas da Terra são basicamente advindas da energia solar, torna-se indispensável a posse de elementos para avaliar qual a carga térmica que determinada edificação ou espaço ao ar livre receberá nas diversas horas do dia e nas várias épocas do ano. A Geometria da Insolação fornece um instrumental, a partir de gráficos simplificados, como por exemplo, a carta solar, para mensurar os horários de insolação nas distintas orientações de fachadas em cada latitude particular.

A determinação gráfica de sombras é importante, principalmente em áreas urbanas, visto que em grande parte do dia os raios solares diretos podem ser barrados pelas construções vizinhas, modificando, portanto, o horário real de insolação (Figura 17). Paralelamente, também é importante conhecer a trajetória das reflexões das faces que recebem a radiação solar e a refletem ao exterior, configurando o entorno como fonte de luz refletida.

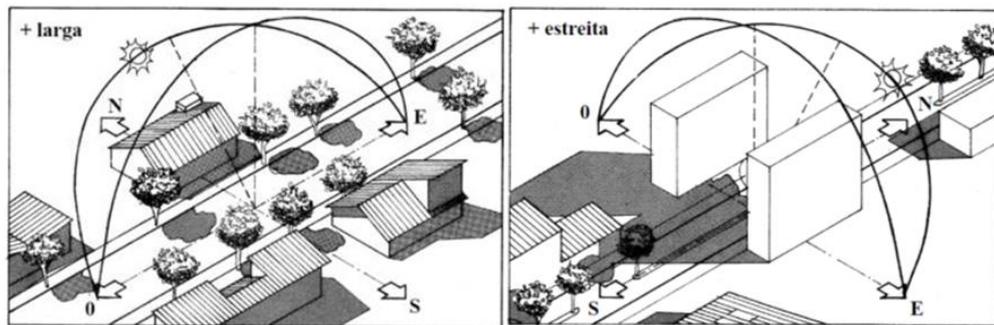
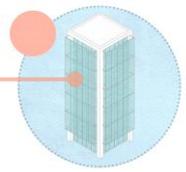


Figura 17 - Orientação de ruas e sombreamentos das construções. Fonte: FROTA e SCHIFFER, 2001.

Não menos importante é a orientação das aberturas e dos elementos transparentes da construção, que permitem o contato com o exterior e a iluminação dos recintos. A proteção solar das aberturas por meio de brises é um indispensável recurso para promover os controles térmicos naturais. A racionalização do uso da energia é consequência da adequação da arquitetura ao clima, evitando ou reduzindo os sistemas de condicionamento artificial de ar. Os controles passivos minimizam os efeitos de climas quentes.

O conhecimento do clima, aliado ao dos mecanismos de trocas de calor e do comportamento térmico dos materiais, permite uma consciente intervenção da arquitetura, incorporando os dados relativos ao meio ambiente externo de modo a aproveitar o que o clima apresenta de agradável e amenizar seus aspectos negativos.



A proteção das aberturas externas torna-se imprescindível nos trópicos, para a criação de ambientes amenos e a redução dos consumos de energia com refrigeração e iluminação artificiais. As vantagens econômicas dessas proteções ficam evidenciadas quando se compara seu custo de instalação com os de operação do edifício, ao longo de sua vida. (HOLANDA, 1976)

Imprimir a um edifício características que proporcionem uma resposta ambiental conveniente não implica um acréscimo obrigatório de custo de construção, mas, ao contrário, deve resultar em redução do custo de utilização e de manutenção, além de propiciar condições ambientais agradáveis aos ocupantes.

Métodos atuais e escolha da abordagem de análise

Em um estudo da radiação solar direta, Brotas e Pandya (2014) analisou o efeito urbano da radiação num estudo de caso em um cânion de Londres através de simulação (Figura 18).

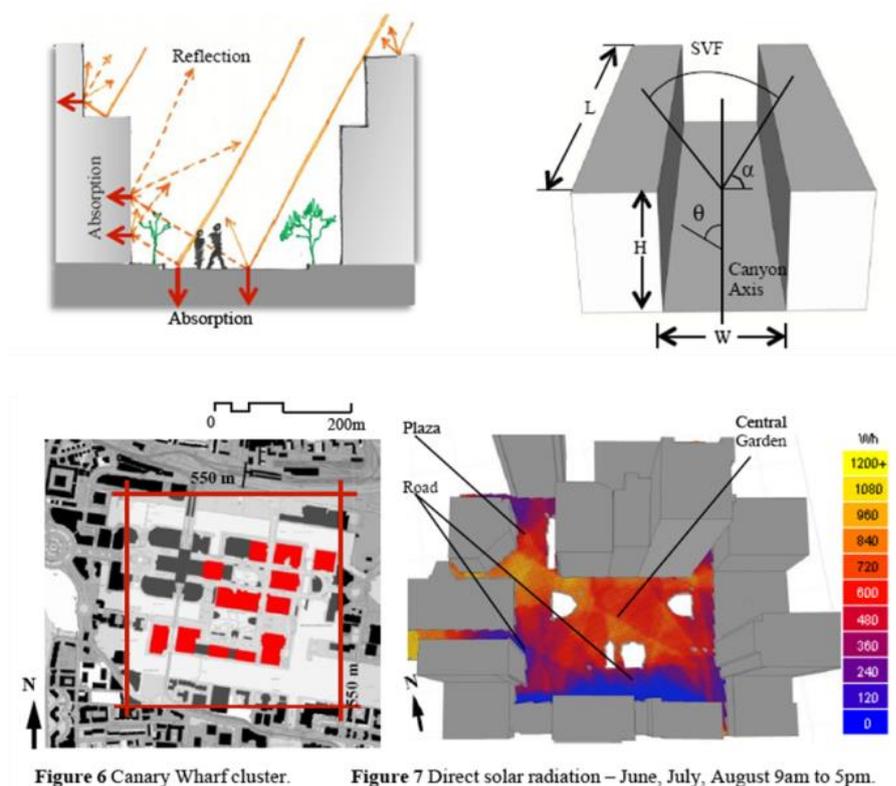
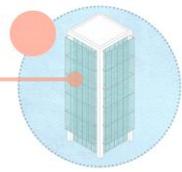


Figura 18 - Efeito da Radiação solar direta e refletida em um cânion urbano. Fonte: Adaptado de Brotas e Pandya (2014).

O ofuscamento é uma sensação visual causada por áreas brilhantes, com valores altos de luminância ou elevadas variações de luminância dentro do campo de visão de um observador (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013). Seu efeito pode ser de desconforto, quando há dificuldade na



distinção de cores e detalhes, ou inabilitador quando ocorre perda na visibilidade. Conforme Lamberts *et al* (2014), o ofuscamento pode ocorrer devido a dois efeitos distintos:

- Contraste: Caso a proporção entre as luminâncias de objetos do campo visual seja maior que 10:1;
- Saturação: Se o olho é saturado com luz em excesso. O que ocorre quando a luminância média da cena excede 25.000 cd/m².

O impacto visual em um dado ponto no olho do observador pode ser determinado conforme algoritmo de Ho *et al* (2011) que categoriza o ofuscamento de acordo com o potencial de causar danos à retina ou pós-imagem a partir da intensidade e tamanho da reflexão dentro do campo de visão. Essa categorização é definida a partir da superfície fonte de reflexo relativa ao observador na sua tarefa (andando, dirigindo, sentado, olhando pela janela). Os impactos térmicos também podem ser avaliados de acordo com valores médios e de pico da radiação acumulada a partir da geometria e cálculo de radiação em programas e medições (Figura 19).

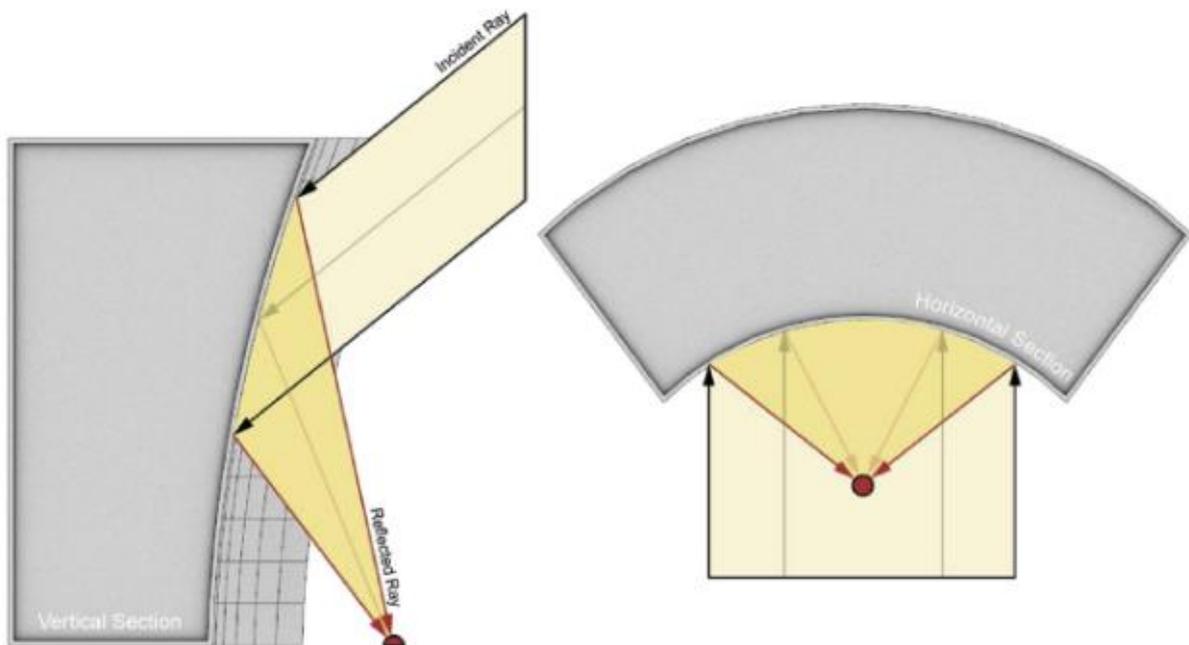
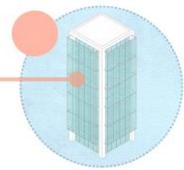


Figura 19 - Esquema de fachada curva focalizando e concentrando energia refletida. Fonte: Danks et al, 2016

De acordo com Danks (2016), muitos estudos de ofuscamento são realizados utilizando o *software* Radiance, bem como o DIVA ou OpenStudio que utilizam do mesmo programa para processar. Destaca que apesar de o Radiance ser muito preciso em ambientes internos, possui muitas desvantagens para avaliação de análise de reflexão para áreas externas. A renderização é muito lenta e caso não forem processadas imagens detalhadas, muitos efeitos podem ser perdidos.



As análises computacionais de dinâmica dos fluidos CFD (*Computational Fluid Dynamics*) também podem dar uma falsa sensação de segurança visto que levam em consideração outros fatores meteorológicos como, por exemplo, o vento que pode impactar dramaticamente os resultados finais. Importante destaque é o ângulo de incidência, pois a intensidade da reflexão varia para cada tipo de vidro. Os *softwares* WINDOW e OPTICS produzido pelo LBNL (*Lawrence Berkeley National Laboratory*) foram criados para trabalhar com fórmulas para cálculos de combinações de vidros do banco de dados IGDB (*International Glass Data Base*) mais completo e utilizado mundialmente (Figura 20). O IGDB é utilizado como referência em praticamente todas as normas específicas, inclusive no Brasil (ABNT, 2005, 2013; INMETRO, 2013).

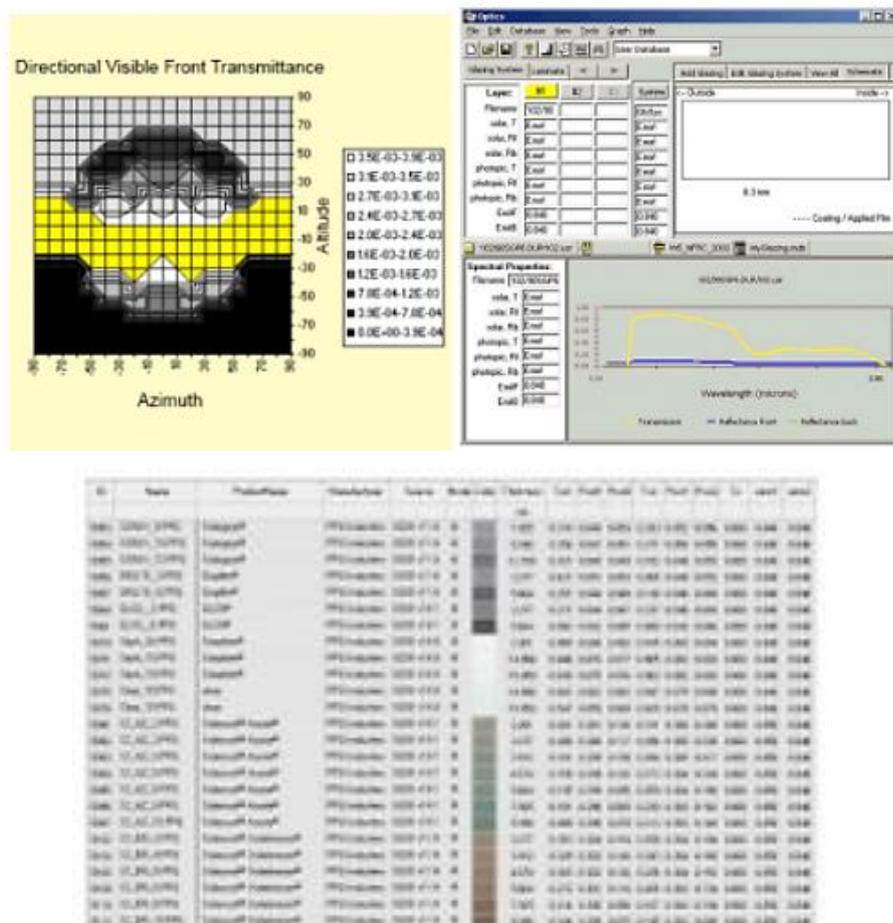


Figura 20 - WINDOW, OPTICS e IGDB interfaces. Fonte: LBNL, 2019.

Conforme exemplo de Danks (2016) abaixo de vidro insulado (Figura 21), existe cerca de 30% de refletância subestimada para acabamentos na face 3 do vidro e 5% na face 2 como resultado do programa WINDOW do LBNL de acordo com o ângulo de incidência.

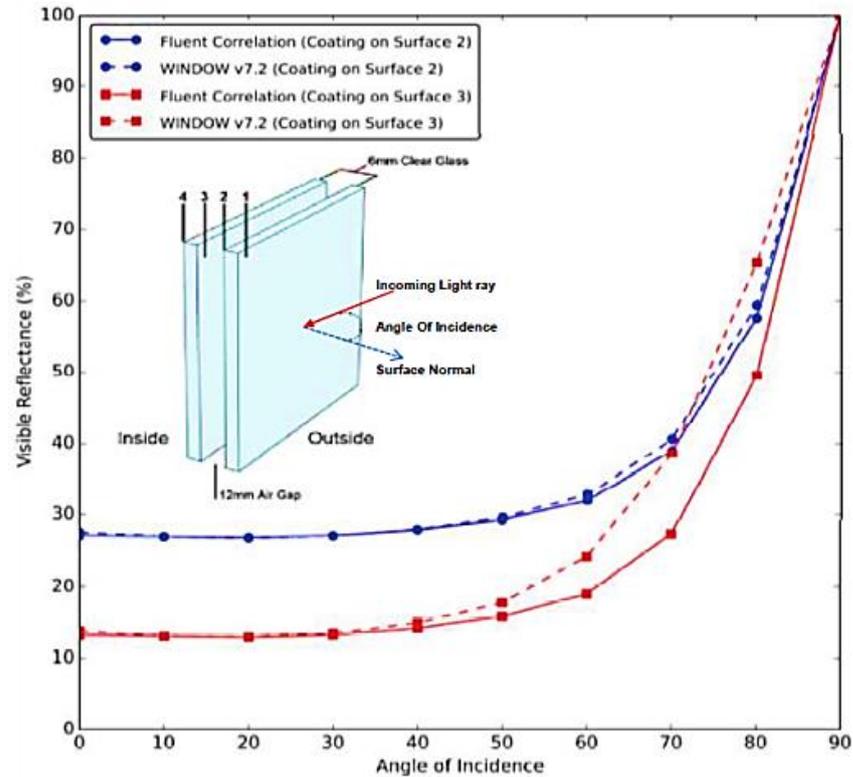
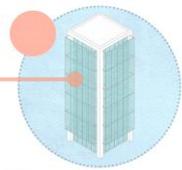


Figura 21 - Comparação de refletância do vidro em função do ângulo de incidência. Fonte: Danks, 2016.

Danks *et al* (2016) destacam que existem vários impactos térmicos provocados pela reflexão solar e a temperatura radiante. Certamente os efeitos dependem de outros fatores ambientais como, por exemplo: temperatura, tipo de vestimenta, idade, saúde e habilidade de relocação espacial, entre outros. Como proposta para a exposição no ambiente urbano, o limite máximo à radiação refletida é de $1.500\text{W}/\text{m}^2$ em um período curto e condições ambientais de 25°C , 50% de umidade relativa, $1,5\text{m}/\text{s}$ de velocidade do vento e $1.000\text{W}/\text{m}^2$ de insolação. Vale ressaltar que o estudo foi realizado em clima frio e que provavelmente os limites tropicais seriam menores.

Existe também o estresse por calor causado por exposição prolongada a temperaturas elevadas, fluxo radiante e umidade. A temperatura de bulbo úmido é uma métrica comum para medir esse tipo de estresse térmico. As superfícies a serem tocadas que foram expostas ao aquecimento também podem queimar a pele acima de 44°C quando a pessoa não prevê esse evento pelo ar estar mais fresco. As propriedades físicas dos materiais e as condições ambientais são tão importantes para definir o fenômeno, como por exemplo, uma calçada de concreto (Figura 21) e um asfalto possuem comportamentos bem diferentes à exposição solar, albedo, capacidade térmica, emissividade e dissipação de calor.

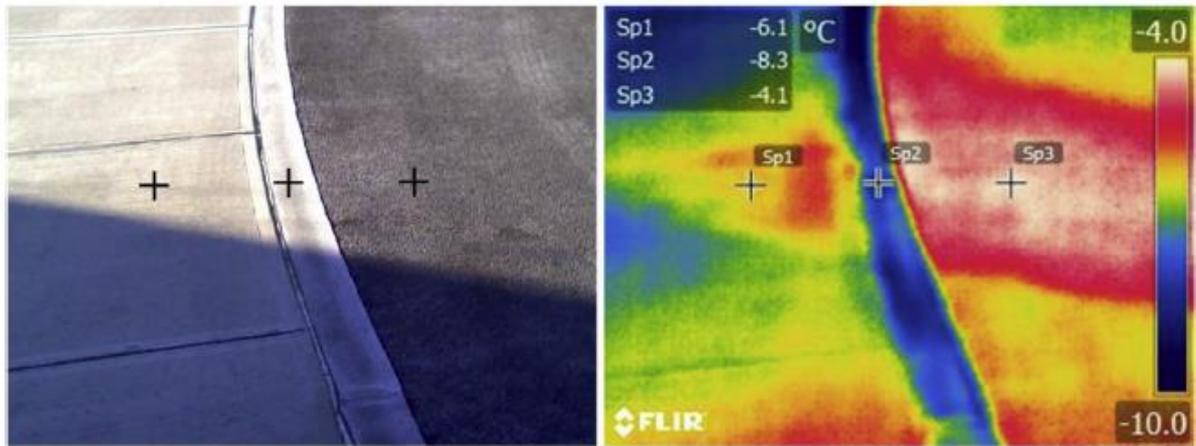
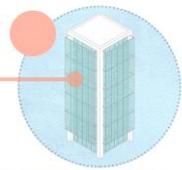


Figura 22 - Luz visível e termografia das superfícies expostas à radiação. Fonte: Danks *et al*, 2016.

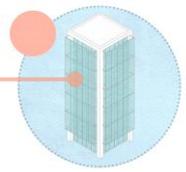
O paisagismo é afetado com intensa radiação, pois os objetos se desgastam e as plantas sofrem com a luz excessiva maior que elas podem absorver. Materiais podem ser inflamados a partir de 8.000W/m^2 durante 10 min e com muito menos sofrer deformações com pressão até do próprio peso.

Ishak *et al* (2018) avaliaram por meio de questionários o efeito de refletividade de fachadas no clima tropical de Singapura considerando os efeitos da idade, horário e duração do ofuscamento, evitação e sensibilidade no desconforto por ofuscamento de pedestres. Foi encontrado que o impacto da idade do pedestre na evitação do ofuscamento teve maior significância estatística, seguida do horário e depois a duração do ofuscamento (Figura 23).



Figura 23 - Hipótese de variáveis e relações através do método SEM (Structural Equation Modelling) e Área de análise em Cingapura. Fonte: Ishak *et al*, 2018.

Relembra os efeitos causados pelo Disney Concert Hall (SCHILLER e VALMONT, 2005) em Los Angeles, o Walkie Talkie (ZHU *et al* 2018) em Londres e o Vdara hotel em Las Vegas. As fachadas concentraram a radiação solar incidente criando o chamado “raio mortal” (*death ray*) em determinados ângulos. Esse sol refletido é focado em áreas do entorno gerando mais aquecimento urbano. O calor afeta sensitivamente o microclima urbano influenciando o conforto visual e térmico dos habitantes. Sun Valley Bank em Phoenix, Museum Tower em



Dallas, os raios refletidos penetram os prédios vizinhos, aumentam a temperatura da vizinhança (GELAN, 2012) (Figura 24).

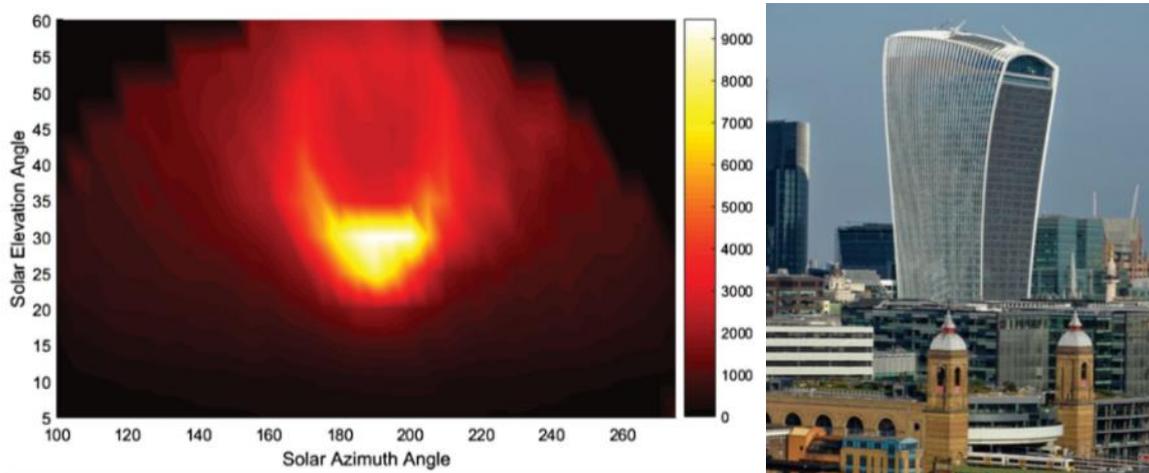


Figura 24 - Mapa dos picos de intensidade em falsa cor do fluxo recebido no chão com várias posições solares em frente à fachada côncava voltada para o sul. Foto do edifício e o cenário modelado para análise no Radiance. Fonte: Zhu et al, 2018.

As cidades australianas (CIDADE DE SYDNEY, 2012) desenvolveram medidas para limitar o ofuscamento, como limitar refletância até 20% para os vidros. Essas regras também são seguidas em Cingapura (SREEDHARAN, 2013) e Hong Kong (HKB, 2014).

Wong (2016) estudou o impacto da poluição do ofuscamento solar provocado pela pele de vidro do prédio ICC em Hong Kong através do traçado das reflexões no entorno a partir das dimensões, orientação e dados meteorológicos. A grande altura, as refletividades das largas superfícies foram mapeadas e comparadas a outras duas torres na mesma cidade e discutidas necessidades de remediação. Os raios atingem residências a 1,5km da fonte com intensidade maior que $400\text{W}/\text{m}^2$. Existem convergências de reflexões que resultam em intensidades quatro vezes maiores como $1484\text{W}/\text{m}^2$ na MTR Kowloon Station e a orientação favorece as refletividades perpendiculares ao raio. Diferentemente dos outros casos como o Walkie Talkie e o Vdara, afeta uma região maior e com tempo prolongado, enquanto os outros possuem efeitos mais locais, porém mais intensos (Figura 25).

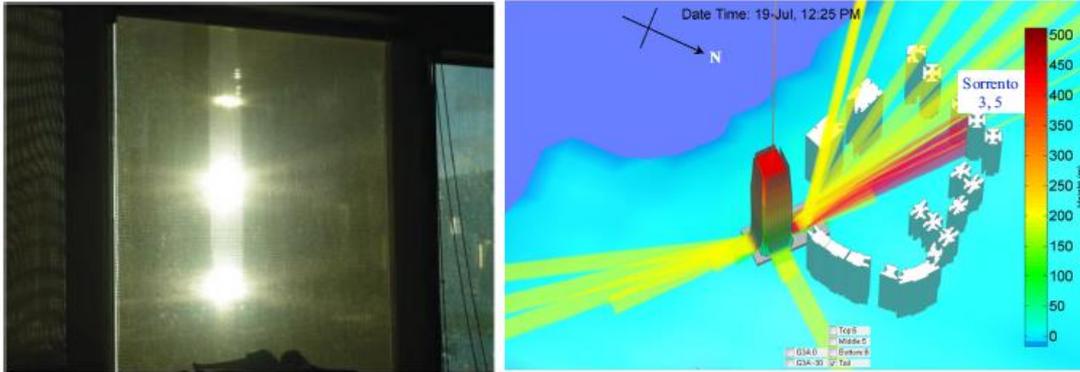
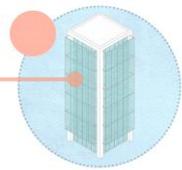


Figura 25 - Reflexão atravessa cortina; traçado de reflexões da ICC tower. Fonte: Wong, 2016.

Danks e Good (2016) realizaram um estudo sobre as reflexões solares em áreas urbanas para diagnóstico de radiação cumulativa do ambiente construído na escala espacial e temporal. Encontraram picos de 1.500w/m^2 a 4.000 w/m^2 em medidas que foram comparadas às simulações conforme Figura 26.

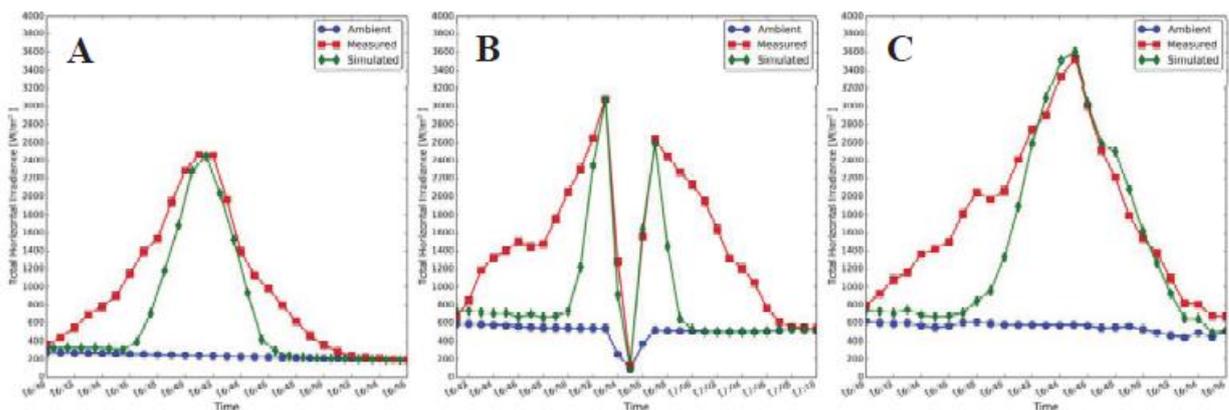
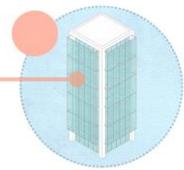


Figura 26 - Gráficos de medições e simulações de níveis de radiação. Fonte: Danks e Good, 2016.

Conforme Dollaghan (2014), em 2013 o episódio em Londres relatado anteriormente sobre o edifício 20 Fenchurch Street, apelidado de “Walkie Talkie” por sua forma distinta. A fachada envidraçada refletiva do edifício estava derretendo carros estacionados na mira de seus reflexos. Projetado pelo arquiteto uruguaio Rafael Viñoly, os danos foram pagos judicialmente. Os reflexos convergiam em um ponto, focalizando e concentrando a luz. O Vdara Hotel em Las Vegas também estava aumentando a temperatura em seu entorno em mais de 11°C .

O Walt Disney Concert Hall de Frank Gehry foi aberto em Los Angeles, em 2003, as pessoas começaram a reclamar que a luz do sol refletia o exterior insuportavelmente quente, assim como os motoristas no trânsito nas proximidades. Um estudo da Escola de Arquitetura da Universidade do Sul da Califórnia observou que, na calçada ao redor do edifício, "objetos leves e independentes ficam quentes o suficiente para amolecer o plástico". Os painéis



ofensivos de aço inoxidável polido foram lixados em 2005 para atenuar o brilho (GELAN, 2012) (Figura 27).

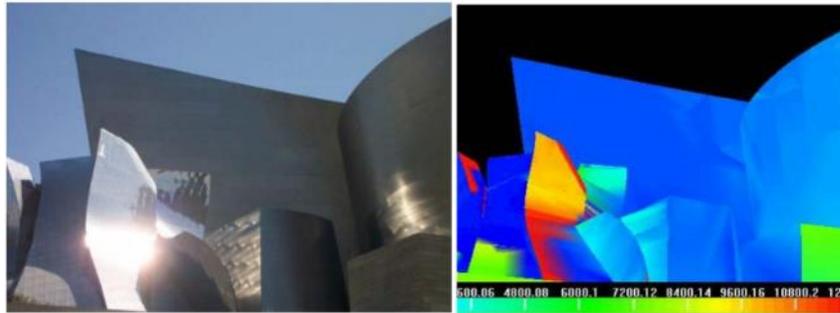


Figura 27 - Walt Disney Concert Hall de Frank Gehry e estudo de reflexões. Fonte: SCHILLER e VALMONT, 2006.

Em 2010, os funcionários do Vdara Hotel, em Las Vegas, apelidaram a torre curvada voltada para o sul de "raio da morte". A luz do sol refletida nas vidraças do hotel supostamente pode derreter copos descartáveis e chamuscar o cabelo de pelo menos um visitante. O arquiteto Rafael Vinoly é o mesmo do projeto Walkie Talkie de Londres.

Mais recentemente, o Museum Tower, um arranha-céu de Dallas, causou problemas no museu de arte do outro lado da rua, com sua enorme reflexão. O Centro de Escultura Nasher afirma que a luz refletida está matando as plantas no jardim, esculturas do museu e arruinando as exposições. O reflexo oriundo da fachada de vidro do museu aumentou a temperatura do vizinho em 22°C.

Ainda está em estudo a possibilidade de avaliar o uso da iluminância cilíndrica, que considera a vista independente na medição da iluminância vertical no olho do observador, porque o olho não fica parado apenas em uma direção. Seguem representações anualizadas através de analemas conforme TORRES e VERSO (2015) (Figura 28).

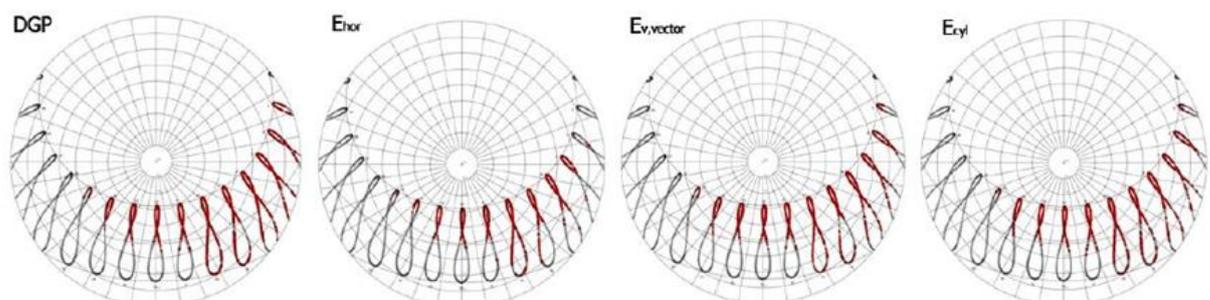
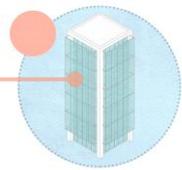


Fig. 8. Glare cases mapped onto the sunpath diagram for DGP, E_{hor} , E_{cyl} and $E_{v,vector}$. Parts in red visualize the errors in estimates.

Figura 28 - Ofuscamento mapeado no diagrama de traçado do sol para diferentes índices. Fonte: Torres e Verso, 2015.



Também foram verificadas a importância de outras métricas que podem ser combinadas com outros métodos, como sugere Scalco *et al* (2010) no quadro abaixo (Figura 29).

	Parâmetro de desempenho	Autores
Iluminação	Probabilidade de ocorrência de iluminâncias	ALUCCI, 1986; MORETTI, 1993
	FLDV – Fator de Luz Diurna Vertical/Componente Celeste Vertical	NG, 2003, 2005; TREGENZA, 2001
	Indicadores de Altura Admissível	HOPKINSON, PETHERBRIDGE, LONGMORE, 1966; ROBBINS, 1986
	Linha de “Não” Visão do Céu	LITTLEFAIR, 1991
	AVD – Área de Visão Desobstruída	NG, 2003
	JCP – Janela de Céu Preferível	LEDER, 2007
	FVC – Fator de Visão do Céu	CHENG <i>et al.</i> , 2006
Insolação	Horas de Sol	HMSO, 1982; KNOWLES, 1981; NE’EMAN; HOPKINSON, 1976; OBOLENSKY; KORZIN, 1982; TREGENZA, 1993
	Disponibilidade da Luz Solar	NE’EMAN; LIGHT, 1975
	Radiação Solar	CAPELUTO <i>et al.</i> , 2006; LITTLEFAIR, 1991
	RP – Radiação Ponderada	AROTEGUI, 1980

Figura 29 - Métricas de iluminação e Insolação Fonte: Scalco *et al*, 2010.

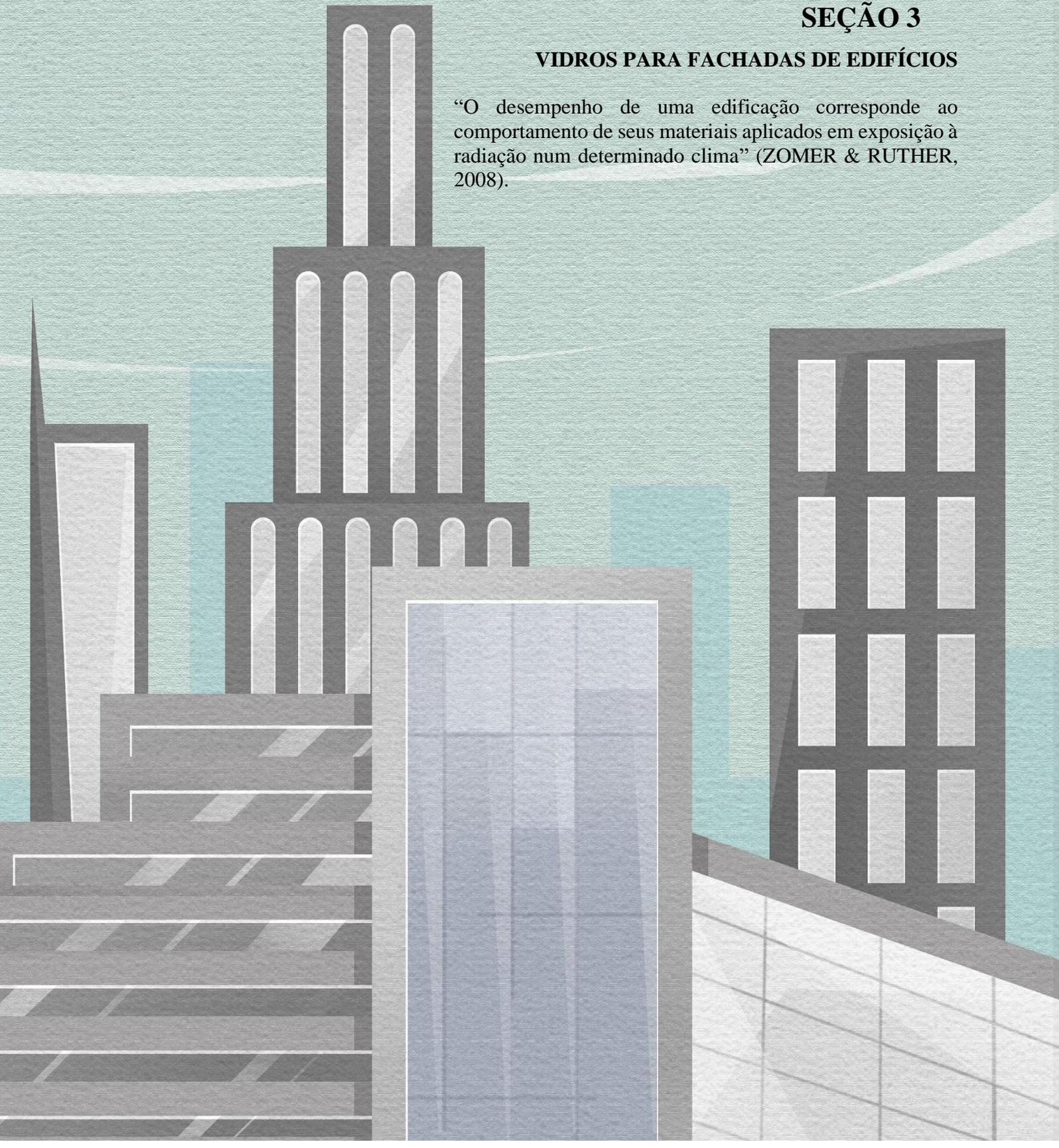


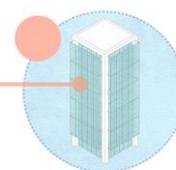
SEÇÃO III

SEÇÃO 3

VIDROS PARA FACHADAS DE EDIFÍCIOS

“O desempenho de uma edificação corresponde ao comportamento de seus materiais aplicados em exposição à radiação num determinado clima” (ZOMER & RUTHER, 2008).



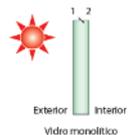
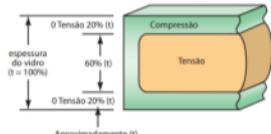
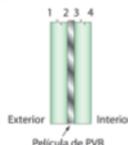
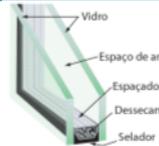
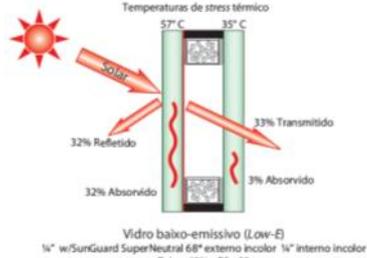


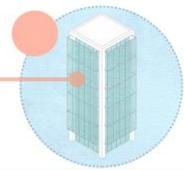
3.1 Tipos de Vidro, Propriedades e Características

O vidro deve ser utilizado criteriosamente nas aberturas, é um elemento favorável para iluminação natural, porém em climas quentes, sua adoção deve estar protegida dos ganhos de calor. O desempenho de uma edificação corresponde ao comportamento de seus materiais aplicados em exposição à radiação num determinado clima (ZOMER & RUTHER, 2008). Para minimizar as cargas de energia, carga térmica e excesso de luz na envoltória, é essencial orientar bem o edifício para aproveitar as brisas e evitar a radiação solar excessiva.

Os tipos de vidro mais utilizados na arquitetura estão descritos no quadro resumo em seguida (Quadro 5).

Quadro 06 - Vidros usados na Arquitetura

Tipos	Características	Aplicação/finalidade	Representação
Monolítico	Vidro comum, pode ser cortado	Uso comum	
Temperado	4 vezes mais forte que o vidro monolítico	Segurança	
Laminado	2 ou mais lâminas unidas por uma película polivinil butiral	Segurança	
Insulado	2 ou mais lâminas de vidro seladas e separadas por uma camada de ar	Redução de ruído e de transmissão de calor.	
Controle solar baixo-emissivo (Low-E)	Criado com uma metalização para manter o efeito estético, reduzindo a carga térmica no interior do edifício.	Reduzem a entrada direta de energia solar. Reflete menos luz visível, mas limitam a entrada de energia solar	



<p>Colorido</p>	<p>Criado para produzir um efeito estético. Cinza, bronze, verde e azul</p>	<p>Absorve e reirradia calor, com revestimentos refletivos reduzem a entrada de luz</p>	<p>Temperaturas de stress térmico 64° C 47° C 7% Refletido 37% Transmitido 51% Absorvido 5% Absorvido Vidro Colorido (vidro com absorção de calor) 1/4" vidro plano exterior cinza / 1/4" interior incolor Tvis = 42% FS = 48</p>
<p>Eletrocromático</p>	<p>Mudança reversível de coloração, ocasionada pela aplicação de uma diferença de corrente elétrica.</p>	<p>Privacidade e controle de radiação</p>	
<p>Fotoenergético</p>	<p>Capta a energia solar e a transforma em energia elétrica</p>	<p>Eficiência energética, Geração de energia</p>	

Quadro 5 - Vidros usados na Arquitetura Fonte: Adaptado de Guardian, 2010.

Acabamentos também conferem especificidade a um vidro, como antirreflexo, acidado, craquelado, impresso, anti-riscos, aramado, auto-limpante. O tratamento termoendurecido pode ser aplicado nos vidros monolíticos para criar uma resistência duas vezes maior, como exemplo, um reforço contra o vento. Existem ainda os vidros *Spandrew glass* que são tratados especificamente para encobrir estruturas e dar continuidade em uma pele de vidro. Também existem os vidros à prova de furacão, porém utilizados para tratamento muito específico.

Os vidros ainda podem ser combinados para que sejam melhoradas as necessidades estéticas, térmicas e luminosas do ambiente, com certas limitações. Devem ser consideradas todas as grandezas físicas necessárias ao cálculo do destino das parcelas da radiação.

3.2 Interação do Vidro com a Radiação Solar

Como pode ser observada no esquema em seguida (Figura 30), parte da radiação que chega é refletida, outra é transmitida, parte é absorvida e reirradiada tanto para o exterior quanto para o interior de acordo com o equilíbrio térmico dos ambientes.

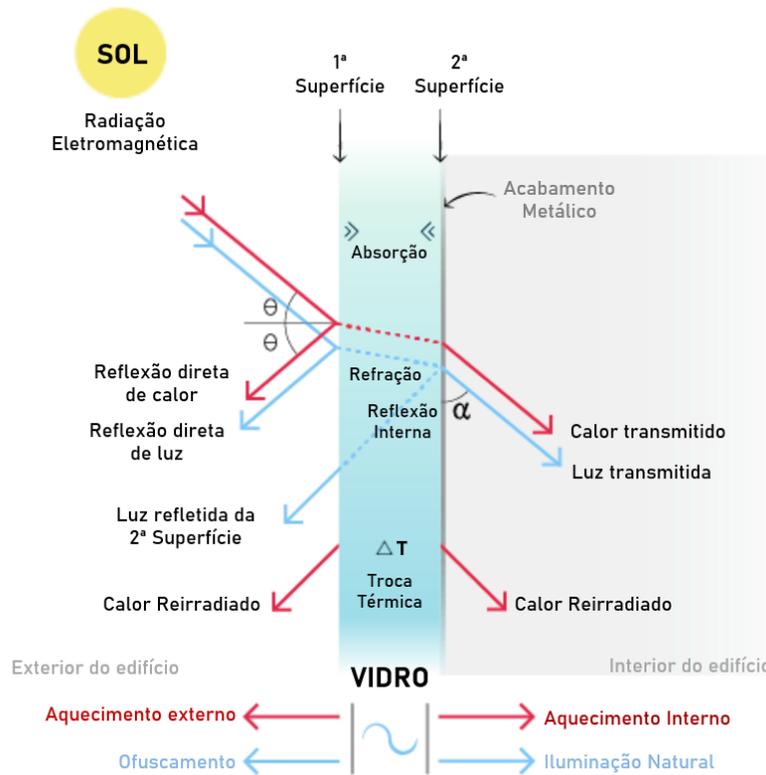
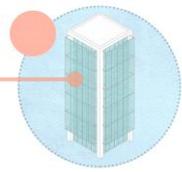


Figura 30 - Radiação no vidro.

A radiação solar está concentrada na região do espectro eletromagnético compreendida entre o comprimento de onda de $0,2\mu\text{m}$ e $3\mu\text{m}$. A luz visível compreende parte da radiação solar, com comprimento de onda entre $0,38\mu\text{m}$ e $0,78\mu\text{m}$ (ABNT, 2003). Pode ser visualizada a faixa do espectro visível na figura 05 e exemplos de transmissão de radiação para diversos tipos de vidro (Figura 31).

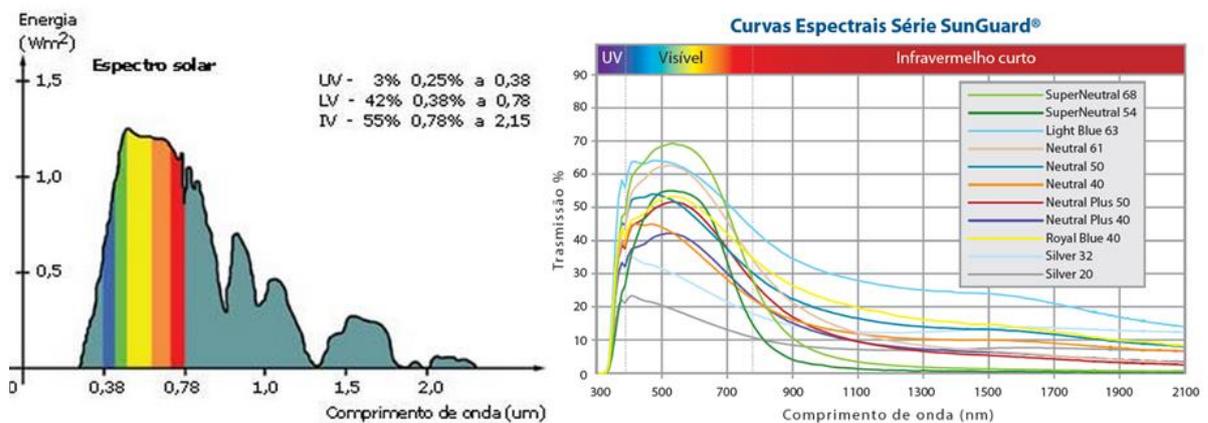
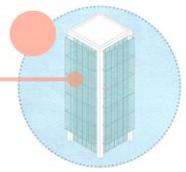


Figura 31 - Espectro da radiação solar com faixa visível. Fonte; Exemplos de Curvas espectrais. Fontes: Whestphal, 2014 e Guardian, 2010.



3.3 Demandas da Construção Civil

Pele de Vidro é o nome dado a todo sistema de fachada envidraçada em que a aparência uniformizada é obtida pela fixação dos vidros na frente dos elementos estruturais escondendo assim a visualização pelo lado externo à edificação. As placas de vidro podem ser sustentadas por: peças metálicas através de furos, parafusos, encaixes ou até mesmo por silicone estrutural colado em caixilhos especiais. A aparência no lado externo da edificação pode ser a trama vidro-caixilho ou somente vidro, alcançando maior uniformidade à superfície. A Pele de Vidro também pode ser chamada de Fachada Cortina, Curtain Wal, Glazing, Structural Glazing, Sistema Unitizado, Sistema Grid (Figura 32).



Figura 32 - Instalação do Sistema Unitizado e detalhe do encaixe no perfil. Fonte: Metalica.com.br., 2019.

Seguem abaixo normas nacionais e internacionais sobre aplicações de vidros em Arquitetura:

- NBR ISO CIE 8995: 2013 – Iluminação de ambientes de trabalho;
- ABNT NBR 7199:2016 - Vidros na construção civil - Projeto, execução e aplicações;
- NBR 15.575: 2010 - Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, mais especificamente a tabela nº 11 da norma:

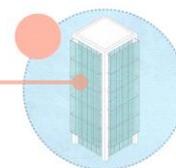
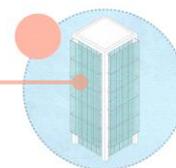


Tabela 11.1 — Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos

Propriedade	Determinação
Condutividade térmica	ASTM C 518 ou ASTM C 177 ou ISO 8302
Calor específico	Medição ASTM C 351 – 92b
Densidade de massa aparente	1.1 Medição conforme método de ensaio preferencialmente normalizado, específico para o material
Emissividade	Medição JIS A 1423/ ASTM C1371 - 04a
Absortância à radiação solar	Medição ANSI/ASHRAE 74/88 ASTM E1918-06, ASTM E903-96
Resistência ou transmitância térmica de elementos	Medição conforme ABNT NBR 6488 ou cálculo conforme ABNT NBR 15220-2, tomando-se por base valores de condutividade térmica medidos ASTM E903-96
Características fotoenergética (vidros)	EN 410 – 1998/ EN 12898

- NBR15220-4 - Desempenho térmico de edificações - Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida, ABNT, 2005;
- NBR15220-5 - Desempenho térmico de edificações - Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico, ABNT, 2005;
- NBR15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações, ABNT, 2005;
- NBR 10821 – Norma de esquadrias;
- NBR 16023 - Vidros de controle solar;
- NBR 7199: 1989 – Projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil;
- ISO 15099. Thermal performance of windows, doors and shading devices – Detailed calculations, 2003. – Cálculo do Fator Solar com o conjunto completo da janela – Compatível com o programa WINDOW;
- NRFC 200 – Procedure for Determining Fenestration Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence, NFRC, 2004. Condições ambientais de referência para situação de verão ou inverno;
- A emissividade hemisférica para materiais vítreos pode ser determinada através da ASTM E1585-93 e da EN 12898, conforme recomendado pela ISO 15099.
- ISO 9050: 2003 – Glass in building – Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultravioleta transmittance and related glazing factors, 2003;



- ASTM E 1585-93. Standard Test Method for Measuring and Calculating Emittance of Architectural Flat Glass Products Using Spectrometric Measurements, 2002;
- EN 410. Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing. 1998;
- EN 12898, Glass in building — Determination of the emissivity, 2003.
- Normas UNE 12543 e ABNT/CB37 NBR 14697.

Marinoski e Lamberts (2008) recomendam que os materiais vítreos testados tenham suas propriedades medidas e padronizadas ao formato da IGDB (*International Glazing Database*), pois contribui para a utilização destes materiais em softwares como WINDOW, OPTICS, ENERGYPLUS.

3.4 Características de desempenho do vidro

Na especificação, é importante verificar junto ao fabricante aos fatores visíveis de cada tipo de vidro, e características térmicas de absorção, transmitância, coeficiente de sombra, fator solar, passagem de UV, entre outros, conforme pode ser visualizado abaixo (Quadro 6).

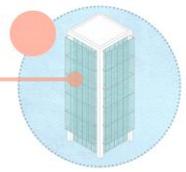
DADOS DE VIDROS MONOLÍTICOS

Aparência	Produto	Substrato do Vidro	Fatores Visíveis			NFRC 100-2004 e NFRC 200-2004						
			Transmissão Luminosa %	Reflexão Externa %	Reflexão Interna %	Absorção %	Valor-U (Dia) W/m ² .°C	Coeficiente de Sombra	Fator Solar	Ganho relativo de Calor W/m ²	Luz por Ganho de Calor	UV %
SunGuard® Solar			Face #2						Espessura de 4 mm			
Clear	Neutral 14	on Clear	14	32	40	58	3,53	0,29	25	212	0,57	12
Royal Blue	Royal Blue 20	on Clear	23	20	30	61	4,38	0,42	36	297	0,64	17
Silver	Silver 20	on Clear	19	34	26	54	3,73	0,33	28	235	0,69	18
Silver Blue-Gray	Silver 32	on Clear	32	24	22	52	4,75	0,50	43	351	0,74	34

Quadro 6 - Dados de vidros Monolíticos. Fonte: Adaptado de Guardian, 2010.

O vidro refletivo pode ser fabricado com vidro monolítico, incolor ou colorido, que recebe numa de suas faces uma camada de óxidos ou sais, metálicos ou não. São essas substâncias que conferem ao produto as características de refletividade parcial. A fabricação dos vidros refletivos pode ser realizada por meio de dois processos: o pirolítico ou o em câmara a vácuo.

No processo pirolítico de fabricação, a camada refletiva é aplicada na face superior do vidro monolítico enquanto a placa ainda não esfriou, ou após sofrer novo aquecimento. Como a chapa de vidro está quente e com sua superfície em estado plástico, os óxidos penetram um pouco na superfície e, ao resfriar o vidro, a camada refletiva torna-se resistente (DUARTE, 2004). Nesse método, o desempenho do vidro como filtro solar é mais fraco, ou intermediário.



Geralmente apresenta refletividade externa maior. Por ter uma camada mais resistente, o vidro pirolítico pode ser curvado ou termoendurecido.

Já no processo de câmara a vácuo, a camada refletiva é depositada em câmaras de alto vácuo, por bombardeio iônico e em atmosfera de plasma, depois de o vidro sair da linha de produção e ser resfriado. O resultado são vidros refletivos com melhor desempenho de proteção solar, porém com camada refletiva mais superficial. Esse tipo de vidro não admite a maioria dos beneficiamentos que utilizem calor, aplicados a outros vidros.

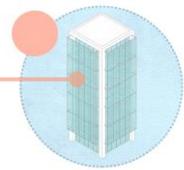
O vidro refletivo pode ser laminado, insulado, serigrafado ou temperado. Porém, são necessários alguns cuidados em situações especiais: os vidros que passam pelo processo a vácuo não podem ser temperados e o processo de serigrafia deve ser feito antes do depósito dos óxidos. Os refletivos pirolíticos podem ser temperados e serigrafados após o processo de pirólise.

É importante, antes de se falar sobre as características de especificação de um vidro refletivo, saber como ocorrem os fenômenos físicos que comandam o desempenho desse produto e como a radiação solar incide sobre as fachadas envidraçadas.

Entre 10 nm e 380 nm estão as radiações ultravioleta (UV), que são invisíveis ao olho humano e têm características benéficas e maléficas. Na faixa entre 380 nm e 780 nm, temos o espectro da luz visível, que, começa nas frequências mais altas do violeta, passa pelo azul e vai pelo verde, amarelo até chegar ao vermelho, passando depois para as radiações no infravermelho (IV), que também são invisíveis e concentram mais calor. A radiação solar é composta por 3% de UV, 42% de luz visível e 55% de IV.

Ao atingir uma placa de vidro a radiação se divide da seguinte forma: parte atravessa o vidro, penetrando no ambiente interno; parte é refletida para fora; e um terceiro percentual é absorvido pelo vidro, que se aquece e redistribui essa energia, devolvendo parte para o exterior e parte para o interior. Conclui-se que a quantidade total de radiação que passa para o interior é o percentual de transmissão direta mais a parte da energia absorvida pelo vidro que foi devolvida para o lado interno.

A combinação entre os percentuais de radiação transmitida, refletida e absorvida definem o desempenho fotoenergético do vidro; o desempenho é o balanço entre a transmissão de luz direta e o bloqueio de calor. Este balanço ocorre para cada comprimento de onda e vai muito além de simples cálculos. Não é simples mensurar ou quantificar os valores fotoenergéticos, porém existem alguns coeficientes que definem seus índices. O balanço a



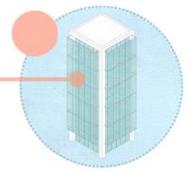
considerar, na realidade, ocorre entre os percentuais de radiação, em todos os comprimentos de onda.

No entanto, para a análise de um vidro da construção civil, são de grande interesse os valores relativos à luz visível. Por essa razão, alguns dos coeficientes analisados se referem à radiação luminosa e outros à radiação em todo o espectro. Os fabricantes geralmente fornecem os seguintes coeficientes: Transmissão luminosa direta (TL), Refletividade luminosa externa (Re), Refletividade luminosa interna (Ri), Absorção de energia pelo vidro (AE), Fator solar (FS), Coeficiente de sombreamento (CS), Valor U (U).

No balanço fotoenergético, a dificuldade está em encontrar o equilíbrio entre a quantidade de luz e de calor transmitida para dentro do ambiente e a refletida internamente. Assim se a quantidade de luz direta transmitida for diminuída, haverá escurecimento do ambiente interno, exigindo-se mais energia para iluminação artificial.

O vidro refletivo reflete para o lado onde há mais luz. Isso significa que durante o dia a reflexão é externa e durante a noite é interna, e se é excessiva o resultado pode ser desagradável. Um dado importante é que, na maioria dos casos, os vidros considerados de alto desempenho, como os de controle solar, apresentam coeficiente de refletividade interna (Ri) superior ao de refletividade externa (Re). Ou seja, se o arquiteto aceita ou deseja um vidro mais refletivo externamente, terá também maior refletividade internamente. Quanto à refletividade, é possível classificar os vidros da seguinte maneira: alta reflexão – $Re \geq 25\%$; média reflexão – $25\% < Re \geq 15\%$; baixa reflexão – $Re < 15\%$.

Os vidros coloridos refletivos tendem a enfatizar a refletividade interna, obrigando a uma revisão dos valores fotoenergéticos. Portanto, é importante considerar também o efeito da cor do vidro. Pode-se obter um vidro colorido refletivo de três maneiras. A primeira é aplicando uma camada refletiva na face 2 do vidro monolítico incolor, que reflita uma cor (verde, azul, dourado). A segunda ocorre com a aplicação de uma camada refletiva neutra - geralmente o prata neutro na face 2 de um vidro monolítico colorido na massa. Nesse caso, a luz refletida adquire a cor da massa do vidro, podendo ser verde, bronze, cinza entre outras variações. A terceira e última maneira é aplicar a camada refletiva neutra na face 3 de um vidro laminado e colocar um filme colorido de PVB. A utilização de vidros coloridos influencia a cor refletida e altera o desempenho fototérmico do vidro refletivo, reduzindo a transmissão de luz direta, melhorando o fator solar e piorando a absorção de calor, porque aumenta a absorção de energia pelo vidro.



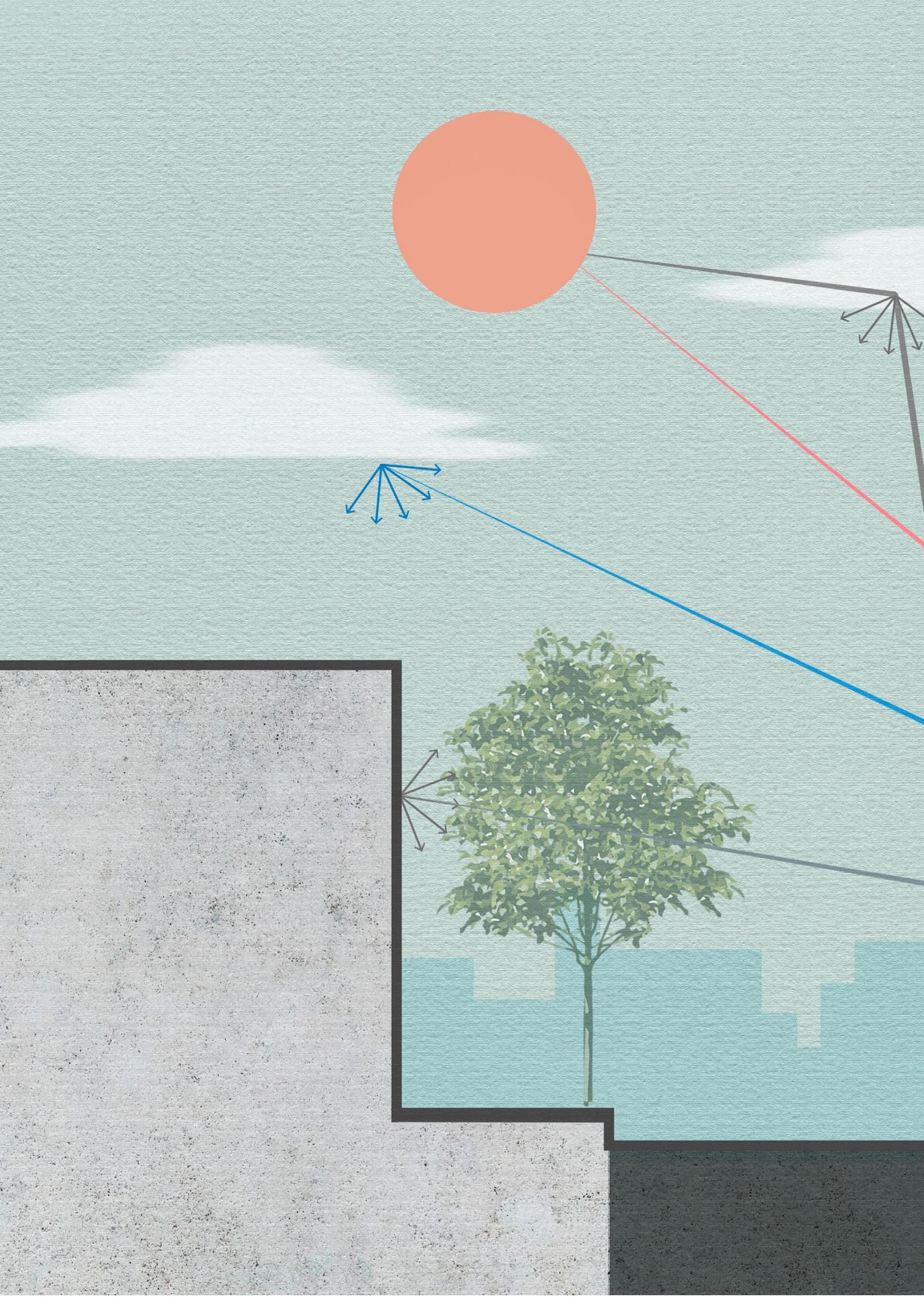
Para especificar um vidro refletivo que atenda às necessidades dos usuários deve ser priorizado o desempenho conforme os requisitos de conforto luminoso, térmico, acústico e economia de energia. É preciso considerar o nível adequado de iluminação e determinar o bloqueio possível das radiações que mais conduzem o calor. O bloqueio de calor também implica em redução da luz visível. A expectativa plástica da aparência, da cor e do acabamento são assim subordinados ao seu desempenho. Por exemplo, a reflexão interna do vidro refletivo pode apresentar uma forte cor antiestética resultado das substâncias aplicadas em sua superfície.

Em regiões tropicais, de alta radiação solar, devem-se verificar os diferentes ângulos de incidência bem como o período de maior insolação. Nas zonas mais próximas à latitude zero equatorial, é importante um maior bloqueio da radiação do que em latitudes mais afastadas como nos limites dos trópicos. De modo geral, é vantajoso haver incidência de luz natural para garantir iluminação confortável no ambiente interno, sem excessos.

3.5 Riscos de Quebras Térmicas

Na especificação do vidro, é importante considerar se ele ficará parcialmente sombreado, caso as bordas forem resfriadas e a região central aquecida, o estresse térmico pode causar a quebra térmica do vidro. A principal causa de quebras térmicas é uma diferença que se desenvolve entre a temperatura da borda e a do centro do vidro. De acordo com o fabricante (GUARDIAN, 2010) não é recomendada a utilização de proteções solares que sombreiem parte das peças de vidro. Essa característica é um fator limitador da tecnologia do vidro, uma vez que fica inviável a utilização de sistemas combinados na envoltória. O risco é maior para vidros que absorvam calor, tais como vidro colorido ou refletivo.

Não há dúvida de que o vidro é um componente essencial das fachadas de edifícios, e é muito bom em fazer certas coisas, como deixar entrar a luz do sol e a radiação solar e proteger do vento e da chuva. No entanto, o vidro convencional funciona terrivelmente quando se trata de controlar o ganho e a perda de calor e manter os corpos confortáveis contra os extremos de temperatura.



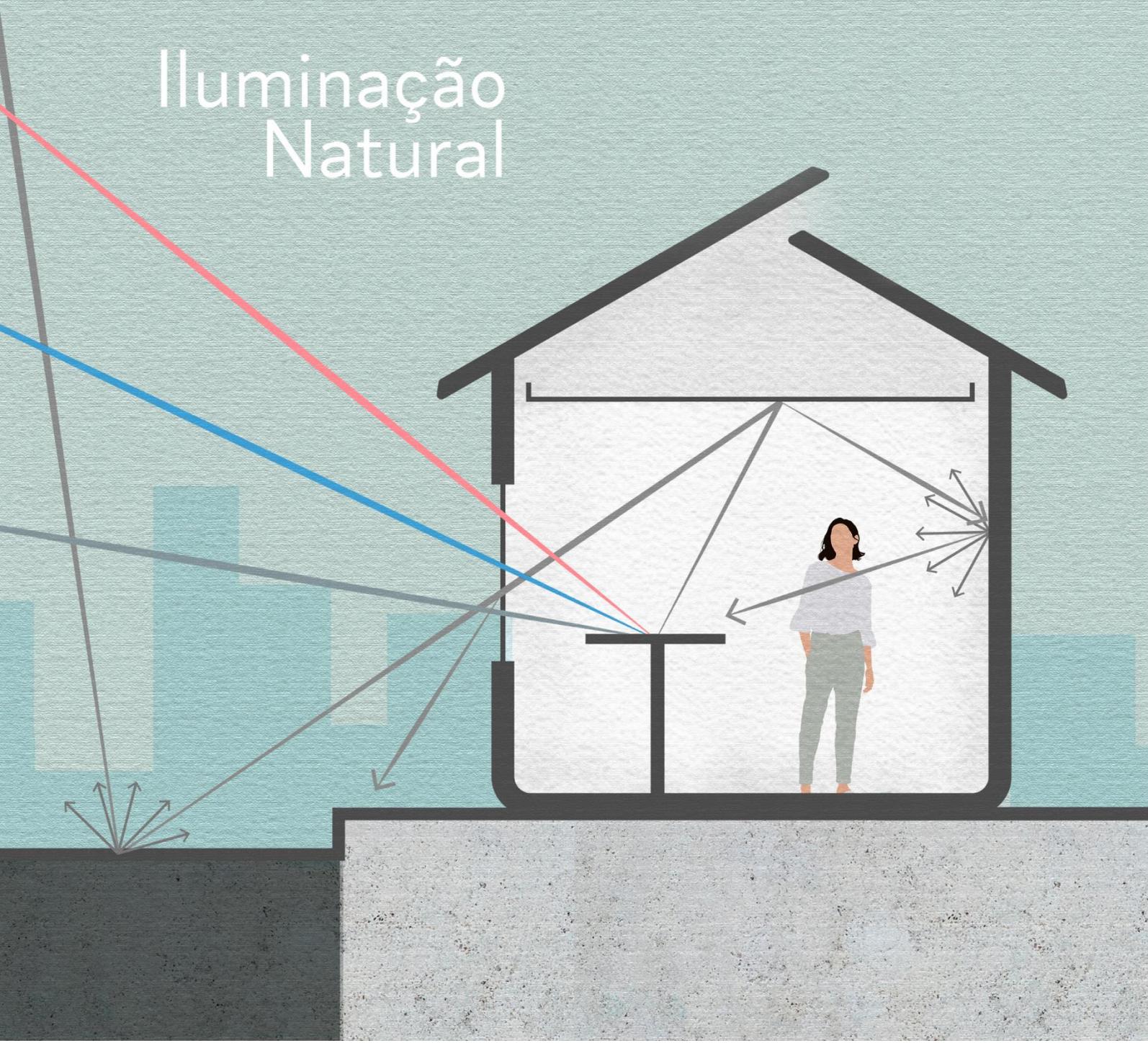
SEÇÃO IV

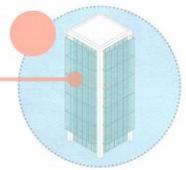
SEÇÃO 4

LUZ NATURAL REFLETIDA DO ENTORNO EM FACHADA DE VIDRO

“A proteção das aberturas externas torna-se imprescindível nos trópicos, para a criação de ambientes amenos e a redução dos consumos de energia com refrigeração e iluminação artificiais”. (HOLANDA, 1976)

Iluminação
Natural





4.1 Efeito de entorno urbano especular de diferentes geometrias na iluminação natural de um ambiente da cidade tropical de Maceió-AL.

Para a identificação do impacto da luz natural refletida de diferentes fachadas de vidro do entorno urbano na iluminação interna foram adotados cenários hipotéticos de formas de edifícios dentro do campo visual do vizinho. O estudo partiu da relação entre um tamanho de via de 12m (Art. 94 p. 32), e um edifício com altura que permite 8 pavimentos, dentro do limite máximo do Código de Urbanismo (MACEIÓ, 2007) recorrente na área mais baixa da cidade (Zona ZR-4 UR-4 e 5 p. 143) influenciada pelo Cone do Farol da Marinha (Figura 33) da cidade de Maceió-AL. Importante destacar que hoje esse é o padrão de edifícios na zona supracitada, com alteração prevista no Plano Diretor que está sendo revisado.

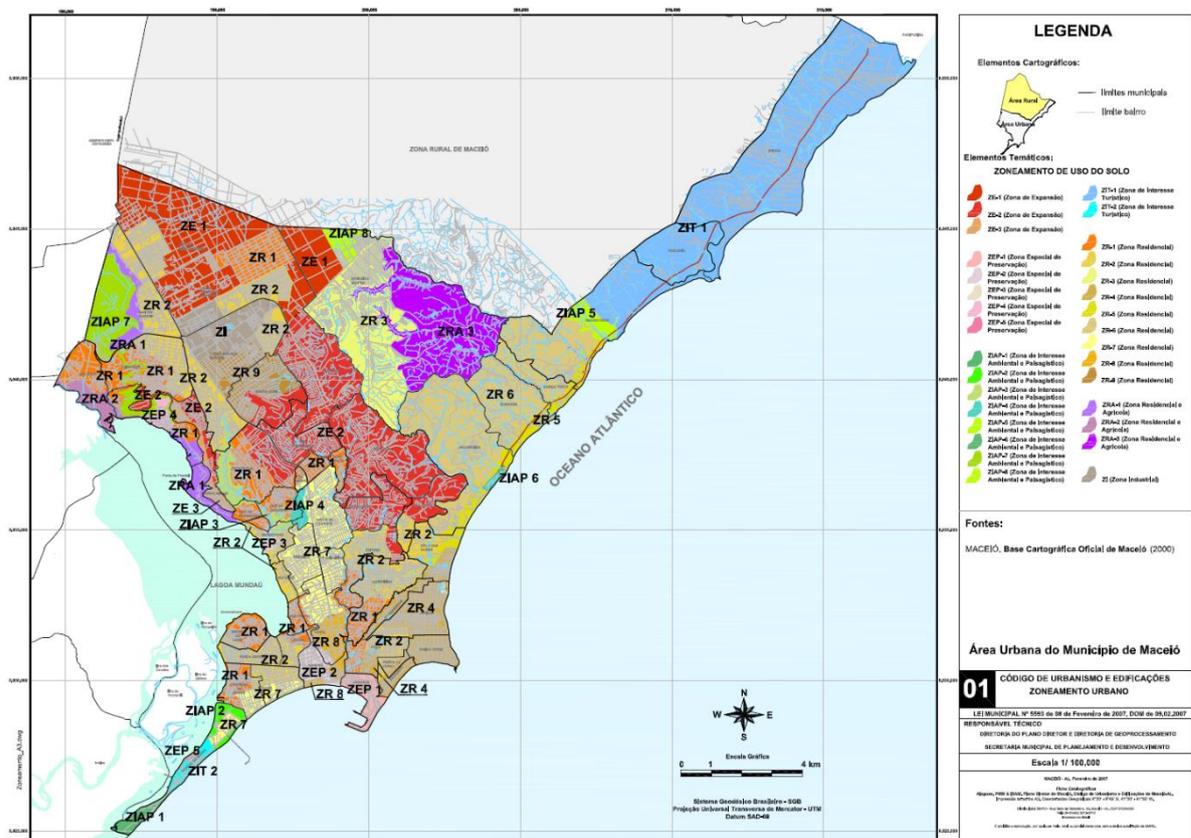
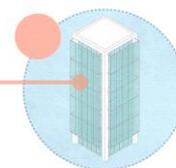


Figura 33 - Zoneamento Urbano de Maceió. Fonte: PMM, 2007.

Os principais condicionantes urbanos e ambientais que definiram a elaboração do atual código urbano de Maceió foram: o cone do farol da marinha, o sombreamento dos logradouros, direito ao sol, diferenças de nível da topografia local, densidade e infraestrutura. O farol de auxílio à navegação localiza-se em território militar, no bairro do Jacintinho, a uma cota de 55m em relação ao nível do mar. Sua distância horizontal à linha da costa é variável devido aos



recortes do litoral. O mapa contendo o cone do farol e a área coberta é apresentado na Figura 34 em seguida (MARTINS, 2010; CRUZ, 2001).

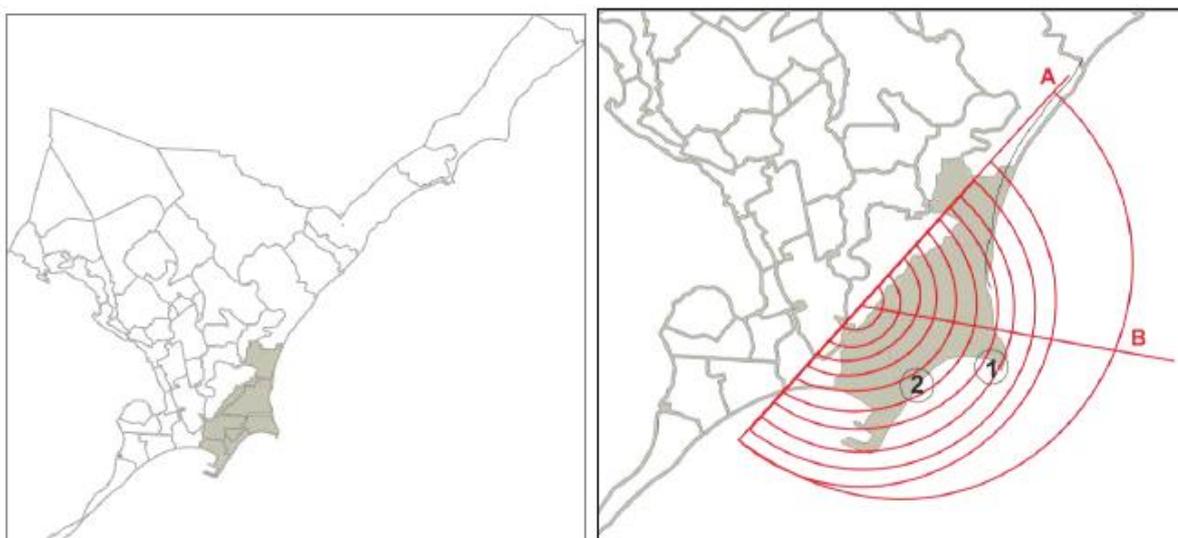


Figura 34 - Desenho Esquemático do cone do farol de auxílio à navegação. Fonte: Martins, 2010.

O código define a altura limite através do número de pavimentos, e este número define o valor dos recuos progressivos exigidos para limitar a altura construída em algumas zonas urbanas (ver Tabela 1). Na tabela seguem as fórmulas baseadas no número de pavimentos representado pela letra *n*.

Tabela 1 - Fórmulas para Cálculo dos recuos progressivos em edifícios verticais.

	FRONTAL	FUNDOS	LATERAL
Fórmulas para cálculo dos recuos mínimos obrigatórios	$5 + \left(\frac{n-2}{2}\right)$	$3 + \left(\frac{n-2}{2}\right)$	$1,5 + \left(\frac{n-2}{2}\right)$
n: Número de pavimentos Obs. é permitido avançar 1,00 m nos recuos frontal e fundos e 0,5 m nas laterais a partir do primeiro andar.			

Fonte: Maceió, 2007.

De acordo com Martins (2010), a Taxa de Ocupação e o Coeficiente de Aproveitamento são dois itens fundamentais na definição do perfil morfológico de ocupação da malha urbana. No código de urbanismo e edificação de Maceió, a relação entre a taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento é estabelecida de forma a condicionar o número de pavimentos a um percentual de ocupação da área do lote. Por exemplo, a taxa de ocupação máxima é fixada em 50% da área do lote para as UR-4 e 5, e o coeficiente de aproveitamento é estabelecido em até 4 vezes a área desse lote. Observa-se que para ocupar a máxima área permitida do lote, o edifício comportaria no máximo 8 pavimento (ver Figura 35 abaixo).

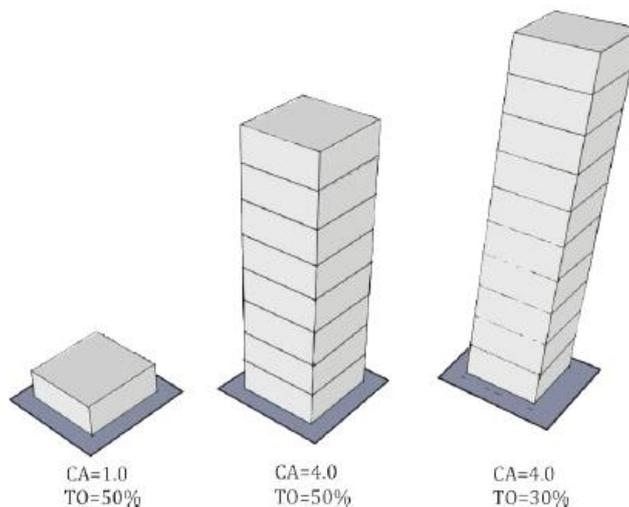
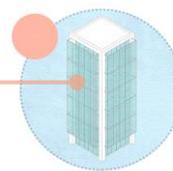


Figura 35 - Croqui esquemático mostrando a definição do parâmetro taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento. Fonte: Martins, 2010.

Para a escolha do ambiente de simulação e local do ponto de medição também é importante verificar a escolha do pavimento de simulação. Como pode ser observado, o estudo de Mayhoub (2012) representa a penetração da luz do sol direta em diferentes pavimentos de um prédio obstruído pela construção frontal.

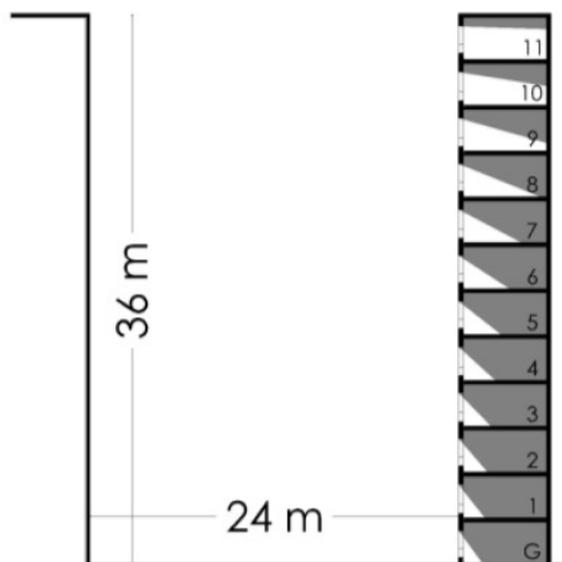
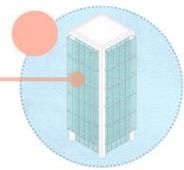


Figura 36 - Máxima exposição ao sol direto por pavimento. Fonte: Mayoub (2012)

4.2 Métodos e Métricas de Iluminação Natural

Para realizar os estudos de forma paramétrica, a simulação computacional foi escolhida por permitir a seleção e a combinação de inúmeros parâmetros hipotéticos, uma vez que não existem exemplares exatamente na mesma formatação para uma análise comparativa por meio de medição no mundo real. Algum parâmetro pouco diferente do modelo perfeito para

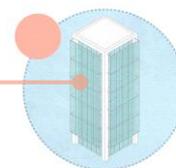


comparação pode influenciar os resultados. É importante a análise de cenários preditivos para a formulação de diretrizes. Outro fator importante é a possibilidade de ter acesso a dados anuais e horários de iluminâncias com um tempo de retorno rápido, sem intercorrências que o meio urbano possa apresentar. A precisão na combinação de todos esses fatores é favorável à adoção de programa computacional como instrumento de obtenção dos dados para análises e possibilidade de controle dos fatores no ambiente virtual.

Dessa forma, para as simulações computacionais foi escolhido o programa TropLux 7 (CABUS, 2015) porque utiliza métodos de cálculo validados com algoritmos apropriados ao estudo da iluminação natural em qualquer ponto do planeta, com destaque para os trópicos. É possível escolher uma diversidade de tipos de céu, do nublado, parcialmente encoberto ao claro, bem como Céu de Distribuição Dinâmica de Luminâncias baseado em arquivos climáticos. Outra característica diferenciada da ferramenta é a possibilidade de quantificar a reflexão das superfícies em difusa e/ou especular, fundamental para a análise desse trabalho com fachadas de vidro, especulares. Já em outros softwares, muitos dos cálculos de iluminação se detém ao estudo de superfícies apenas lambertianas (perfeitamente difusas) muitas vezes por limitações operacionais a exemplo do tempo de processamento.

O TropLux foi criado pelo professor Ricardo Cabús em 2002 pela necessidade de ferramenta de simulação adaptada aos trópicos durante o desenvolvimento da sua tese na *University of Sheffield* com orientação do renomado professor Peter Tregenza. Ao longo dos anos, o programa continua sendo atualizado e aprimorado pelo Grupo de Pesquisa em Iluminação – GRILU situado no Laboratório de Simulação em Conforto Ambiental e Eficiência Energética – LabSica da Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Tem sido utilizado para o desenvolvimento de teses, dissertações, pesquisas nacionais e internacionais publicadas em diversos meios. O código de programação do TropLux foi desenvolvido em MatLab e utiliza seus módulos de interface gráfica para gerar um ambiente de trabalho acessível ao usuário.

A construção de modelos tridimensionais pode ser rápida, sendo uma ferramenta precisa no processamento de valores de iluminância em um ponto ou plano espacial. Após a modelagem, no processamento, o TropLux calcula a iluminância usando o método do raio traçado invertido (*backward ray-tracing*) em conjunto com o método Monte Carlo (CABÚS, 2004). A partir dos Coeficientes de Luz Natural (CLN), são processadas as componentes diretas e refletidas. Esses recursos são utilizados para avaliar as parcelas de contribuição da iluminação natural em ambientes.



O programa traz configurados os dados da latitude, da longitude e do meridiano padrão para a situação da cidade de Maceió, entre outras, tais valores respectivamente $9^{\circ}40'S$, $35^{\circ}44'O$ e -45° . Como sugere Cabús (2004), foi adotada uma margem de erro estatístico de 5%. Este erro é calculado para a componente refletida integralizada para toda a abóbada celeste. Assim, a subdivisão do céu detalhada é processada, deixando a iluminância mais precisa.

A avaliação quantitativa da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno foi realizada através dos parâmetros de referência da IULN (Iluminância Útil de Luz Natural) proposta por Nabil e Mardaljevic (2006), com o menor valor do intervalo baseado em exigência da norma ABNT ISSO/CIE 8995 (2013). Assim a iluminância normativa deve ter o valor dentro do intervalo $500 \text{ lx} \leq \text{IULN} < 2000 \text{ lx}$, porém considerando a experiência de pesquisa na área, foi abordado qualitativamente o intervalo como um parâmetro rígido podendo em muitos casos ser extrapolado. Seguem as métricas na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Métricas de Análise

INDICADORES DE PERFORMANCE	MÉTODO	REFERÊNCIA
1	ILUMINÂNCIA NO PLANO DE TRABALHO	
$500 \text{ lx} \leq \text{IULN} < 2000 \text{ lx}$	Simulação TropLux	(CABÚS, 2014) – Ray-tracing e Monte Carlo; (NABIL E MARDALJEVIC, 2006) Iluminância Útil de Luz Natural – IULN; (ABNT ISSO/CIE 8995, 2013) – Níveis de iluminâncias.
3	UNIFORMIDADE DA ILUMINÂNCIA NO PLANO DE TRABALHO	
$E_{\min}/E_{\max} > 0,5$	Aceitável	(DUBOIS, 2003)
$E_{\min}/E_{\max} > 0,7$	Preferível	(ABNT ISSO/CIE 8995, 2013)

Fonte: A autora

4.3 Modelagem dos estudos

O cânion é um cenário muito comum nas grandes cidades em que o adensamento de edifícios cria um ambiente de comportamento diferenciado em relação aos fenômenos atmosféricos naturais, muito utilizado como parâmetro de análise por OKE (1988). O modelo definido com base nas características da área escolhida de Maceió, pode ser classificado em $H=2L$ (razão entre a altura e largura), ou seja, para a largura da via de $L=12\text{m}$ (pista e passeios) e um prédio de $H=24\text{m}$ de altura (8 pavimentos) definidas anteriormente, como representado esquematicamente em planta e corte em seguida (Figura 37).

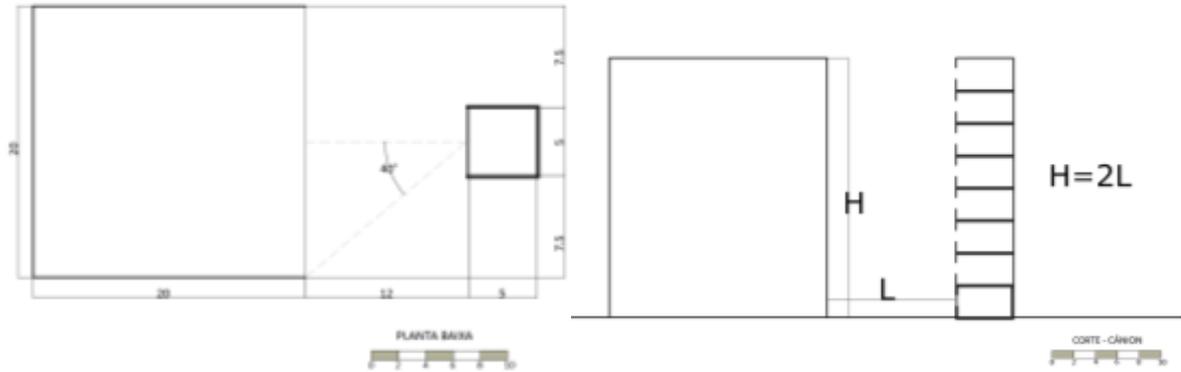
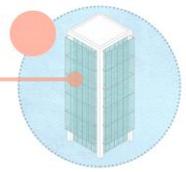


Figura 37 - Esquema do cânion estudado. Fonte: A autora.

A verificação da metodologia foi realizada em um cenário de vizinhança urbano hipotético. As formas escolhidas para simulação da fachada de vidro do entorno frontal foram: 1) superfície paralela, 2) rotacionada em 45° , 3) côncava e 4) convexa, dando preferência às variações na seção horizontal para que fosse analisado o fator forma e influência nos resultados com menor interferência do céu e do solo nos resultados. As geometrias criadas, dois tipos de fachadas planas e dois tipos de fachadas curvas, servem para comparar situações diferentes de reflexão da fachada de vidro do entorno frontal ao plano da janela do ambiente interior vizinho (Figura 38).

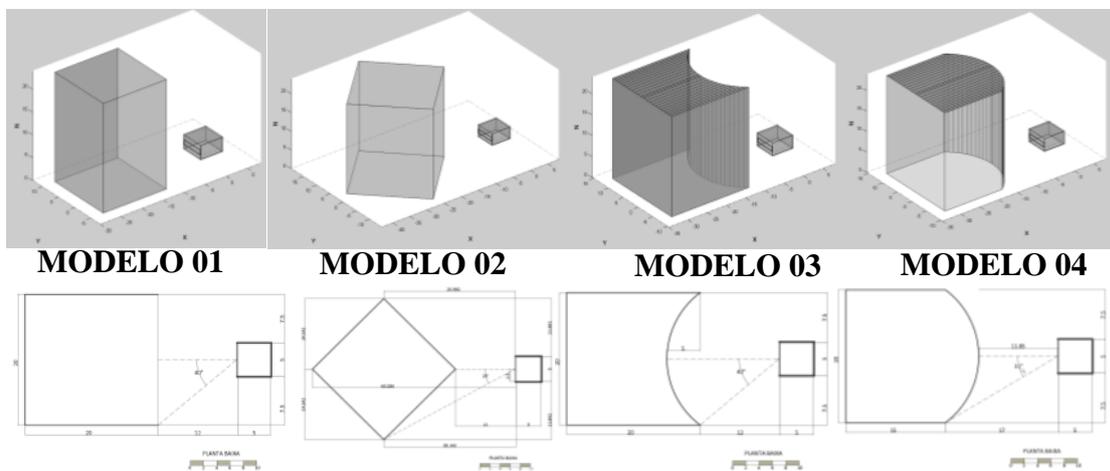
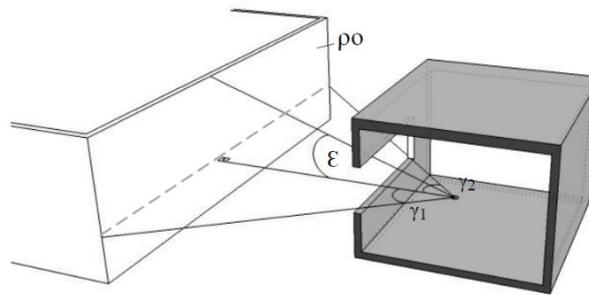
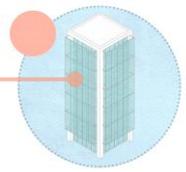


Figura 38 - Modelos de entorno estudados. Fonte: A autora.

Ao mesmo tempo em que a edificação frontal é considerada obstruidora do céu (ϵ) no caso da fachada de vidro, desempenha o papel de refletora da luz que vem da orientação oposta. Dessa forma, a fachada, pode ser caracterizada pela sua refletância média (ρ_0) e pelo ângulo sólido do ponto considerado: formado pelos ângulos na horizontal (γ^1 e γ^2) e na vertical (ϵ). Os ângulos de obstrução irão variar com a distância do obstáculo e com o ponto de medição. Assim, a vista direta do céu pode ser acessada acima ou pelas laterais da edificação vizinha (LIMA, 2015; MAJOROS, 1998) bem como a vista do céu refletida.



Ângulos de obstrução. Fonte: Lima, 2015.

De um modo geral, os parâmetros da Sala de estudo foram configurados com dimensões de 5m x 5m x 3m, Área de 25m², pé-direito de 3m. As refletâncias foram no Piso – 0,3, na Parede – 0,6 e no Teto – 0,7. As refletâncias externas foram padrão 0,5 para planos verticais e 0,2 para planos horizontais. A diferença está nas características difusa e especular. A malha de pontos de simulação foi representada de acordo com a NBR ISO/CIE 8995 (Figura 39). A distribuição e o número de pontos de medição são realizados conforme determinação da ABNT ISO/CIE 8995 (2013) que se baseia no tamanho e na forma da superfície de referência. As simulações foram realizadas todos os dias do ano das 8h às 16h. O plano utilizado para o cálculo de iluminâncias foi o plano de trabalho a 0,75m de altura.

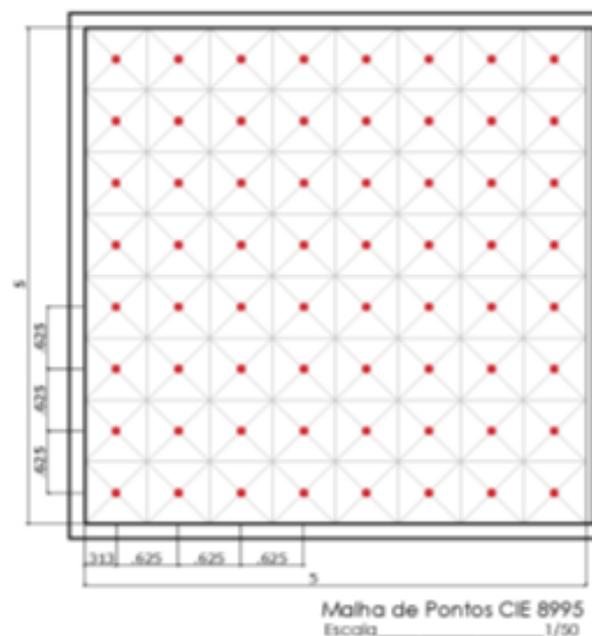
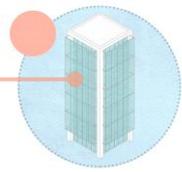


Figura 39 – Malha de pontos CIE para a simulação. Fonte: A autora.

Foram simuladas todas as orientações: Norte, Sul, Leste, Oeste, para a janela padrão do programa, com 36% de abertura em vidro comum. Os demais planos internos do edifício do



entorno foram considerados com refletância zero, para reduzir o tempo de processamento gasto com simulação desnecessária do raio que passa pela fachada de vidro do vizinho

4.4 Resultados e Análises

As simulações realizadas no TropLux 7.3.2 incluíram os quatro modelos diferentes de geometria para análise de luz natural refletida de fachada de vidro em ambiente interno frontal. Os dados obtidos foram transferidos para planilhas com o objetivo de relacionar os parâmetros, organizar os resultados em tabelas e gráficos que serão apresentados seguidamente. A partir dos resultados sistematizados, seguem as análises comparativas dos dados obtidos para orientação, variação de tipo de céu verificando os resultados para iluminância, índices de distribuição e quantidade de luz.

Variando a orientação

Abaixo seguem iluminâncias e suas variações em relação à orientação da janela do ambiente, que correspondem aos azimutes 180° (NORTE), 0° (SUL), 270° (LESTE) e 90° (OESTE) e a fachada de vidro nas orientações opostas Sul, Norte, Oeste e Leste (Figura 40). Os valores dos gráficos correspondem à iluminância global do dia 22 de cada mês às 14h, para céu claro 15. Tais parâmetros foram escolhidos entre os resultados por representarem os valores mais altos no geral.

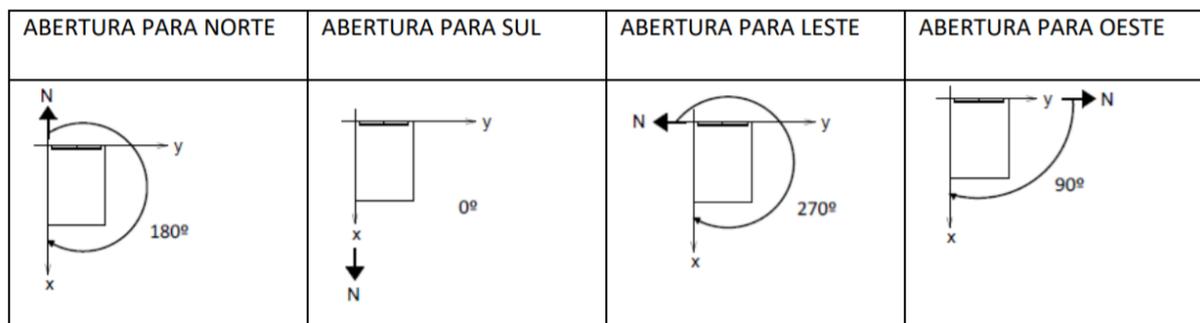


Figura 40 - Orientações e respectivos azimutes representados. Fonte: LARANJA et al, 2016.

A orientação norte e a oeste possuem as maiores iluminâncias nos 4 modelos durante o ano (Figura 40). As orientação norte e oeste possuem os maiores iluminâncias nos quatro modelos durante o ano, ultrapassando o limite de 2000lx indicados das IULN para o plano de trabalho. Nas orientações sul e leste os valores ficam dentro do intervalo das iluminâncias.

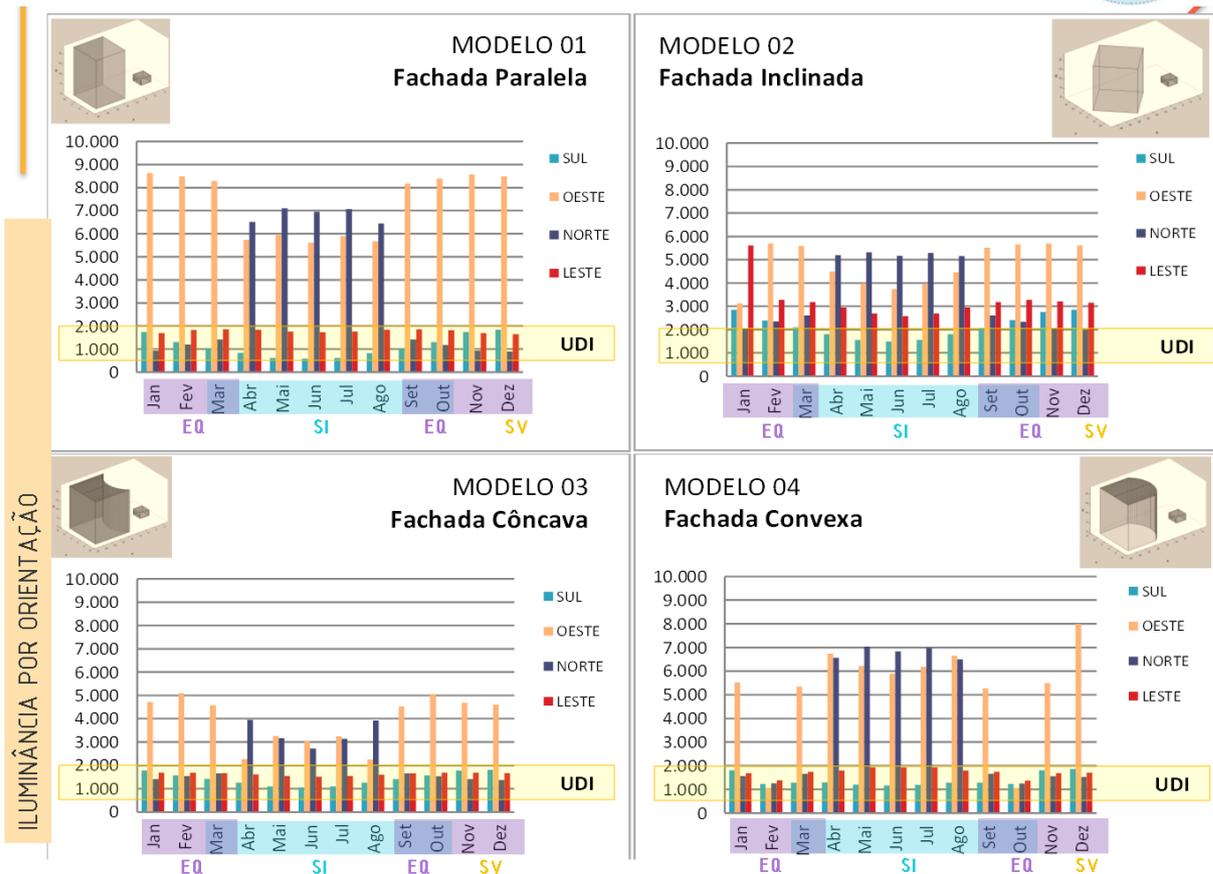
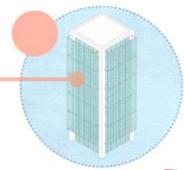


Figura 41 - Iluminância anual dos quatro modelos de geometria por orientação. Fonte: A autora.

A diferença geométrica tem forte influência nos resultados, uma vez que a fachada assume forma prismática, curva ou convexa, a área da superfície de reflexão aumenta. A discretização da curva escolhida foi para cada seção de vidro com largura de 1m, a partir de um círculo dividido em 78 segmentos.

O Modelo 02 tem duas faces oblíquas contra uma face paralela do Modelo 01. No Modelo 03 a geometria côncava está refletida nos resultados e no Modelo 04 a face convexa espalha os raios para fora do campo de visão.

Variando o tipo de céu

É importante destacar que o céu claro 15 atingiu os maiores valores de iluminância ao longo do ano, porém o céu parcialmente encoberto 10 segue nos quatro modelos com maior uniformidade de iluminação ao longo do ano (Figura 42).

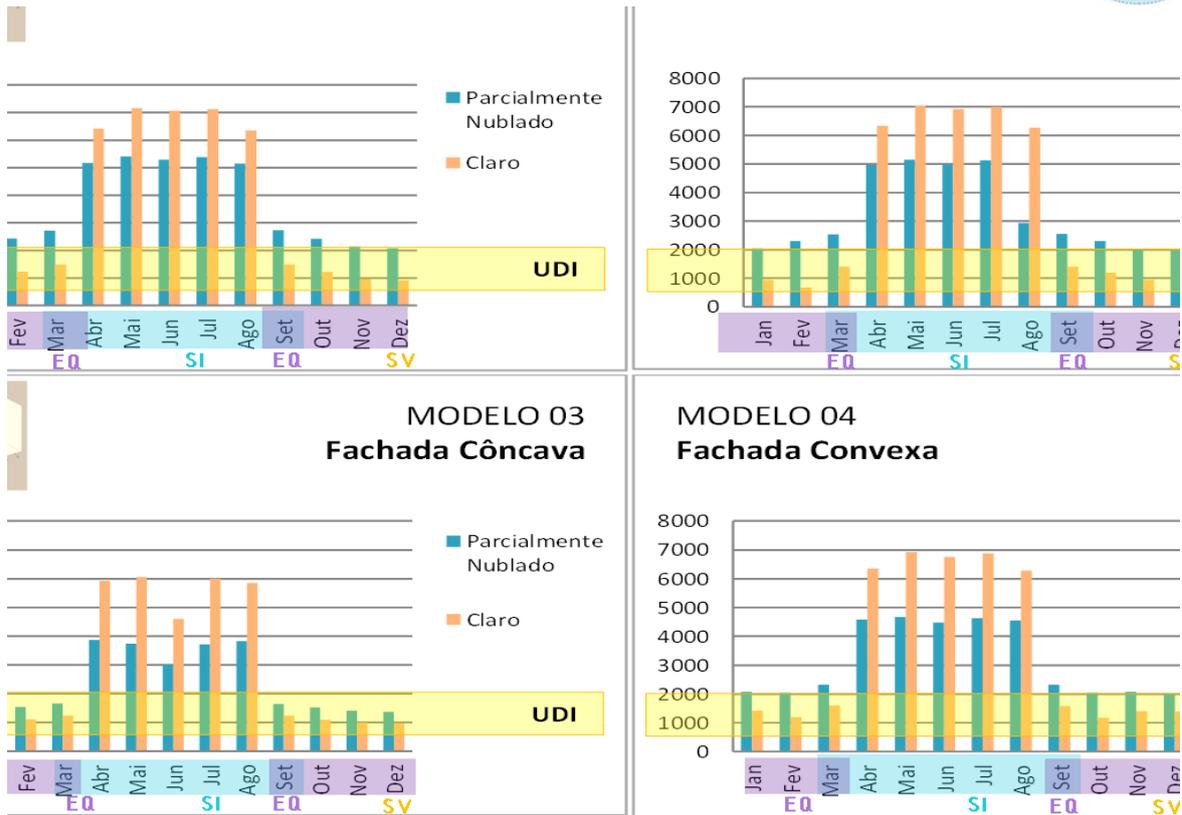
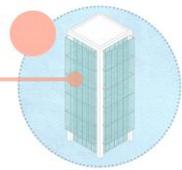


Figura 42 - Iluminância anual por tipo de céu para quatro modelos de Geometria. Fonte: A autora.

Nas Curvas de Isoiluminância

A distribuição das iluminâncias no plano de trabalho representada nas curvas de isoiluminâncias abaixo demonstra claramente a presença de sol direto nas proximidades da janela (eixo Y), com valores muito altos acima do intervalo recomendado da UDI (Figura 43). Também é possível visualizar que o modelo 3 possui maior redução de iluminação com relação às outras geometrias. O modelo 04 de fachada apresenta um avanço maior e mais gradual para o interior do ambiente. Já os modelos 01 e 02 tiveram resultados muito semelhantes.

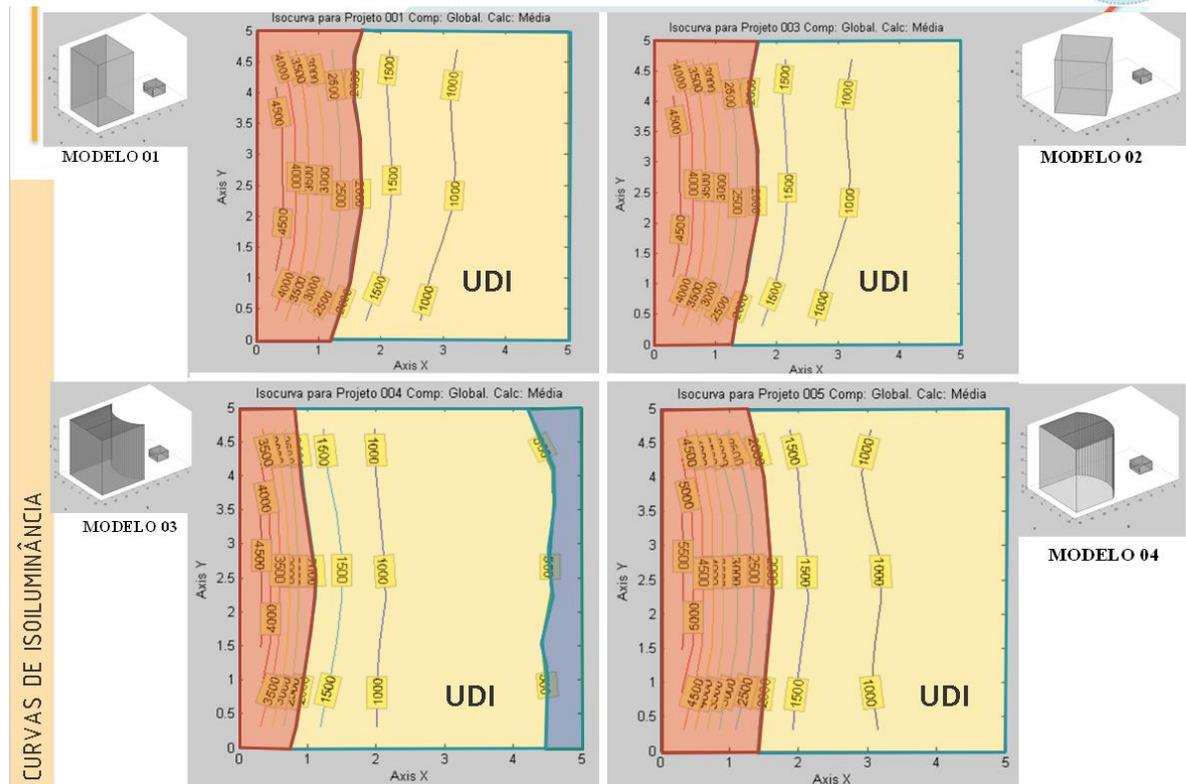
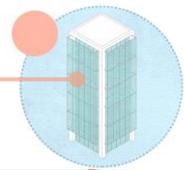
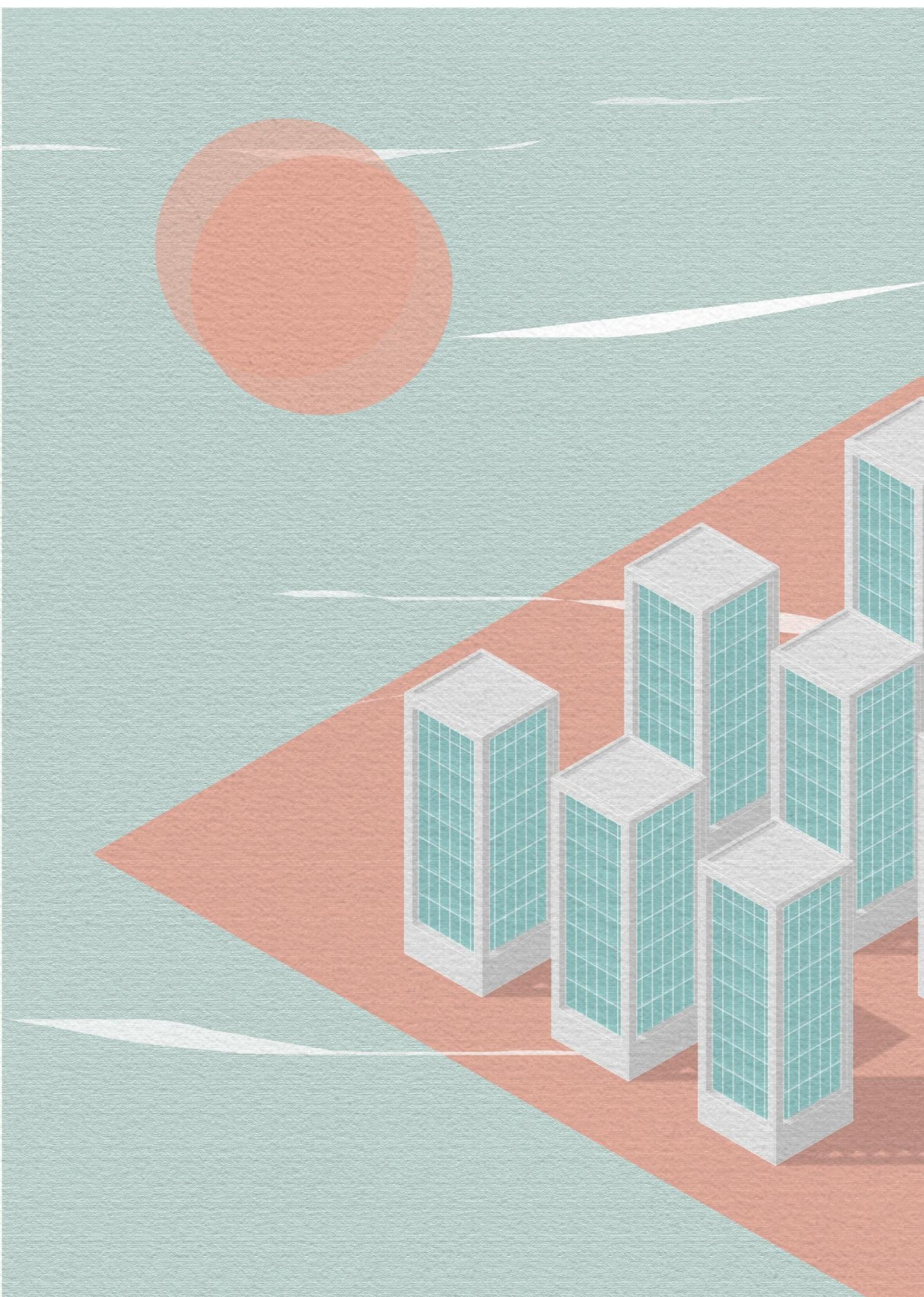


Figura 43 - Distribuição de luz natural para os quatro modelos de fachada vizinha. Fonte: A autora.

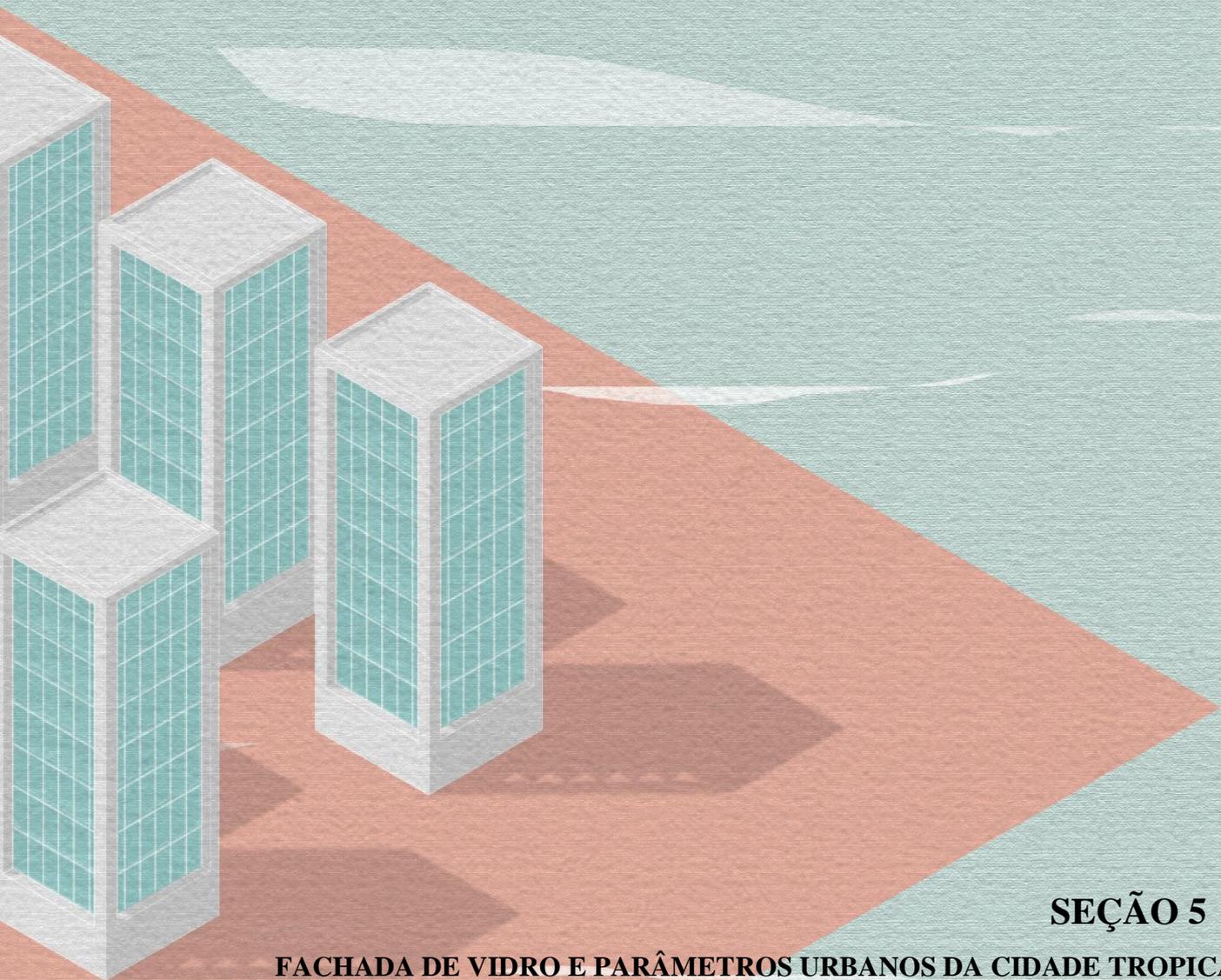
4.4.1 Conclusões

Os resultados obtidos demonstram a necessidade de estudos quantitativos e qualitativos a respeito do entorno urbano, principalmente ao se tratar de vista direta de superfícies especulares. Além de aumentarem a disponibilidade de luz dentro dos ambientes, causam ofuscamento.

As orientações norte e oeste possuem as maiores iluminâncias reforçando o potencial da luz refletida. Como resultados para o céu claro os valores de iluminância foram maiores de abril a agosto. Ao configurar o céu parcialmente nublado os maiores valores foram de setembro a março.



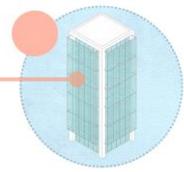
SEÇÃO V



SEÇÃO 5

FACHADA DE VIDRO E PARÂMETROS URBANOS DA CIDADE TROPICAL

“A forma da cidade, os materiais, a densidade das construções urbanas, a largura das ruas, posicionamento de lotes e áreas comuns interagem com os fatores meteorológicos criando o clima urbano de comportamento diferenciado em relação ao meio rural contíguo” (OKE, 1988).



5.1 Variação da luz refletida e transmitida em função do ângulo de incidência em diversos tipos de vidro para fachadas

Para a verificação da influência da fachada em pele de vidro na reflexão da luz natural em arranjos parametrizados de quadra urbana tropical foram realizadas medições da refletividade de vidros variados do mercado da construção civil. Existe uma grande lacuna dos requisitos normativos de todo o mundo, pois levam em conta apenas a quantidade de reflexo do ângulo de incidência a 90° em relação ao vidro da fachada, não controlam, pois, a luz refletida em outros ângulos. As refletâncias foram coletadas nos ângulos de 0 a 90° , bem como a transmitância e espectrometria.

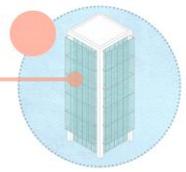
À medida que aumentem as construções de metal brilhante, polidas e vítreas, a luz refletida se tornará um problema maior para as cidades. O alto reflexo das superfícies bloqueia grande parte da luz intensa do sol que atravessaria o material, beneficiando o ambiente interno das construções, porém, do lado de fora os seres vivos e o meio urbano serão seres receptores dessa luz refletida que interage com a vida na cidade.

Para avaliação do impacto da relação entre a iluminação natural interior e a exterior ao edifício é importante conhecer o material vidro e suas propriedades que influenciam no ambiente construído. É necessário ter a quantificação da refletividade, absorção e transmissão para cada ângulo de incidência numa fachada, visto que os fabricantes somente fornecem os dados para o ângulo de incidência normal.

A característica primordial para uso do vidro na arquitetura do clima tropical é deixar passar a luz adequada com menor ganho de calor possível. E no meio urbano, devem ser evitados materiais que absorvem calor e/ou refletem intensamente a luz. Será que existe algum tipo de vidro viável de ser utilizado sem proteção solar nas edificações?

Para responder essa questão foram desenvolvidos modelos paramétricos de quadra urbana para simulações computacionais no TropLux que gera resultados em iluminância sobre as entradas de geometria, materiais, localização e orientação. O software tem uma característica importante para o estudo visto que pode trabalhar com superfícies especulares, através do método raio traçado e Monte Carlo, diferente de outros que consideram apenas as superfícies lambertianas, perfeitamente difusas. Porém os dados existentes contemplam apenas o vidro comum.

O surgimento da parceria com os professores Tereza Araújo e Pedro Santos especializados em óptica experimental do Instituto de Física – IF da UFAL foi uma grande



oportunidade para avanço de lacunas existentes no campo da arquitetura que podem contribuir com a real aplicação desse material em nossas cidades.

5.2 Métodos e Métricas

Inicialmente, os primeiros dados coletados foram de transmissão dos vidros através do Espectrofotômetro de especificação: PerkinElmer – Lambda 1050 UV/VR/NR do laboratório de óptica. Para tal, as 39 amostras de duas marcas do mercado brasileiro de vidro para arquitetura foram adaptadas ao tamanho do equipamento: cortadas em 1 cm x 2 cm, higienizadas, etiquetadas e conservadas em caixas plásticas organizadoras. Cada caixa continha uma marca diferente de vidro, com as amostras armazenadas por célula e depositadas sobre lenços para conservar de arranhões e umidade (Figura 44, Figura 45).



Figura 44 - Amostras de vidros para medições em Espectrofotômetro. Fonte: A autora, 2017.

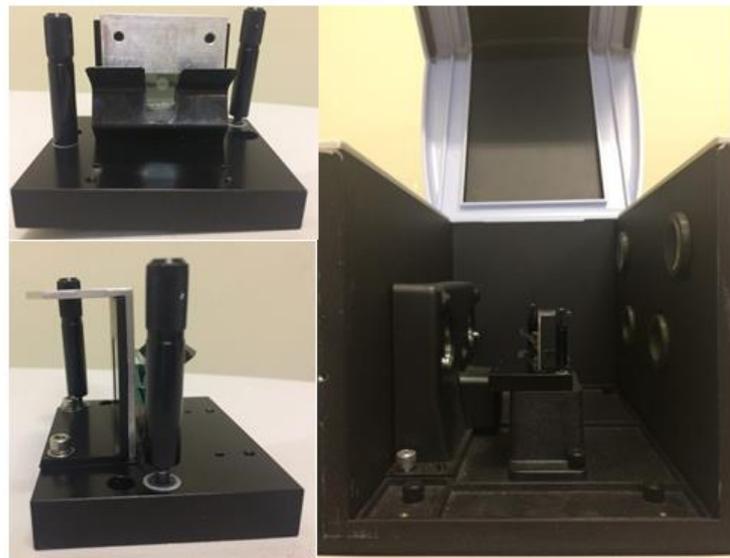
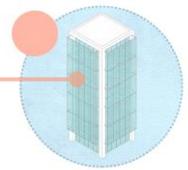


Figura 45 - Ajuste da amostra no suporte e encaixe no Espectrofotômetro PerkinElmer – Lambda 1050 UV/VR/NR. Fonte: A autora, 2017.

Em seguida, os dados fornecidos pelos fabricantes foram formatados em uma tabela com todas as amostras. Fatores Luminosos: Transmissão Luminosa, Reflexão Luminosa



Externa, Reflexão Luminosa Interna; Transmissão Energética (%), Absorção Energética (%), Fator Solar e Coeficiente de Sombreamento.

Para manuseio das informações foi utilizado o software UV Winlab (Figura 46) do fabricante no computador do próprio laboratório para posterior alimentação e análise gráfica no Origin, software de desenvolvimento de análises elementos gráficos. Inicialmente foi realizada a calibração do equipamento sem amostra como referência para comparação das medições com amostras de vidros. O equipamento possui duas fontes luminosas: uma de tungstênio (faixa de leitura 319,3 - 3.300nm) e uma de deutério (faixa de leitura 175 - 319,3nm). O intervalo de comprimento de onda escolhido foi de 200 a 1100nm. Em dezembro de 2017 foram realizadas as medições.

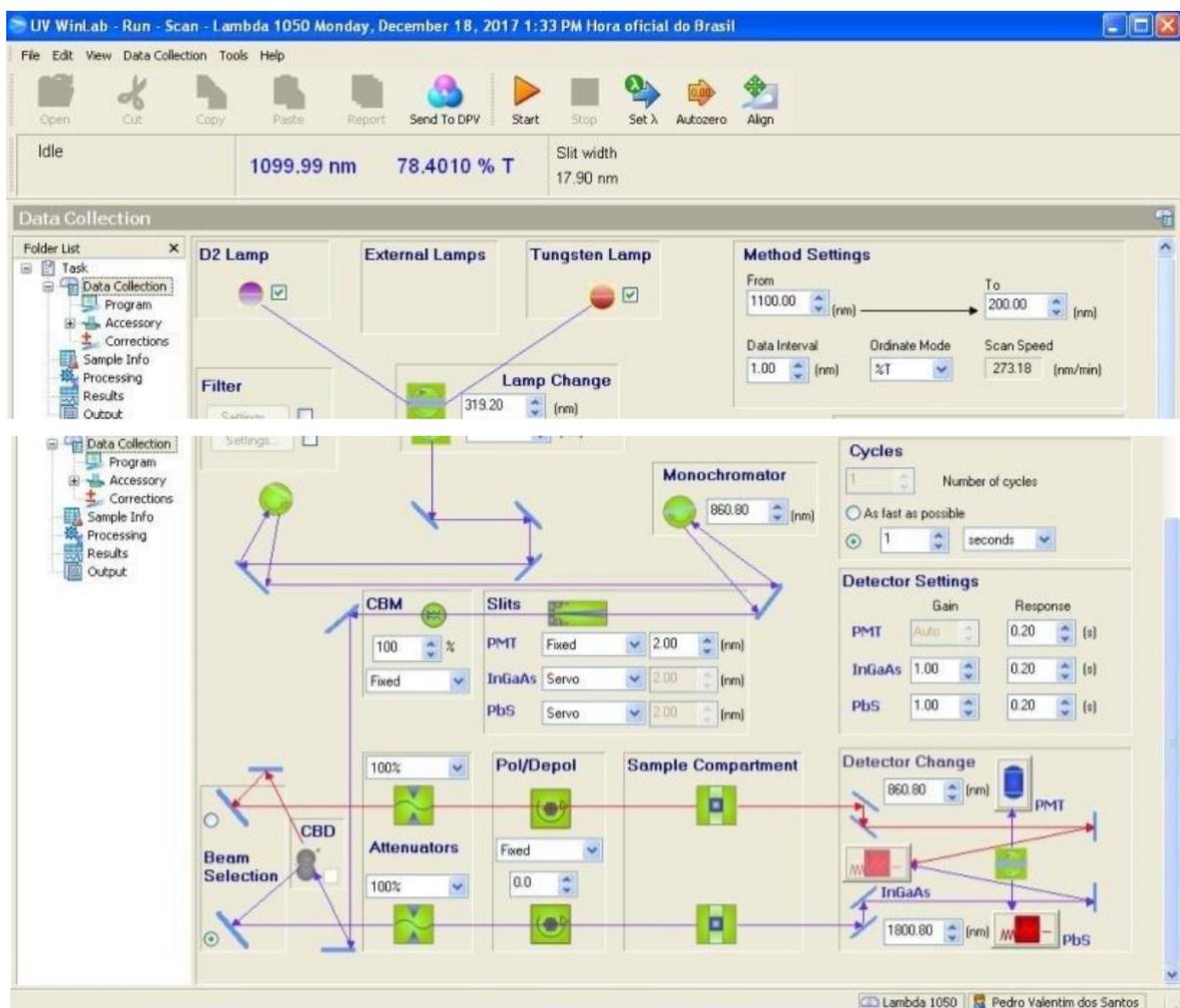


Figura 46 - Configurações software UV Winlab das medições de transmissão do Espectrofotômetro PerkinElmer. Fonte: A autora, 2019.

Os dados foram agrupados em dois diferentes gráficos para que não ficasse difícil a distinção das linhas que representam as amostras (Figura 47, Figura 48).

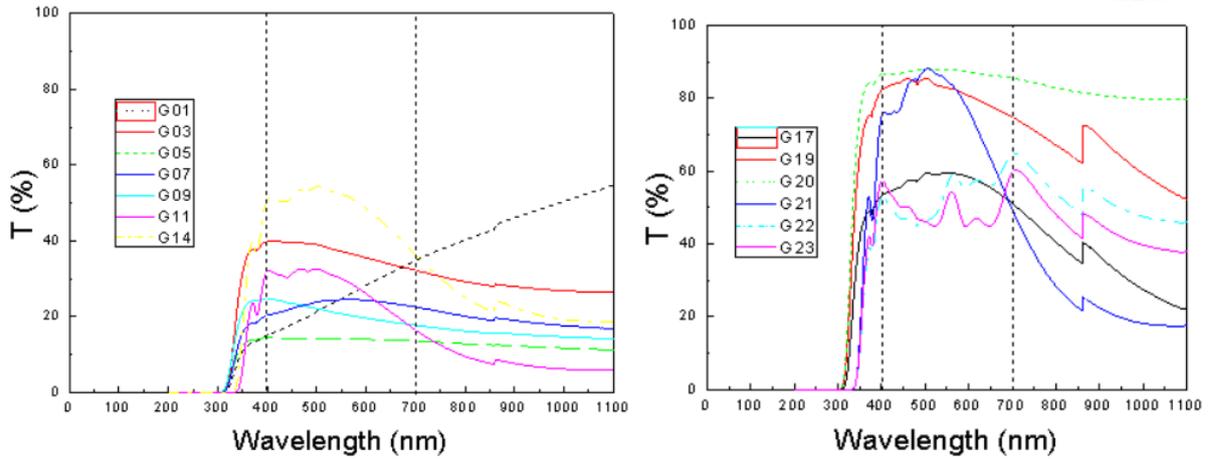
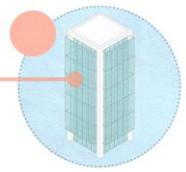


Figura 47 - Espectros de Transmissão dos Vidros da marca G. Fonte: A autora, 2019.

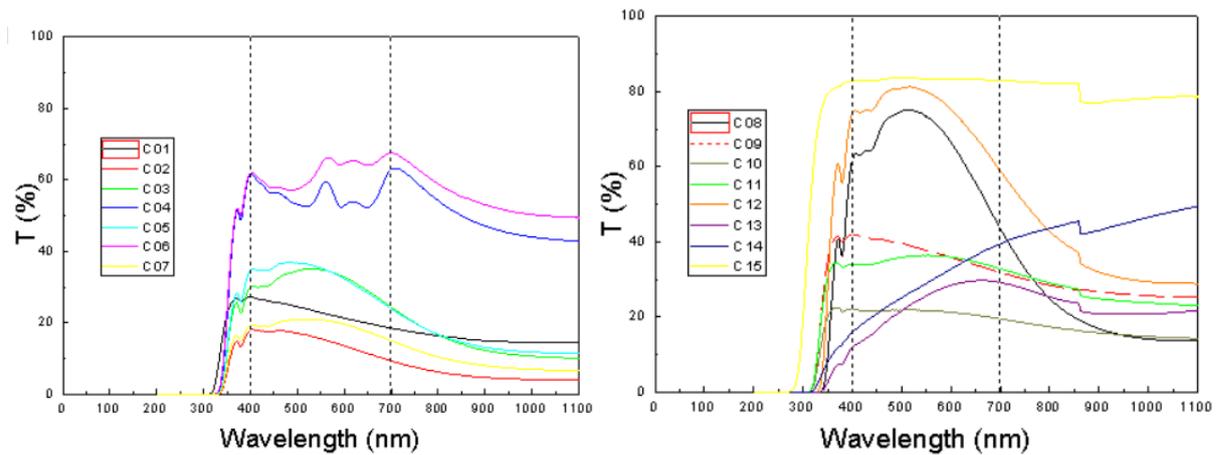
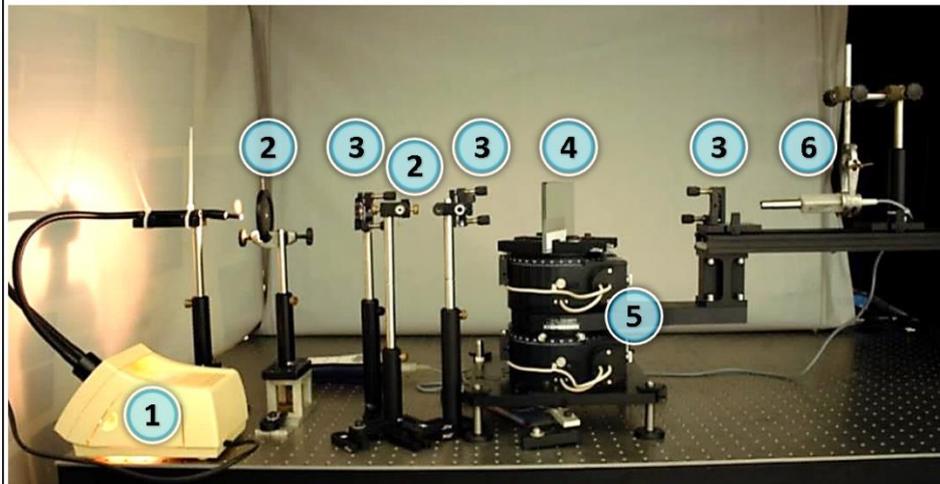
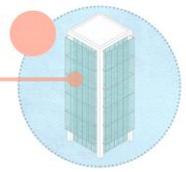


Figura 48 - Espectros de Transmissão dos Vidros da marca C. Fonte: A autora, 2019.

Em seguida, foram necessárias medições complementares de transmissão e reflexão em diferentes ângulos de incidência. Em 2018, foi realizada a montagem do experimento na mesa óptica pneumática do Laboratório de Preparação de Materiais – LPM do Grupo de Fotônica e Fluidos Complexos do Instituto de Física da UFAL. Concluiu-se sobre a necessidade de medir a cada 5° no intervalo de 0 a 90° para a inclusão da incidência em 45° (Figura 49). A escolha dos ângulos de incidência está relacionada ao plano vertical da fachada de edifícios que recebe os raios do sol.



LEGENDA:

- 1 Fonte de Luz
- 2 Íris
- 3 Lentes
- 4 Amostra de Vidro
- 5 Goniômetro
- 6 Luxímetro

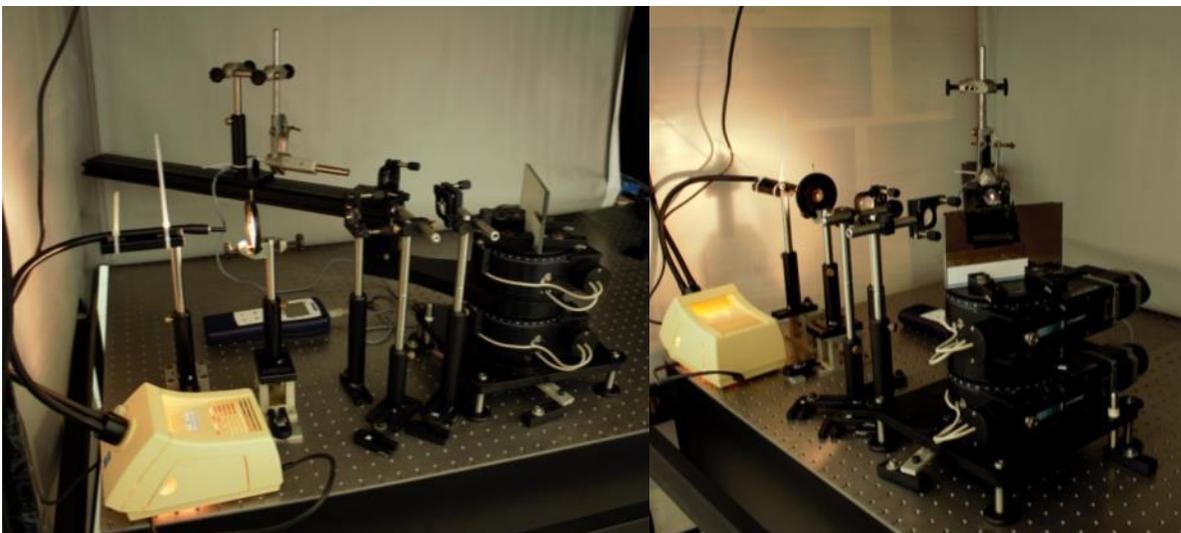


Figura 49 - Montagem dos equipamentos de medição na mesa pneumática. Fonte: A autora.

A montagem dos equipamentos segue o esquema de vista superior seguinte (Figura 50). A figura ilustra o uso de uma fonte de luz branca concentrada através de um cabo de fibra ótica, foi utilizada para ter a mínima perda da fonte até o final do trajeto da luz. Em seguida a luz foi focada e colimada entre íris e lentes até chegar na amostra de vidro fixada sobre o goniômetro, no qual era possível realizar o giro necessário com a inclinação precisa, de 0 a 90° num intervalo de 5°. Por fim, a luz foi novamente focada por uma lente até o detector do Luxímetro, no qual foram realizadas as leituras dos valores para anotação manual. Todos os equipamentos foram devidamente parafusados na mesa pneumática para garantir a fixação e a mínima variação possível entre os instrumentos de medições e resultados. Para fazer a leitura de transmissão foi necessário o giro horizontal da amostra em seu eixo central de 0 a 90° pelo botão do goniômetro.

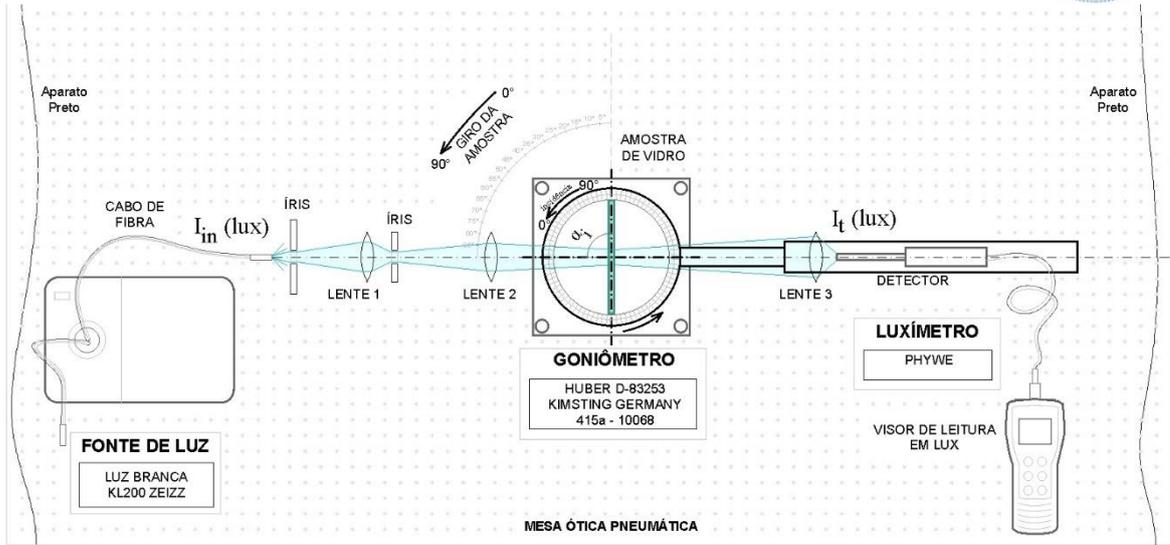
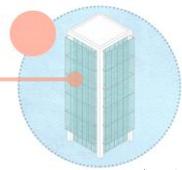


Figura 50 - Medição da Transmissão de Iluminância com incidência de 0 a 90° sobre as amostras de vidro.

Fonte: A autora.

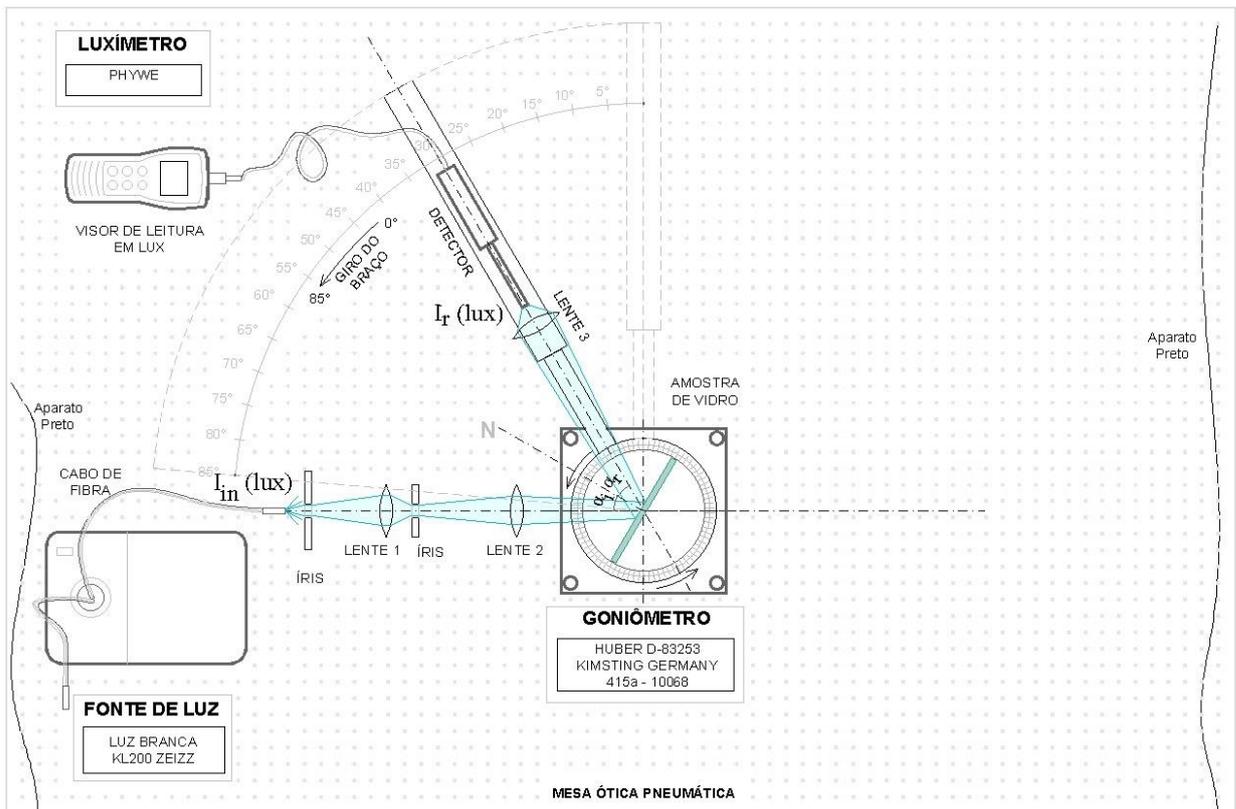
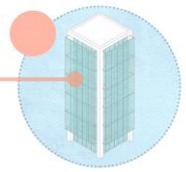


Figura 51 - Medição da Iluminância Refletida com incidência de 0 a 85° sobre as amostras de vidro. Fonte: A autora.

A leitura da iluminância de incidência era realizada próxima à fonte de luz branca para não perder o feixe espalhado em função da distância, já que a seção do detector do luxímetro era pequena. Posteriormente, as leituras de reflexão eram realizadas girando tanto a amostra



quanto o braço do goniômetro que continha o detector do luxímetro fixado. Tal procedimento foi realizado com o objetivo de situar o detector exatamente no ângulo refletido oposto ao incidente na amostra que também estava sendo rotacionada conforme ilustra a Figura 51.

A fonte de luz KL200 ZEIZZ com um concentrador de feixe por fibra óptica foi utilizada para o presente estudo. A precisão das rotações foi possível devido ao uso de Goniômetro HUBER D-83252 Rimisting-Germany para realização dos giros necessários tanto para o ângulo de incidência na amostra, quanto para o ângulo da reflexão no detector do Luxímetro Phywe LD510 (Figura 52).

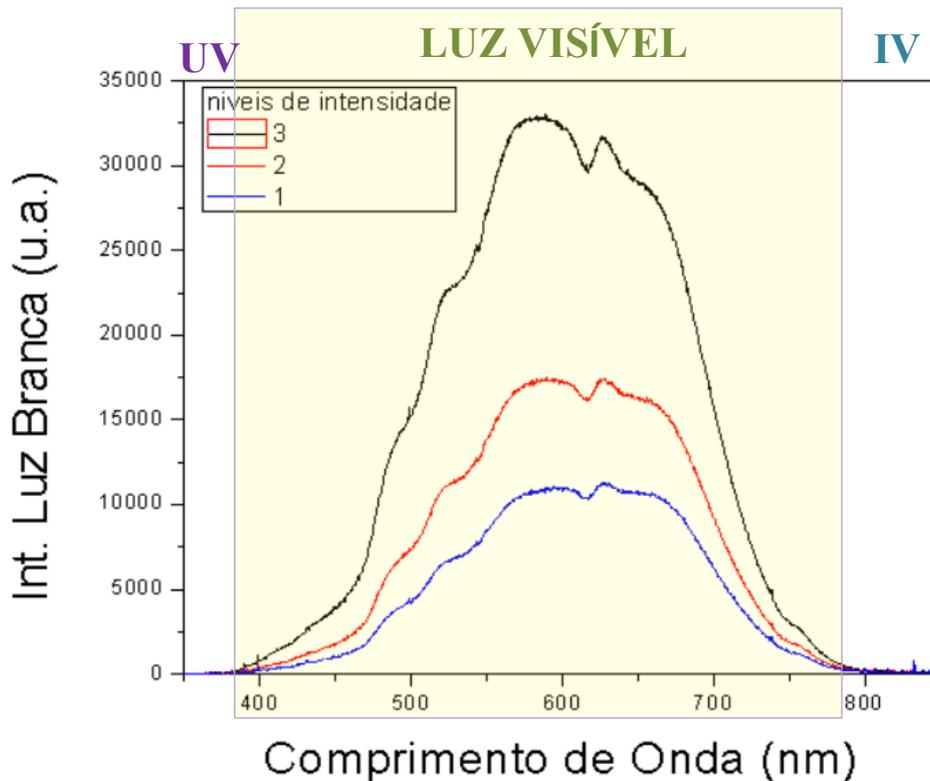
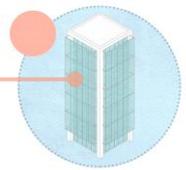


Figura 52 - Fonte de luz Branca KL200 ZEIZZ. Fonte: A autora, 2019.

5.3 Resultados e Análises

A partir disso, foram selecionadas as fórmulas mais adequadas para ajustar as medidas aos teóricos (leis de Snell e Beer-Lambert) matematicamente no software Wolfram Mathematica 11.2. Importante observar no gráfico do exemplo abaixo a diferença da refletância e da transmitância para cada ângulo de incidência. Em todo mundo, os dados disponíveis com características de vidros do mercado da construção civil são para a incidência representada no gráfico como 0° que corresponde à incidência perpendicular à fachada. Para o vidro comum é mais conhecido o comportamento em função do ângulo de incidência, porém pode ser notada uma diferença exponencial de valores a partir da incidência na fachada acima de 40° (Figura



53). Como exemplo, a refletância a 90° na fachada possui valor 0,09 enquanto a 40° = 0,13, a 20° = 0,30, a 10° = 0,55 e a 5° = 0,75, ou seja, aumentou em mais de oito vezes o valor inicial no exemplo específico.

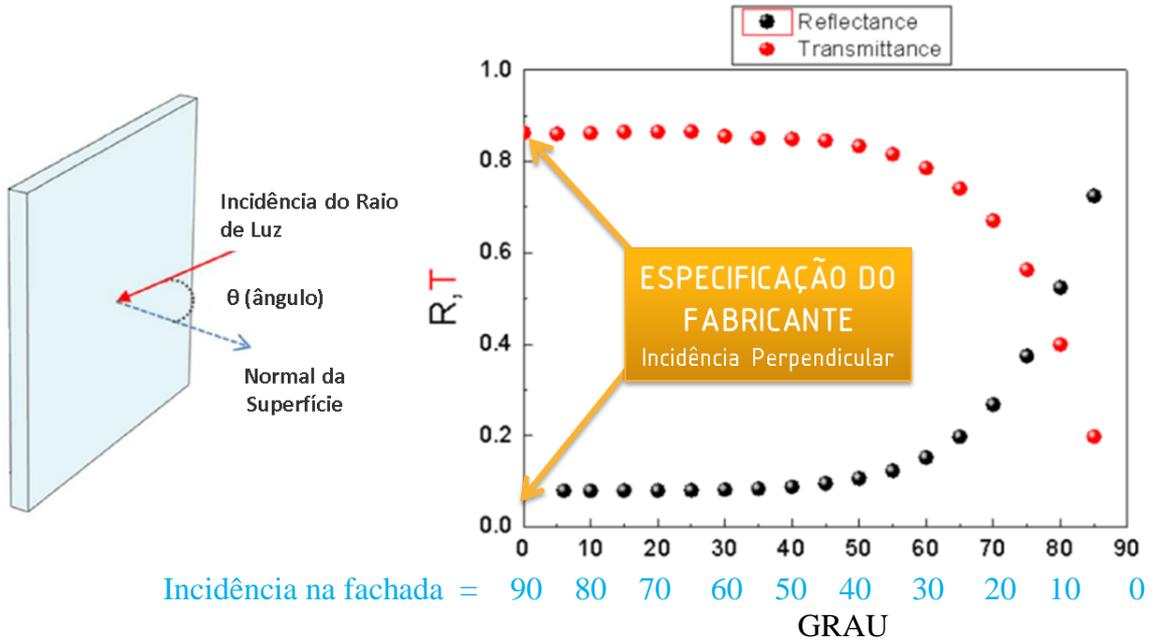


Figura 53 - Gráfico de medições de Reflexão e Transmissão em função do ângulo de incidência produzido com dados do experimento para o vidro comum. Fonte: A autora, 2019.

Abaixo seguem medições realizadas para diferentes tipos de vidro selecionados e suas amostras (Figura 54). Os vidros foram etiquetados com as letras C e G, que indica o fornecedor, seguida do número da amostra. As amostras pequenas foram utilizadas no espectrofotômetro

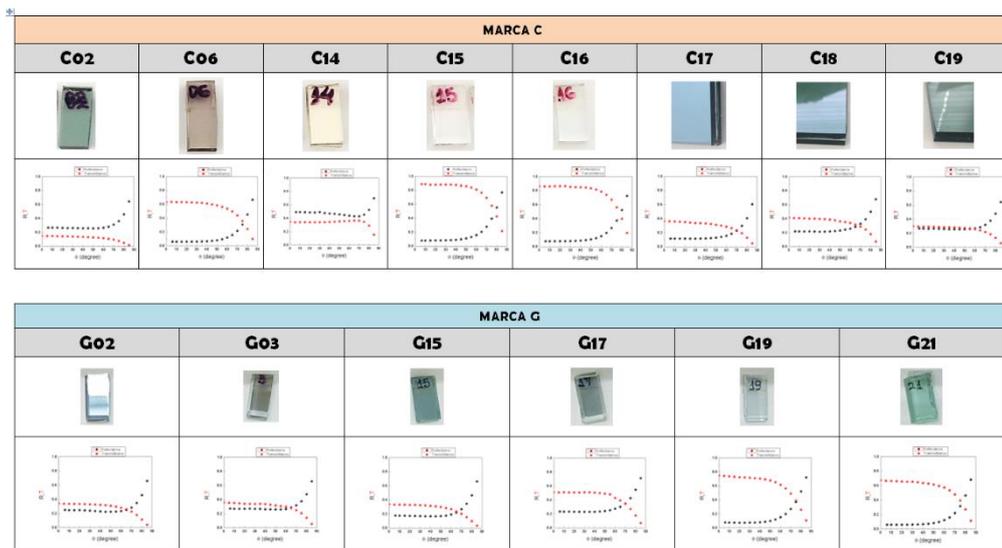
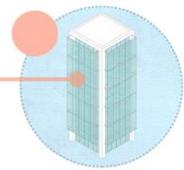


Figura 54 - Esquema das medições de transmissão e reflexão por amostra de vidro. Fonte: A autora.

Para a amostra do Vidro C02 os valores da reflexão variaram de 0° = 0,26 a 85° = 0,65. Na amostra como pode ser visualizado no quadro seguinte (Figura 55 e Figura 56), o



comportamento das curvas de transmissão e reflexão são bem diferentes com relação ao vidro comum.

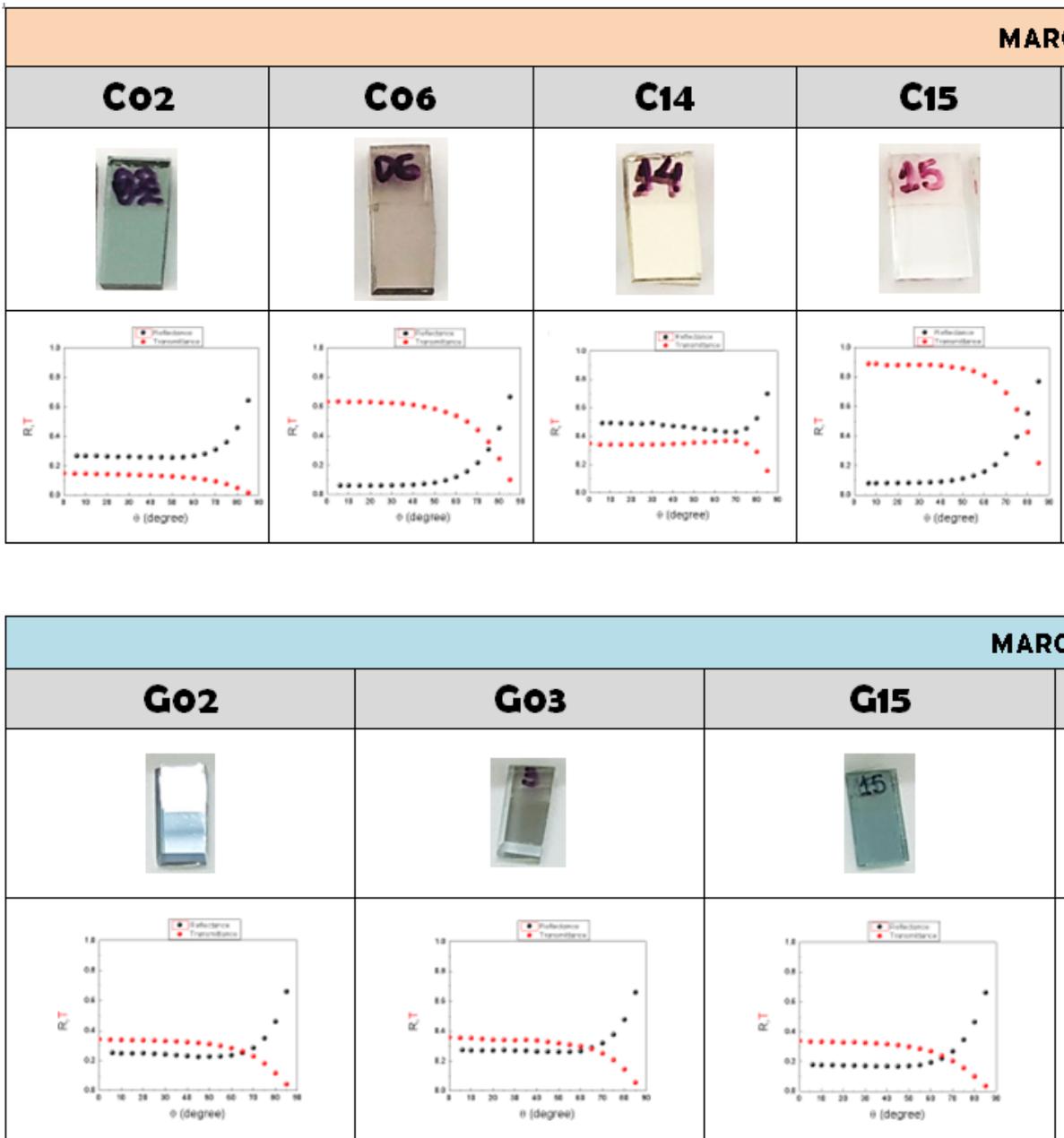


Figura 55 - Curvas de transmissão e reflexão por amostra de vidro. Fonte: A autora.

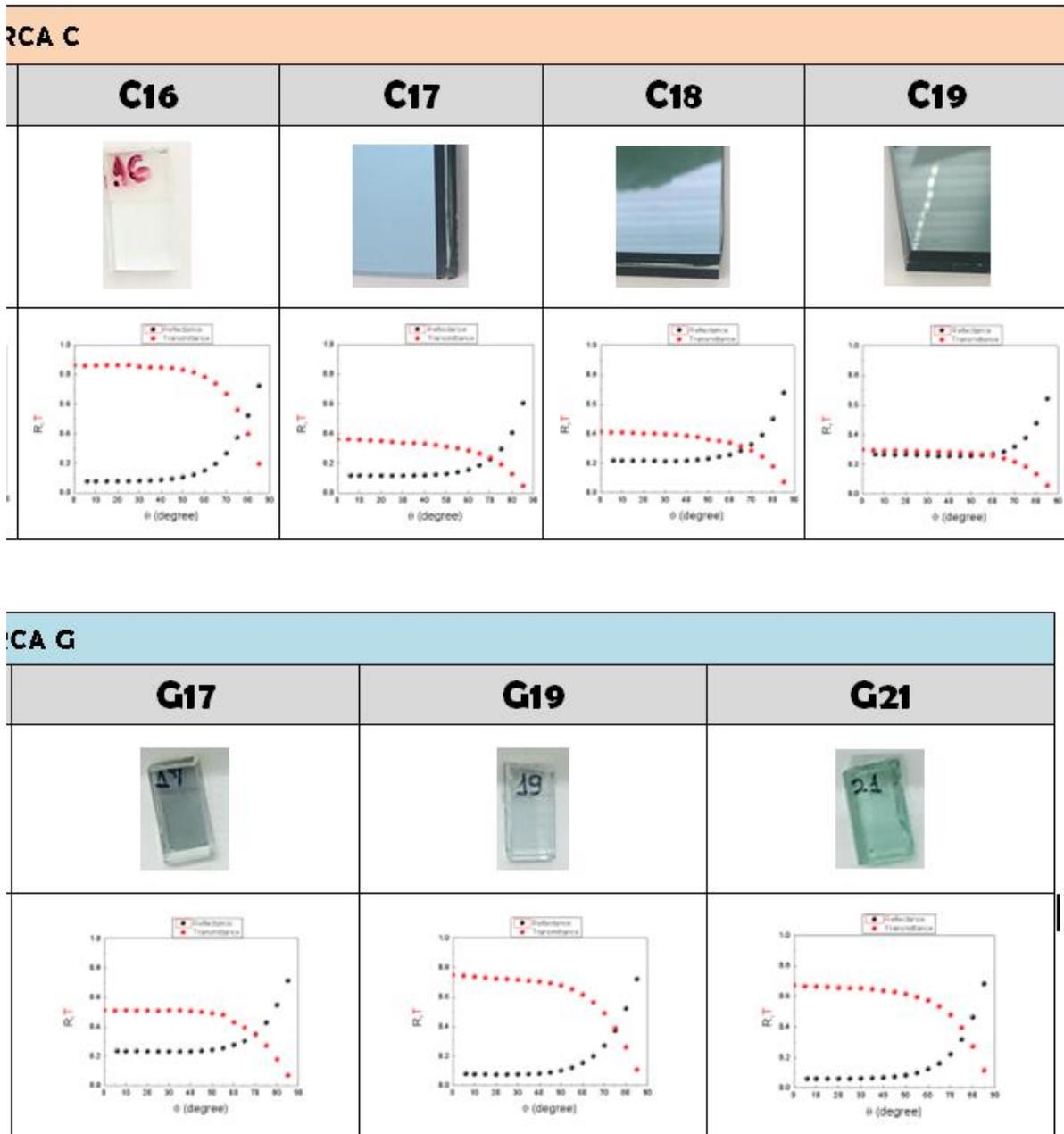
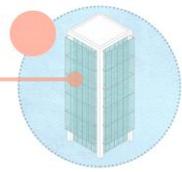
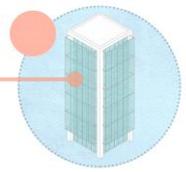


Figura 56 – Curvas de transmissão e reflexão por amostra de vidro. Fonte: A autora.

O processo de escolha partiu inicialmente da análise das amostras de vidros obtidas de três marcas comuns no mercado brasileiro: a marca “C”, a marca “G” e a marca “V”. As amostras foram classificadas em uma tabela conforme a aparência visual baseada em cor e intensidade: da reflexão da face voltada ao exterior, da composição material do vidro, da presença de deposição na face voltada ao interior. Os dados seguem agrupados juntamente com os dados fornecidos pelo fabricante de fatores luminosos, transmissão energética e térmica, bem como espessura e nome comercial conforme exemplo abaixo no Quadro 7. A tabela completa pode ser consultada no Anexo.



A seleção ocorreu por exclusão de amostras com grande similaridade espectral e visual e priorizando a permanência dos vidros considerados de melhor desempenho pelo fabricante, como também foi importante manter outros tipos de características para comparação dos resultados.

O C02 foi escolhido por apresentar a menor transmissão em todos os espectros, excluindo-se o C01 com curva semelhante e C07 C03, C05 de valores também próximos. O C06 foi escolhido por possuir maiores valores do que C04, de curva semelhante. O C09, C10, C11, C13 possuem também curva intermediárias. O C12 e o C08 possuem características semelhantes aos escolhidos da Marca G. O C14 foi escolhido por apresentar transmissão crescente com o aumento do comprimento de onda. O C15 foi escolhido por ter a curva com maior transmissão em todos os espectros. O C16 foi escolhido por ser o vidro comum de referência teórica utilizada para comparação. Os vidros C17, C18, C19 foram escolhidos por serem laminados, terem aparência diferente e considerados de alto desempenho pelo fabricante (Figura 57).

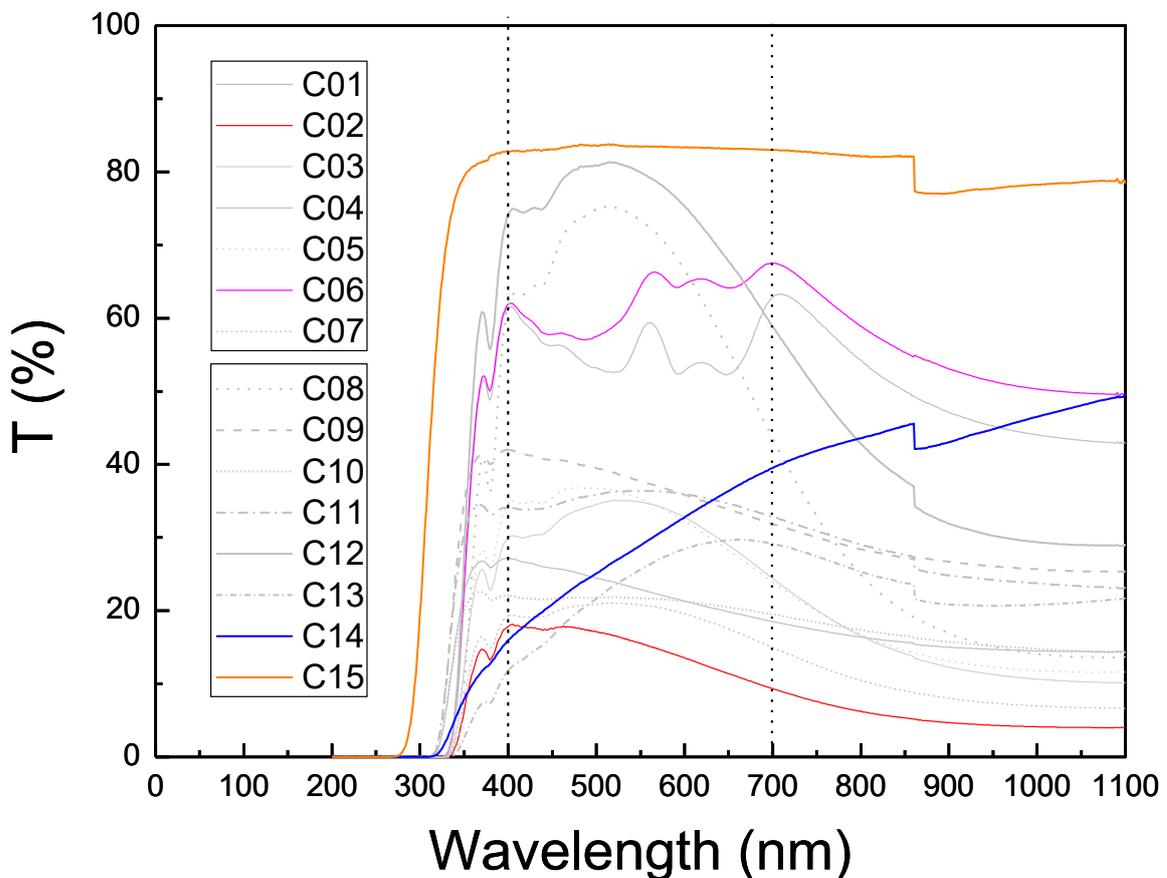
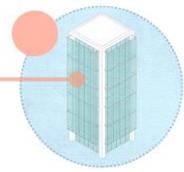
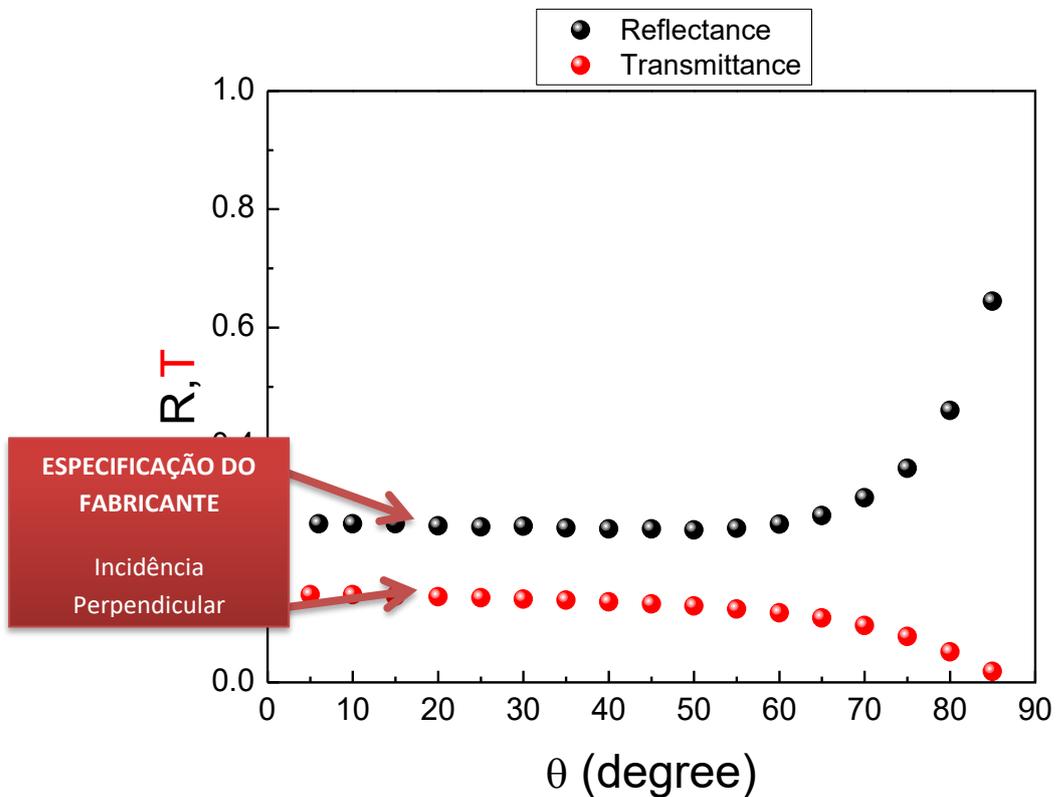


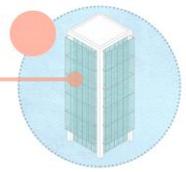
Figura 57 - Curvas de distribuição espectral para amostras da Marca C. Fonte: A autora.



Quadro 7 - Quadro de Propriedades do vidro, exemplo C02. Fonte: A autora.

Amostra		Dados do Fabricante									
C02	Aparência Acabamento	Nome Comercial	Fatores Luminosos				Transmissão Energética				Transm. Térmica U (W/m²k)
			Esp. (mm)	TL (%)	R _g (%)	R _l (%)	TE (%)	AE (%)	FS	CS	
	<p><u>REFLEXÃO FACE EXTERIOR</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Cinza/Incolor</p> <p><u>COMPOSIÇÃO COR</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Cinza/Incolor</p> <p><u>DEPOSIÇÃO REFLETIVA</u> Face 01/ Face 02/ Nenhuma</p> <p><u>REFLEXÃO FACE INTERIOR</u> Verde/Azul/Cinza/Ambar/Marrom/Incolor</p>	Cool Lite ST 420 - Green Tipo: 420 Cor Green	4	18	27	27	12	71	0,27	0,31	5,20





Como podemos observar na carta solar de 10°S utilizada para a cidade de Maceió-AL, no solstício de inverno, 22 de junho, o sol está a uma altura solar de 57° e no solstício de verão, 22 de dezembro, a uma altura solar de 78° ao meio-dia (Figura 58). Apenas dois dias no ano ele se apresenta no zênite, 23 de fevereiro e 20 de outubro (Figura 58). Isso significa que a incidência solar na fachada, seja qual for a orientação, sofre a influência do aumento da reflexão entre três até dez vezes a incidência perpendicular (fornecida pelos fabricantes) conforme verificado nas medições, isso quando o vidro já não é refletivo.

LUZ DIRETA E LUZ DIFUSA NA CARTA SOLAR

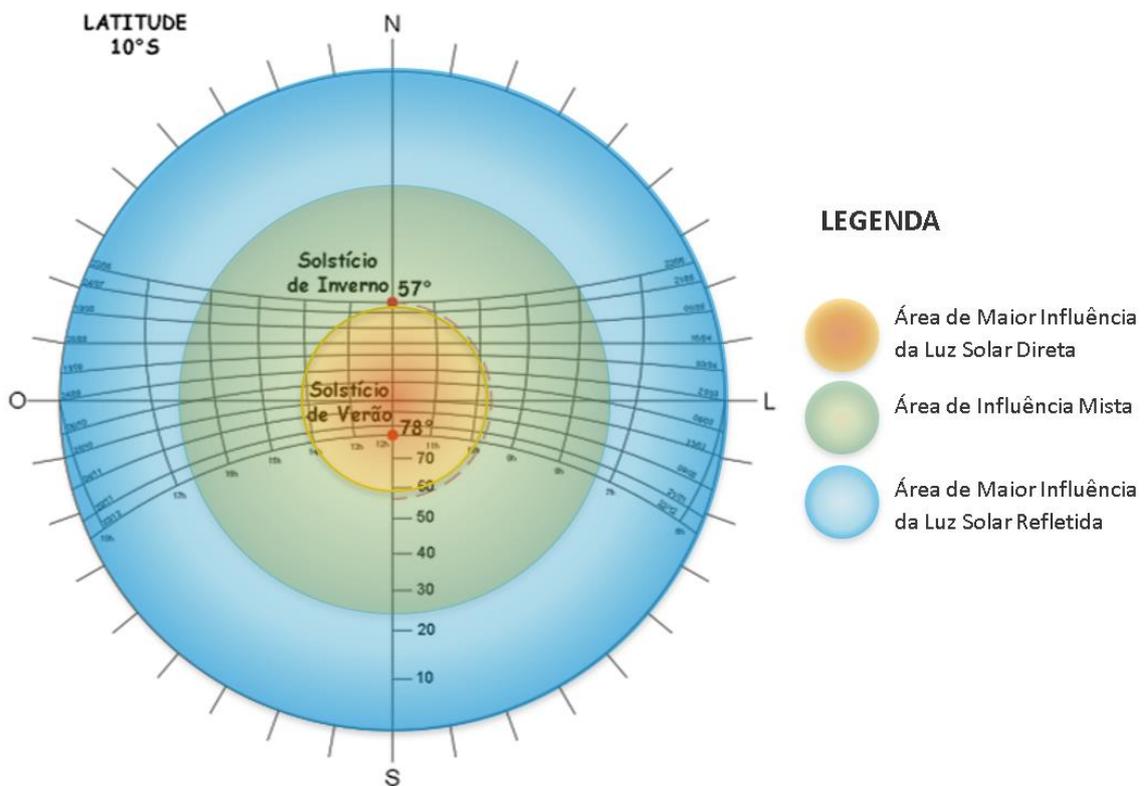
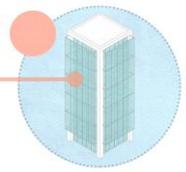


Figura 58 - Carta Solar para Maceió Latitude 10°S. Fonte: A autora.

Pode ser observado nos esquemas seguintes que para a reflexão que incide sobre pedestres nas calçadas adjacentes, os ângulos de incidência são maiores e que as reflexões de ângulos menores são experienciadas mais em motoristas, pedestres do lado oposto e vizinhos frontais.

5.4 A fachada de vidro na reflexão da luz natural em arranjos parametrizados de quadra urbana tropical

A compreensão sobre os fenômenos decorrentes da modificação antrópica do espaço natural pode subsidiar diferentes soluções de minimização de impactos. que afetam diretamente



a vida das pessoas. A abordagem do presente estudo é fundamentada na discussão sobre o uso do vidro nas fachadas no ambiente construído.

De acordo com Sanchez *et al* (2006), cada um dos mecanismos de transferência de radiação através da envoltória requer um estudo específico, levando em consideração a edificação e o seu entorno. É importante estimar a influência da mudança do entorno urbano e a resposta desse efeito na demanda por conforto, através de simulações computacionais que incorporem as características dos materiais das fachadas ao estudar as interações cíclicas entre o interior e exterior de uma dada edificação.

Para atender ao objetivo de verificação da influência da fachada em pele de vidro na reflexão da luz natural em arranjos parametrizados de quadra urbana tropical, foram realizadas análises a partir de diagramas de geometria e cartas solares. O objetivo foi de relacionar os ângulos de incidência e consequente reflexão de luz natural e sua influência nos espaços urbanos, como passeios, vias, canteiros e edifícios de entorno.

O estudo para análise de efeitos urbanos das reflexões da iluminação natural foi embasado nos parâmetros de cenários possíveis de acordo com o dimensionamento de vias, calçadas, recuos, alturas permitidas pelo Código de Edificações (MACEIÓ, 2007) e Plano Diretor de Maceió (MACEIÓ, 2005). Dessa forma foram formatados quatro modelos de quadra de acordo com variações de parâmetros urbanos (Figura 59 e Figura 60).

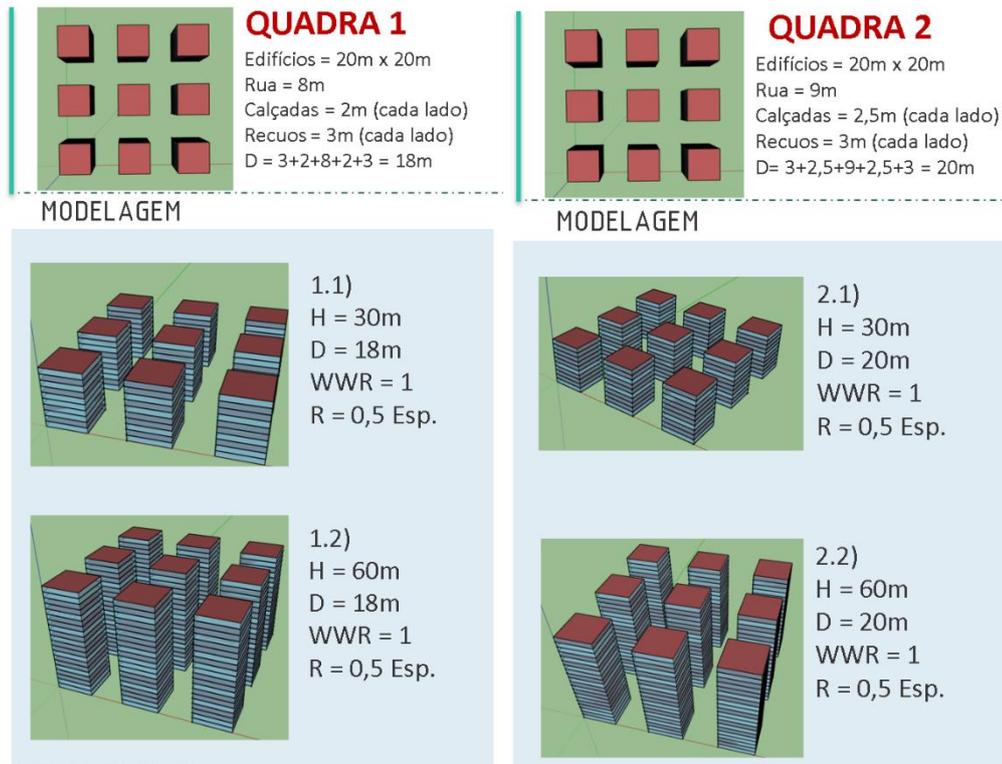
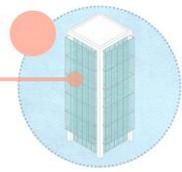


Figura 59 - Quadras 1 e 2 de parâmetros urbanos para a cidade de Maceió-AL. Fonte: A autora.

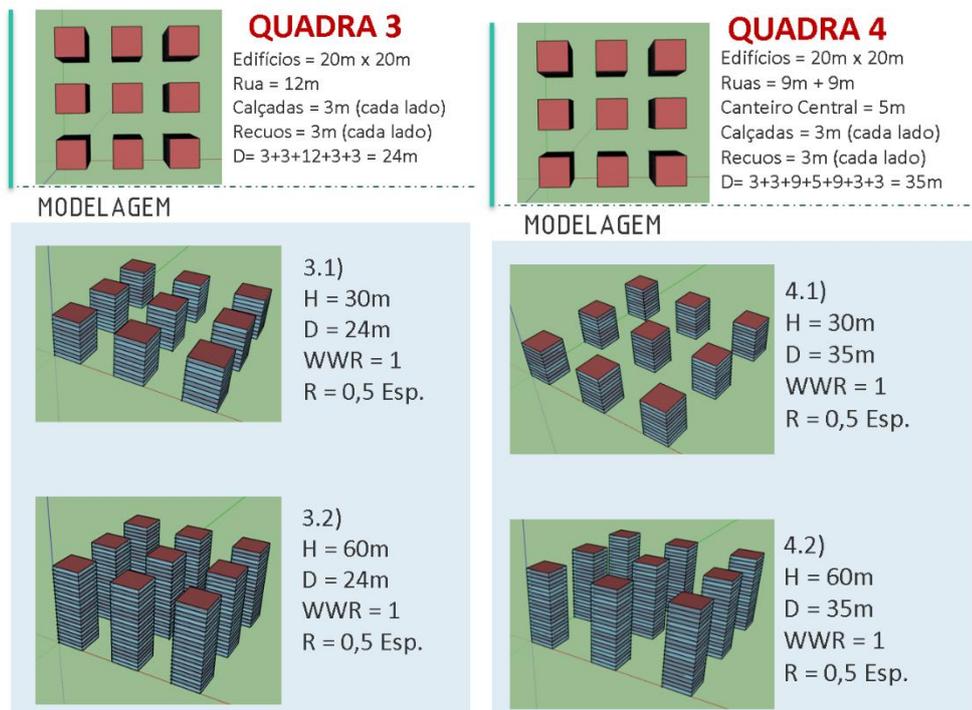
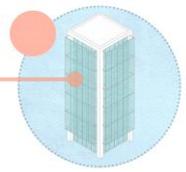


Figura 60 - Quadras 1 e 2 de parâmetros urbanos para a cidade de Maceió-AL. Fonte: A autora.

Em seguida, foi necessário verificar a obstrução causada pelo entorno construído dos tipos de quadra. Assim, foram transferidos os ângulos de obstrução para as cartas solares onde



é possível verificar os horários e épocas do ano em que a insolação é maior, bem como parte de maior influência da abóbada celeste (Figura 61 e Figura 62).

Lembremos que a incidência direta do sol é refletida no ângulo oposto de mesmo valor. Entretanto, a incidência da luz difusa do céu e do entorno é também refletida difusa para todos os lados. É importante frisar que a fachada que seria uma obstrução frontal, representa um espelhamento da iluminação natural da orientação oposta dentro do ângulo sólido de visão.

Ao desconsiderar a especularidade de uma superfície, transformando-a em difusa, focos de intensa refletividade serão desconsiderados bem como a iluminação dos ambientes internos não representará o planejado para diferentes horários.

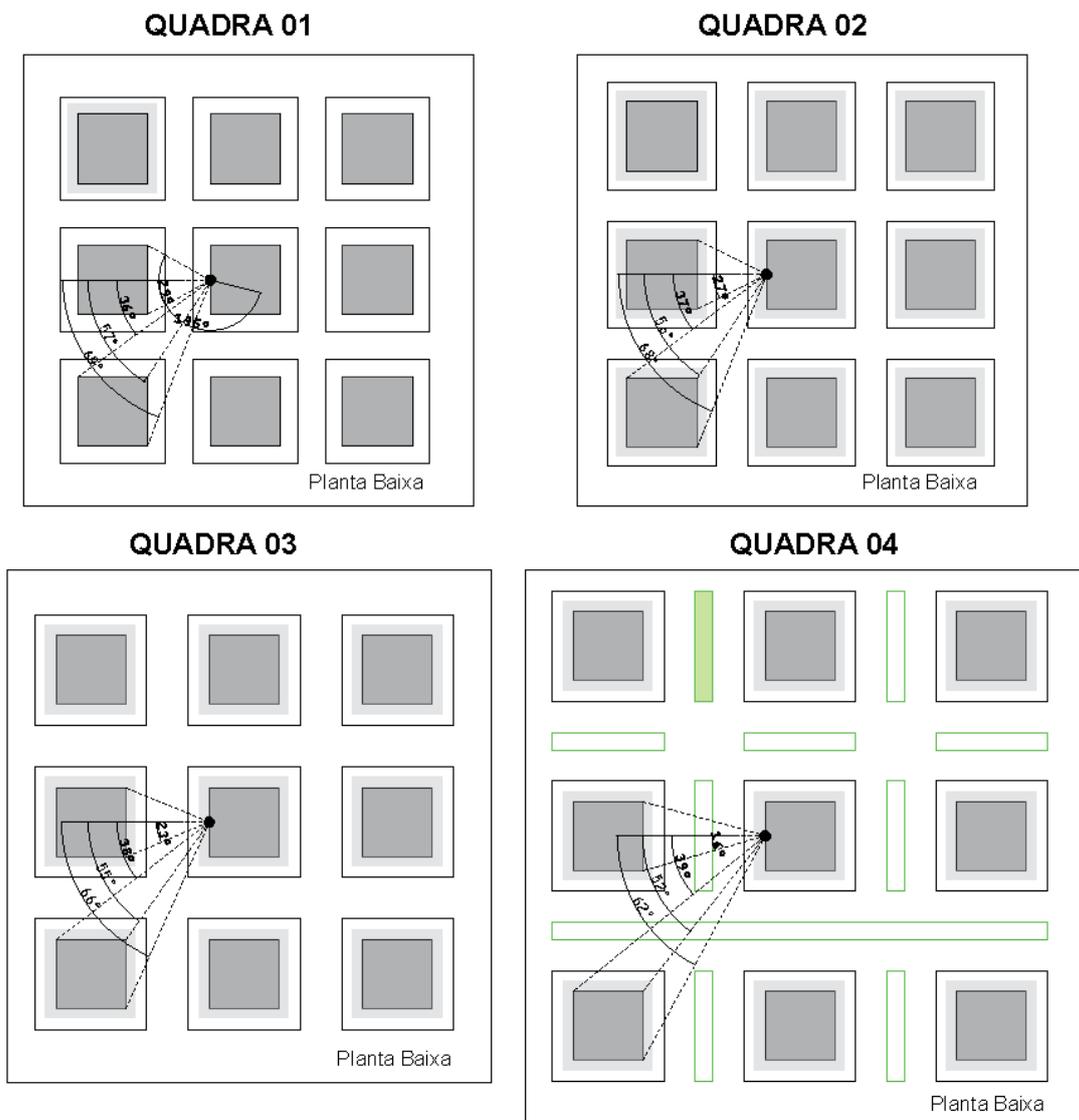


Figura 61 - Planta baixa com os ângulos de obstrução da abóbada celeste. Fonte: A autora.

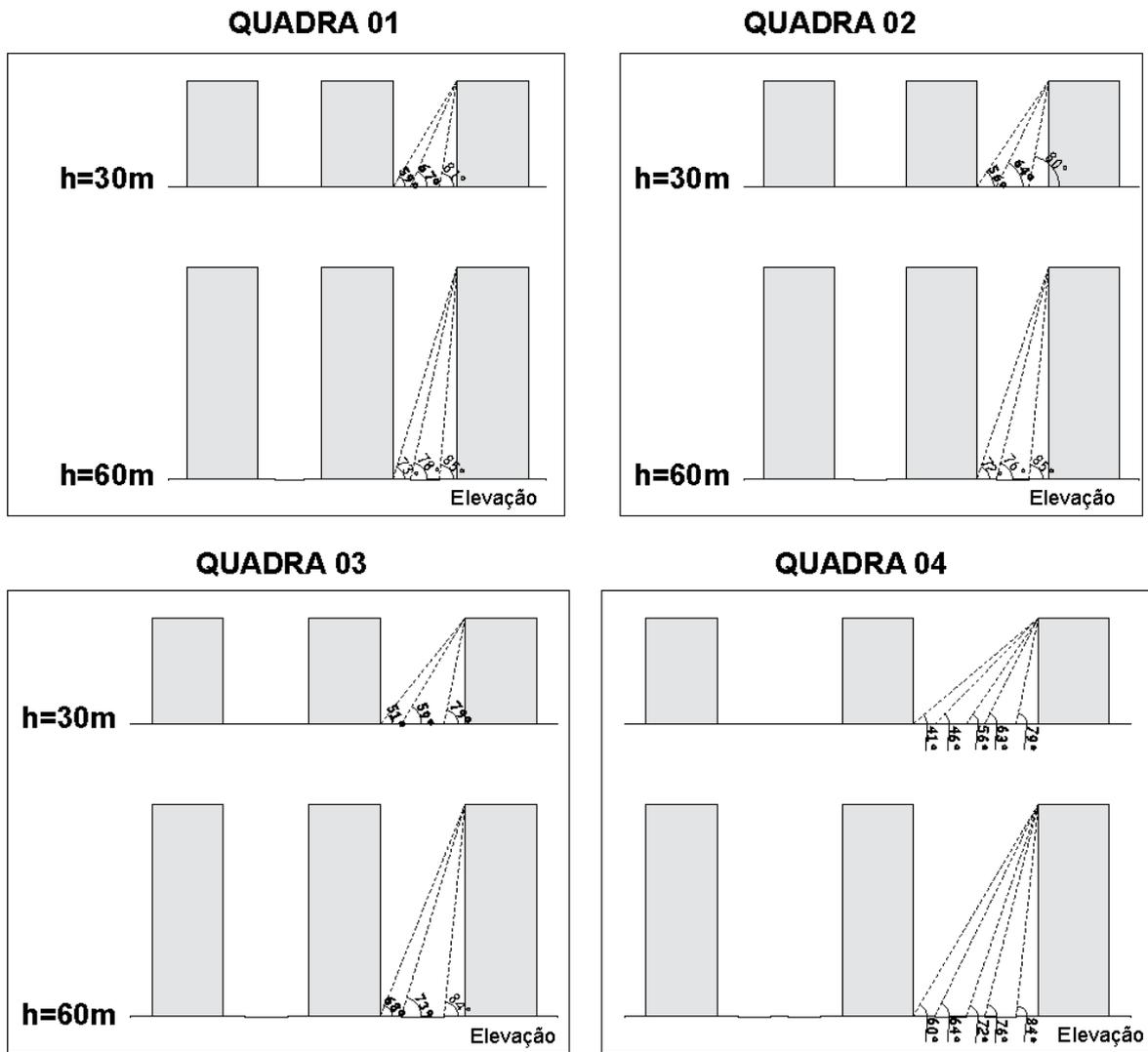
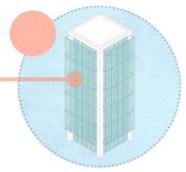


Figura 62 - Elevações com os ângulos de obstrução verticais da abóbada celeste. Fonte: A autora.

Para melhor visualização foram geradas cartas com as projeções dos ângulos de obstrução, destacando também a parcela espelhada da orientação oposta, tanto de céu visível, quanto de sol, que influenciam diretamente na reflexão da luz nos ambientes das quadras urbanas. Seguem exemplos detalhados da Quadra 01 na Figura 63 e Figura 64, bem como visualização simplificada das obstruções e seus ângulos de projeção para todas as quadras (Figura 65, Figura 66, Figura 67, Figura 68).

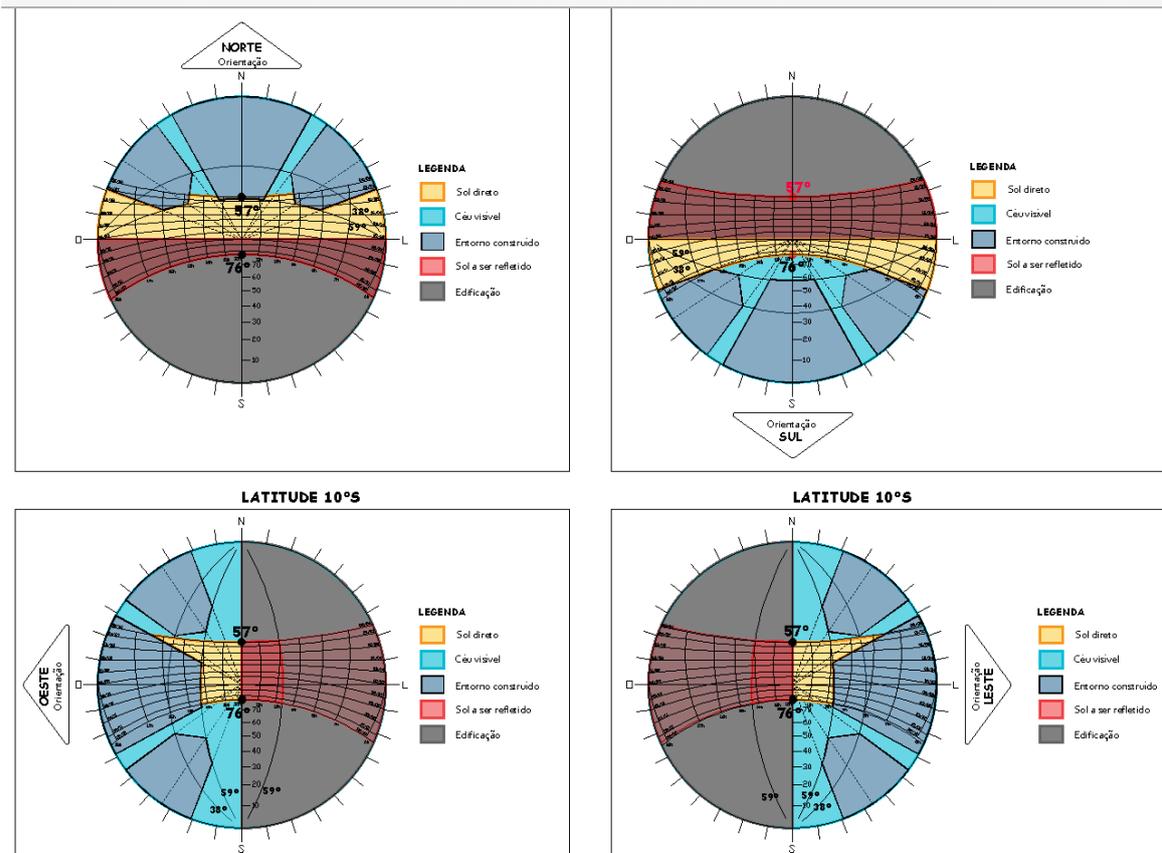
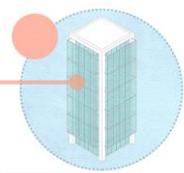


Figura 63 - Máscara de parcelas de influência da iluminação da quadra urbana 01 com demarcação de obstrução de Céu, céu visível, sol visível, céu e sol refletidos da orientação oposta nas fachadas de vidro. Fonte: A autora.

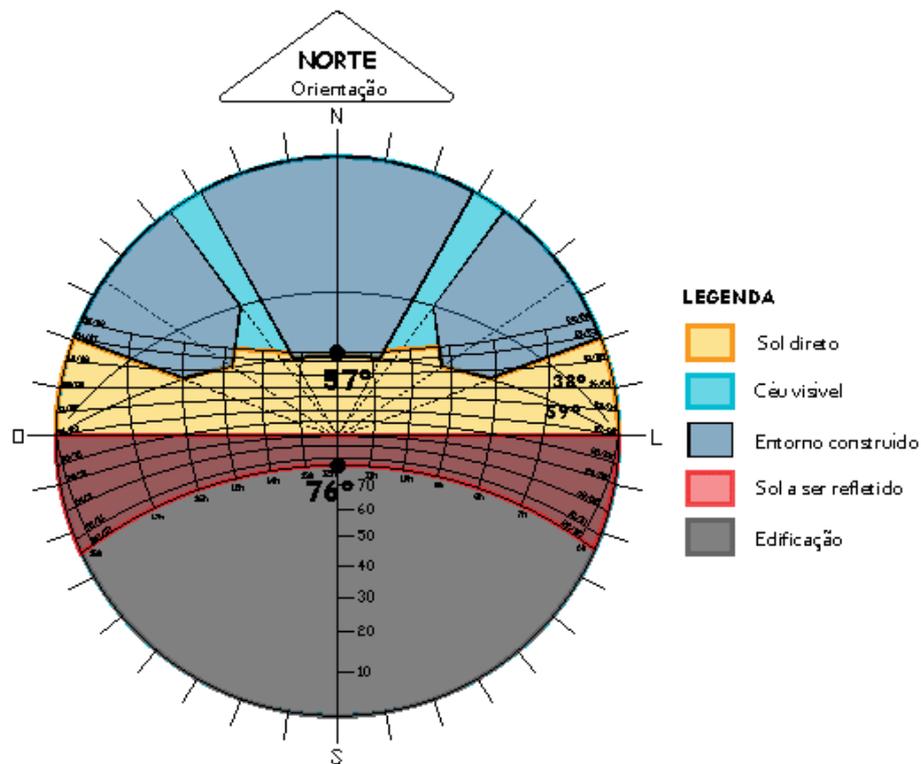
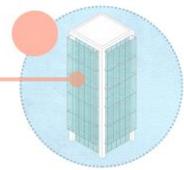
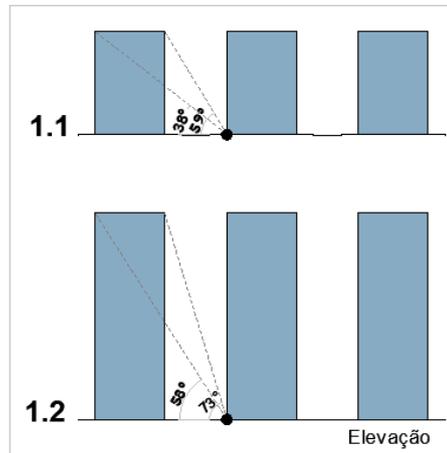
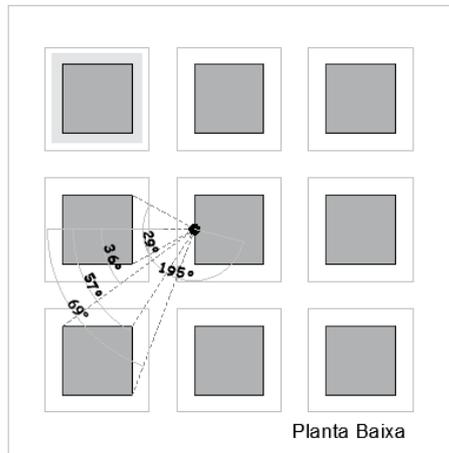


Figura 64 - Ampliação de exemplo da orientação norte da Quadra 01. Fonte: A autora.



QUADRA 01

R=0.5 Especular



LEGENDA

- Sol direto
- Céu visível
- Reflexão do Entorno
- Sol direto a ser refletido pela fachada oposta
- Reflexo do Reflexo
- Edificação
- Obstrução

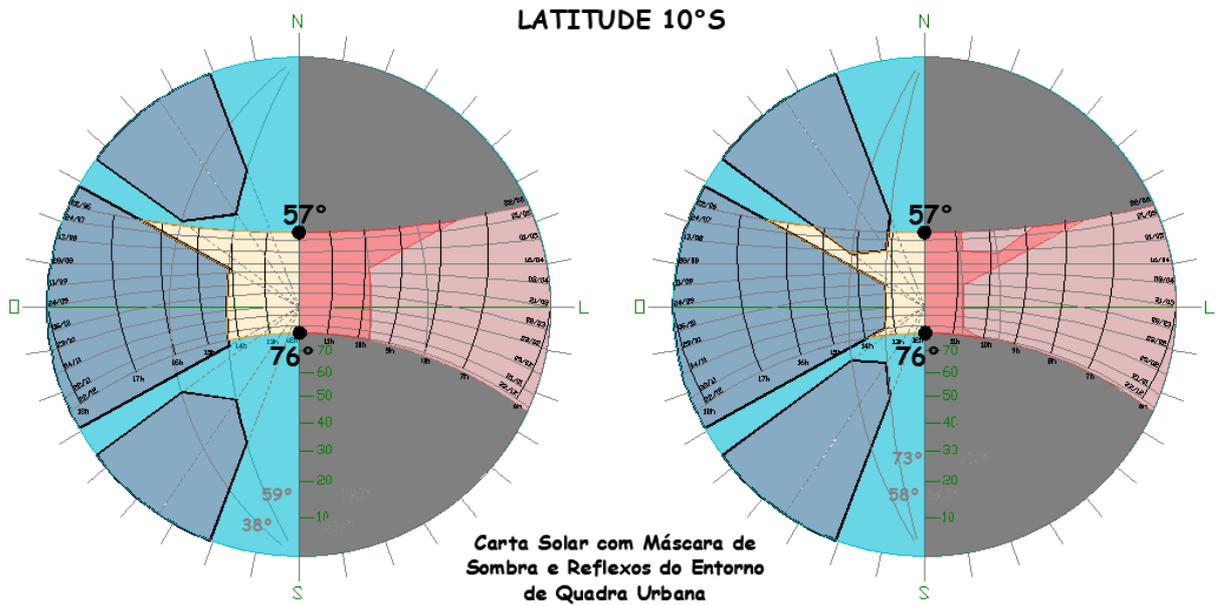


Figura 65 - Máscara solar da quadra urbana 01. Fonte: A autora.

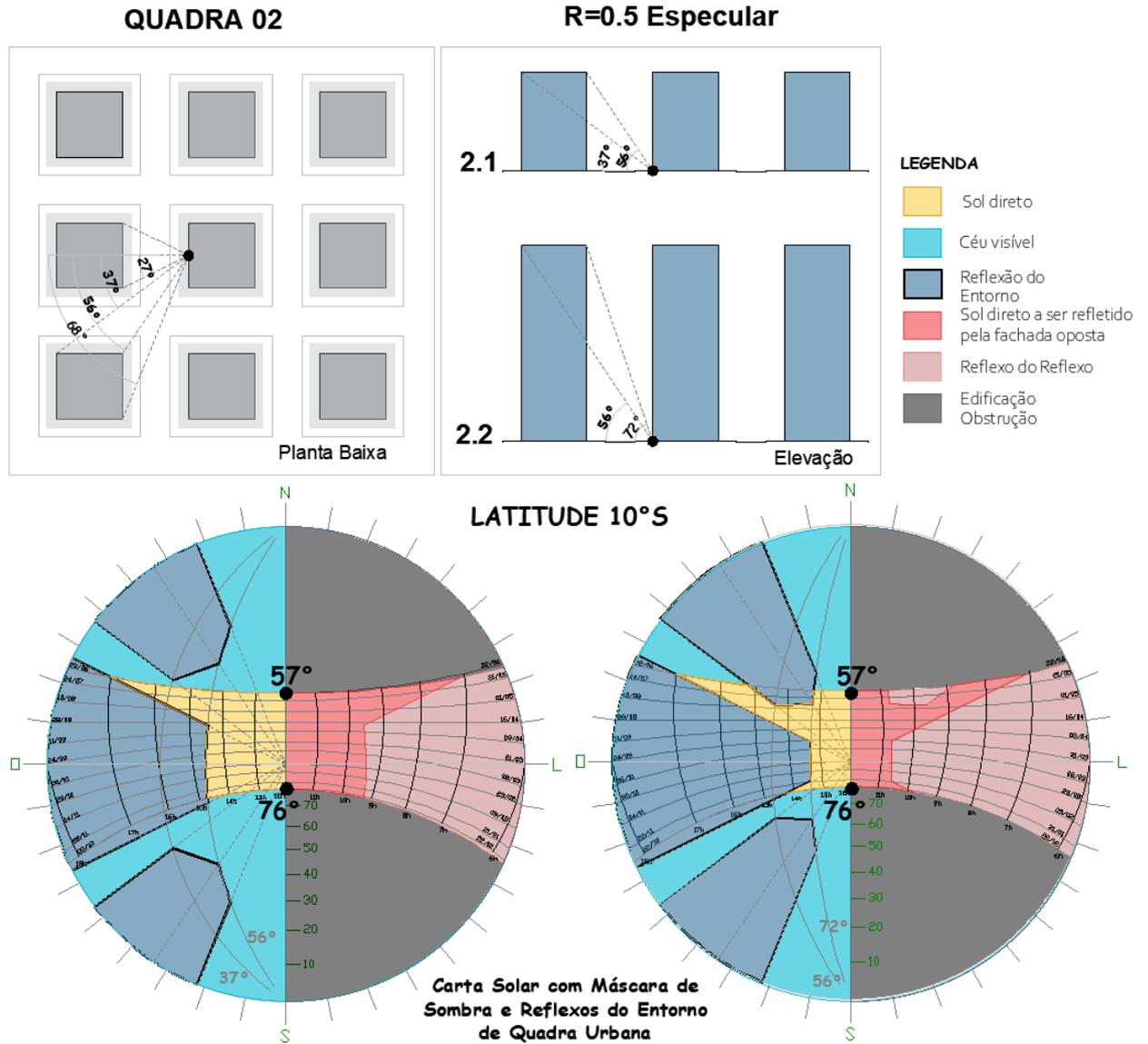
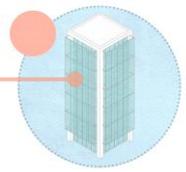


Figura 66 - Máscara solar da quadra urbana 02. Fonte: A autora.

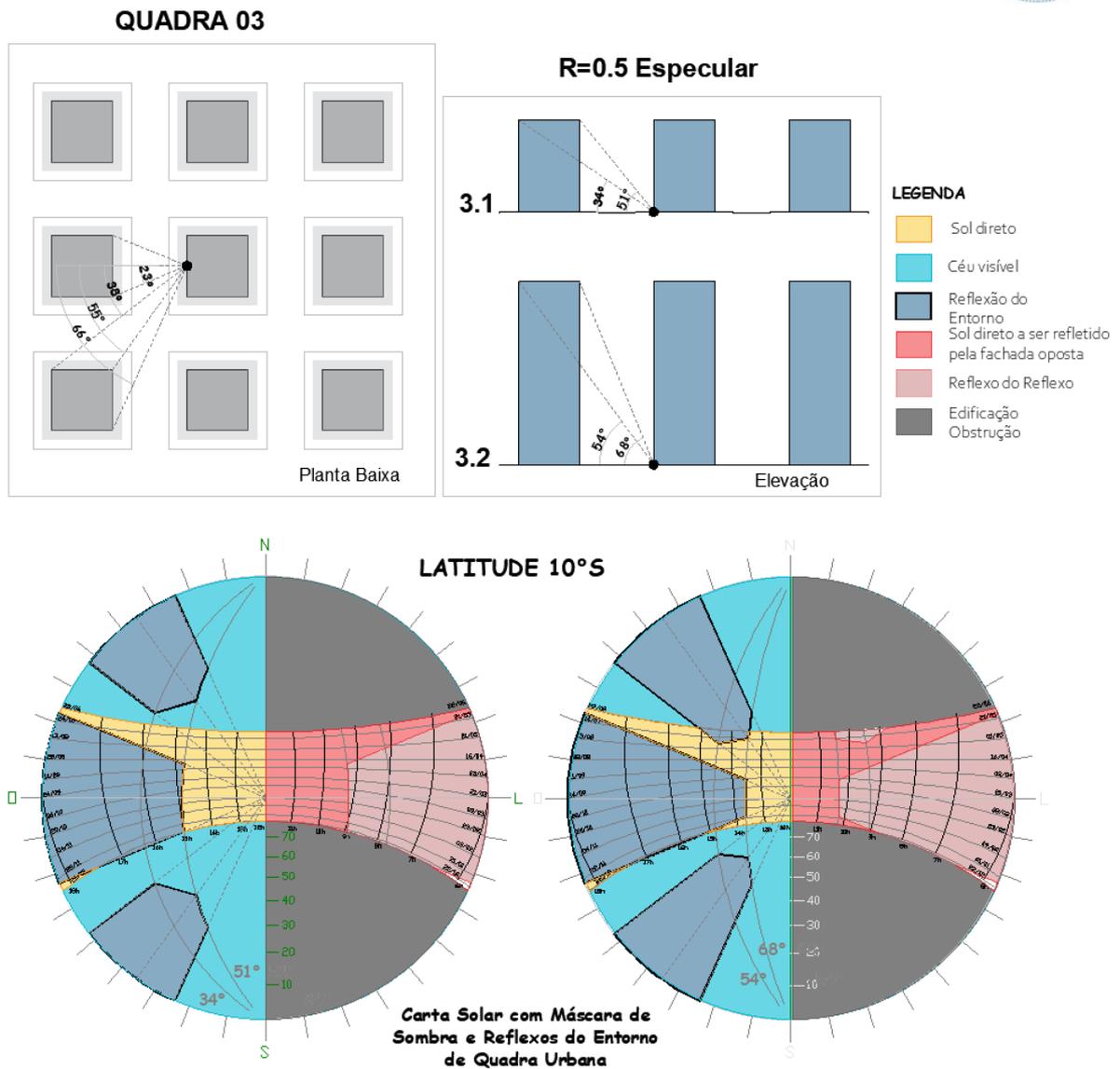
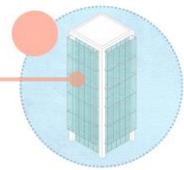


Figura 67 - Máscara solar da quadra urbana 03. Fonte: A autora.

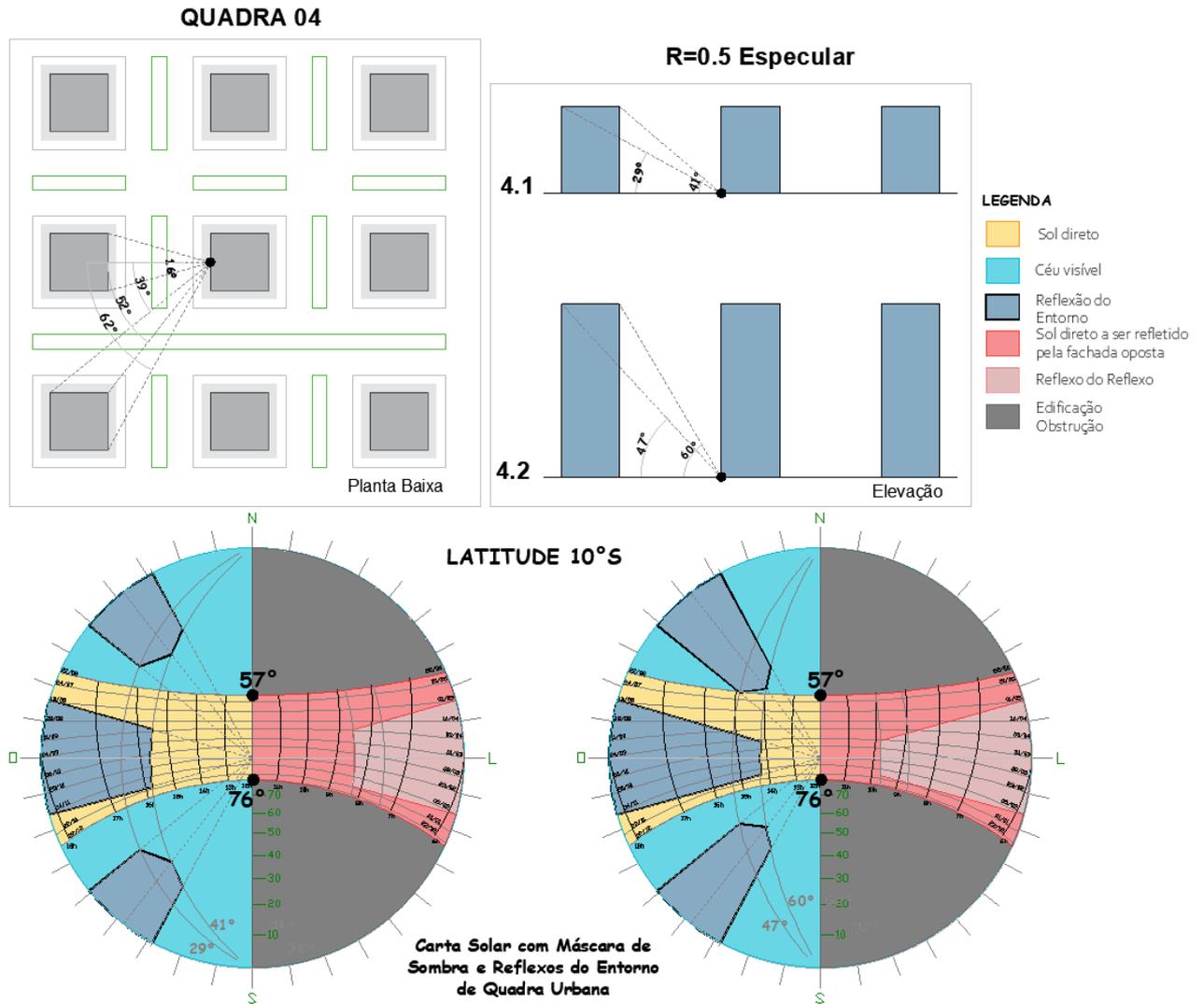
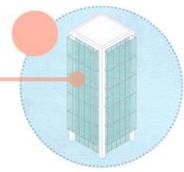


Figura 68 - Máscara solar da quadra urbana 04. Fonte: A autora.

A geometria solar no caso de superfícies especulares ganha maior importância por causa do grande efeito que os ângulos têm tanto no trajeto de sombras como de reflexos e consequente transmissão de luz ao interior das edificações. Depois de visualizar que nos modelos de quadra apontados, as edificações do entorno obstruem grande parte de iluminação natural provinda da orientação da abertura, reforçamos que os mesmos ângulos também operam nos reflexos e consequente transmissão. Seguem ilustrações da carta solar de Maceió (Figura 69) com destaque para visualização de exemplo de ângulos de altura solar nos solstícios, obstrução vizinha e horários mais afetados (Figura 70). Posteriormente são situadas as parcelas do entorno urbano e respectivos ângulos para a incidência limite. Dentro do limite de altura da fachada refletora, ao penetrar no cânion, a luz de incidência vai sofrendo gradativamente maior influência da obstrução vizinha (Figura 71) e da luz refletida, difusa ou especular.

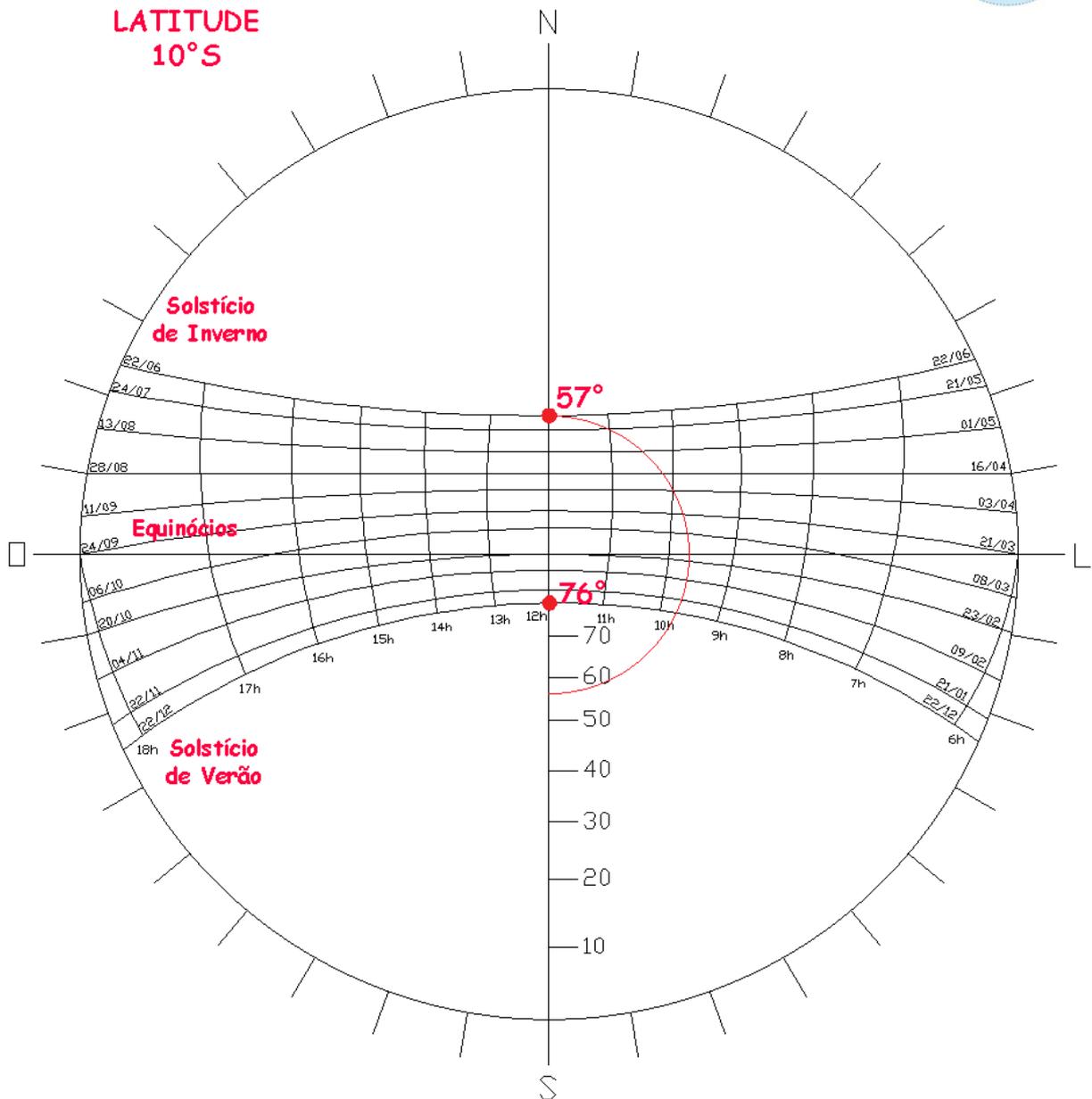
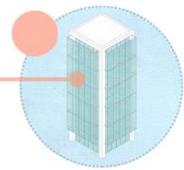


Figura 69 - Carta solar para a latitude de Maceió com os ângulos de altura solar ao meio dia nos solstícios. Fonte: A autora.

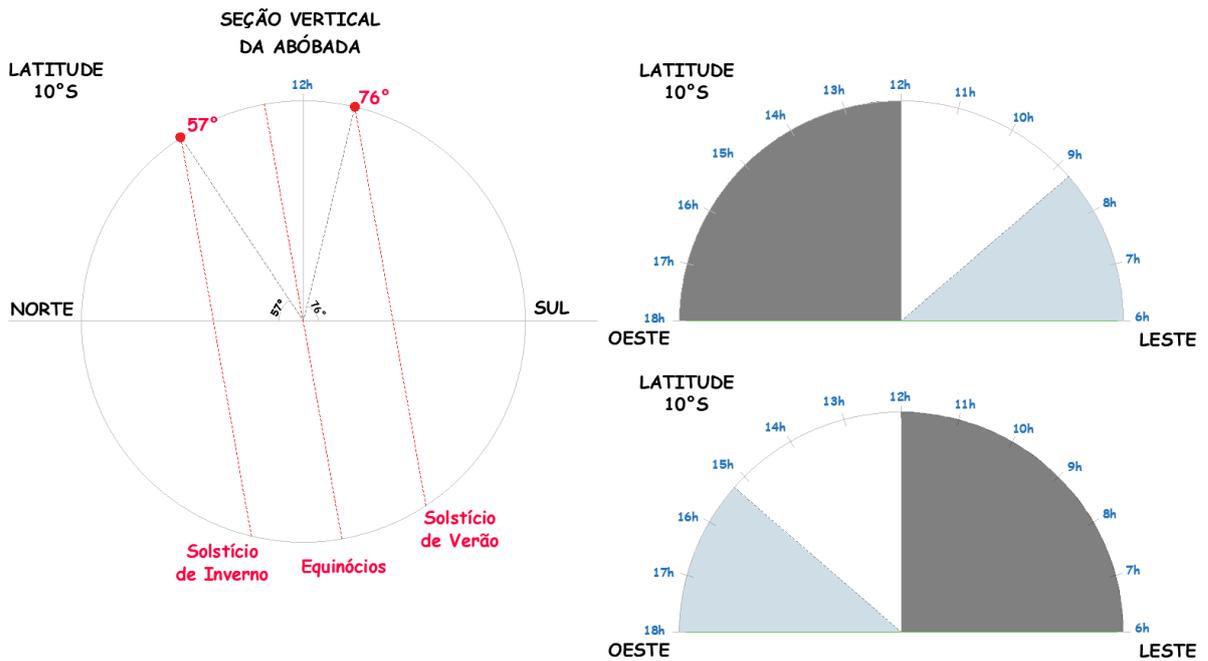
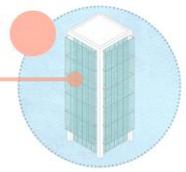


Figura 70 - Simplificação vertical geométrica da altura solar ao meio dia nos solstícios e exemplo de ângulo vertical de obstrução e interferência horária. Fonte A autora.

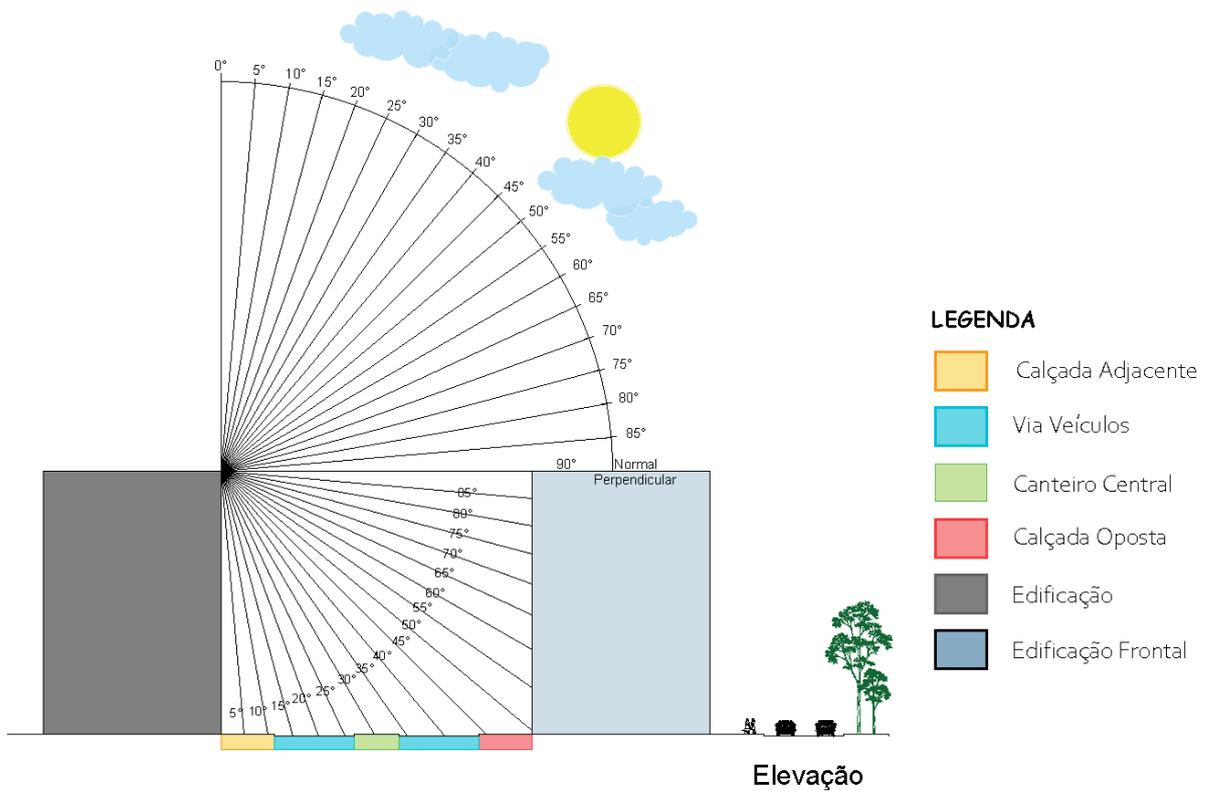
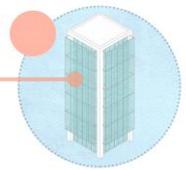


Figura 71 - Representação dos ângulos de incidência e respectivo alcance da refletância da luz natural no entorno urbano de quadra com edifícios de mesmo gabarito. Fonte: A autora.



Obviamente, quanto mais altos os edifícios vizinhos em uma mesma via, maior a obstrução. Entretanto, a distância das vias é fundamental para configurar o ângulo do cânion, que pode variar tanto que representa a mesma proporção de edifícios mais baixos. Tomando como exemplo os resultados para os edifícios de 60m da Quadra 04 na Figura 75, a obstrução é semelhante aos edifícios com metade da altura configurados na quadra 01 (Figura 72).

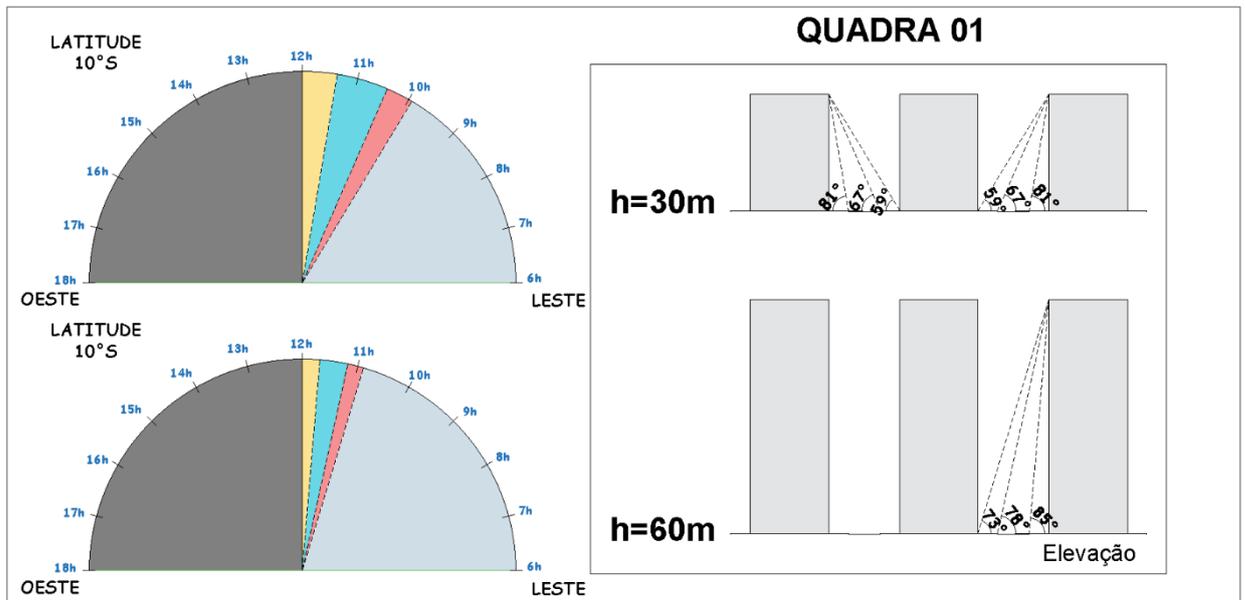


Figura 72 - Ângulos de influência no entorno da Quadra 01. Fonte: A autora.

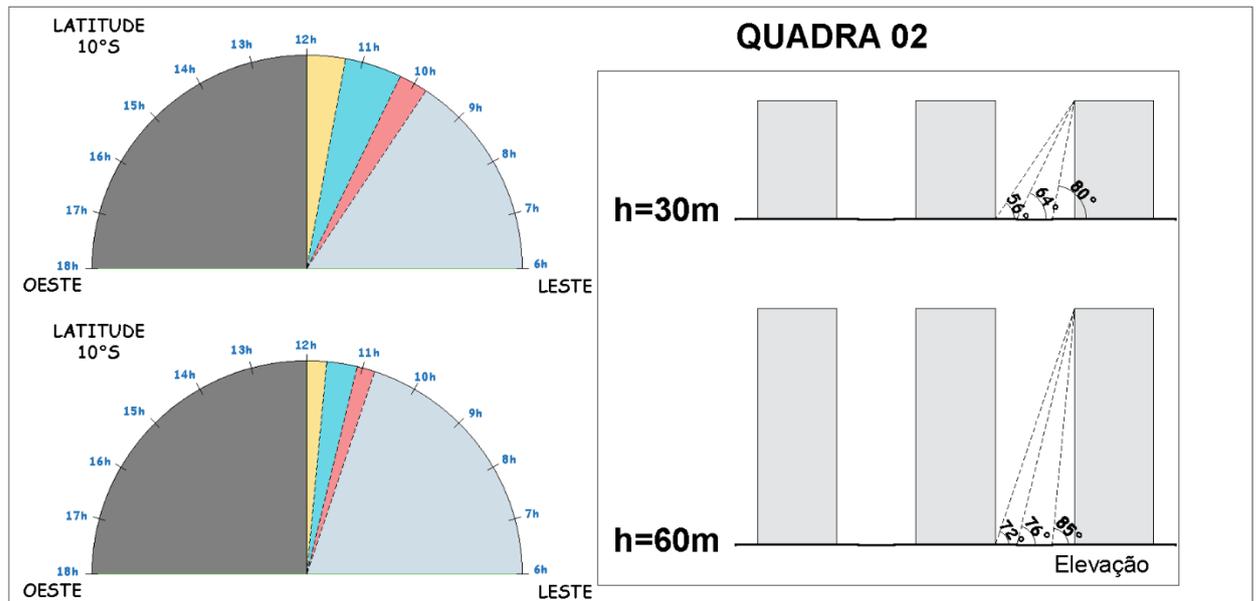
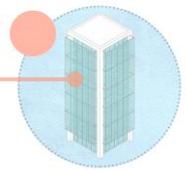


Figura 73 - Ângulos de influência no entorno da Quadra 02. Fonte: A autora.

A visualização geométrica dos parâmetros urbanos facilita o entendimento do projetista ao pensar, analisar a forma urbana em que realiza algum tipo de intervenção, seja na calçada



adjacente, seja no canteiro central, no desenho de equipamentos urbanos ou das vias. Pode-se notar que houve pouca modificação entre as geometrias da Quadra 01 e 02, mas diferenças significativas entre as quadras 03 e 04 em relação às demais (Figura 74 e Figura 75).

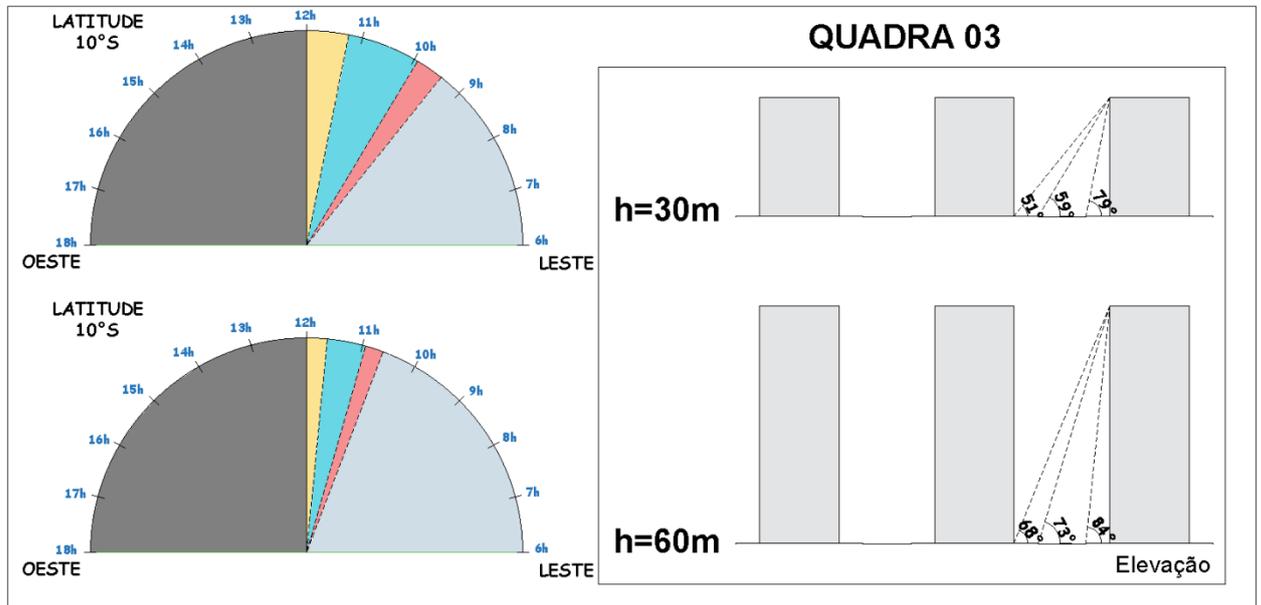


Figura 74 - Ângulos de influência no entorno da Quadra 03. Fonte: A autora.

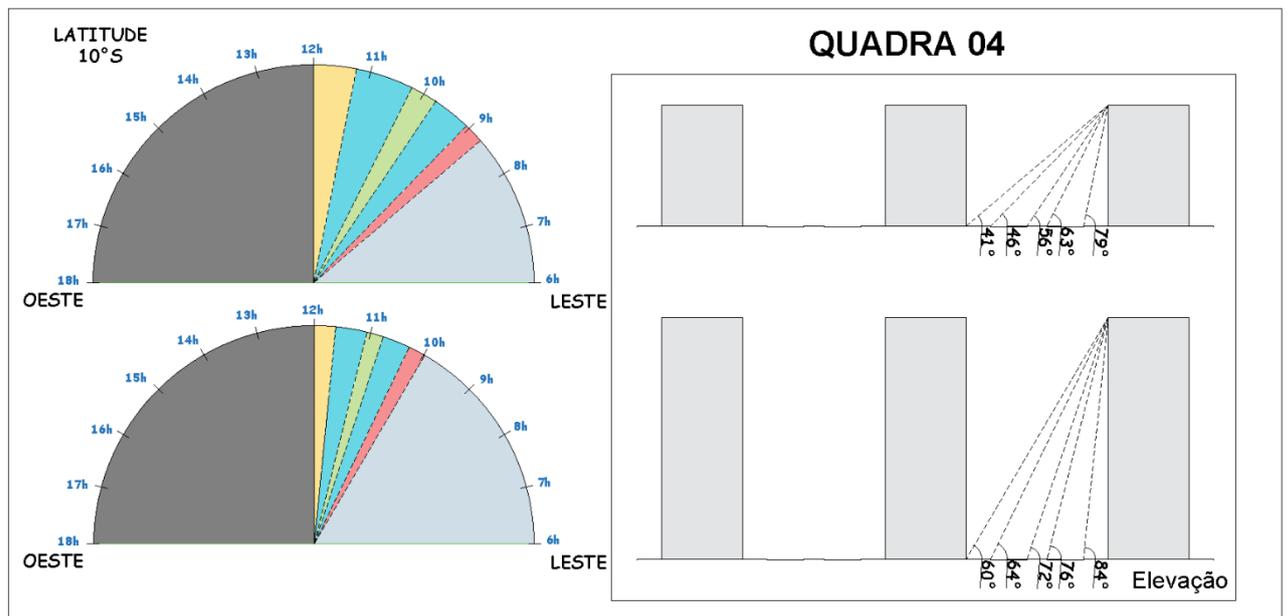


Figura 75 - Ângulos de influência no entorno da Quadra 04. Fonte: A autora.

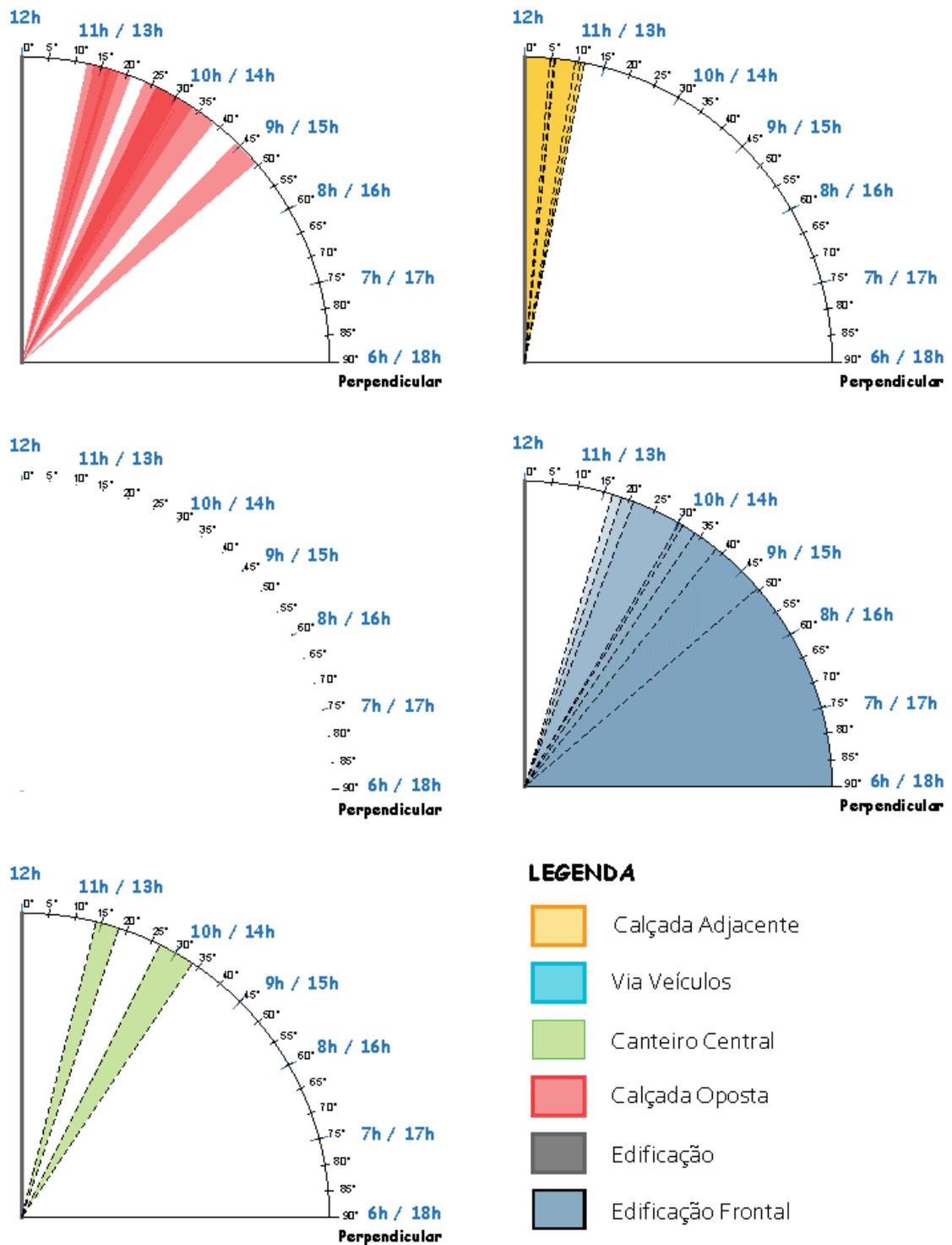
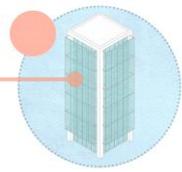
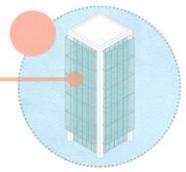


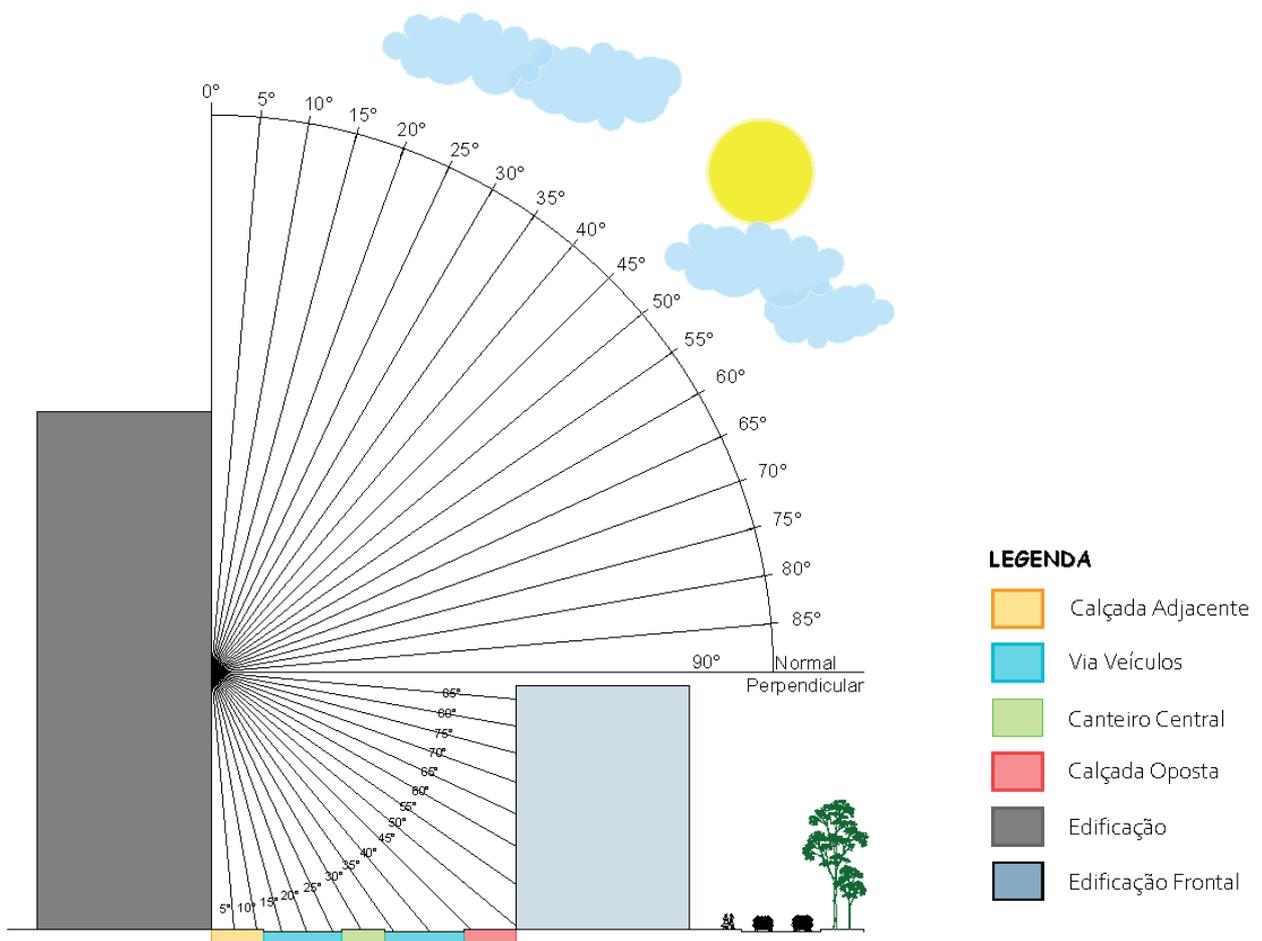
Figura 76 - Sistematização dos ângulos de influência para calçada oposta, calçada adjacente, via de veículos, edificação frontal e canteiro central. Fonte: A autora.

Acima na Figura 76 encontram sintetizados os espaços de entorno, bem como horários e ângulos de maior influência em cada área. A calçada adjacente recebe os ângulos de incidência dentro de 11°, mais próximos à fachada, que recebem maior intensidade de luz refletida. As vias recebem maior influência de ângulos próximos à fachada até quase 45°. A calçada oposta



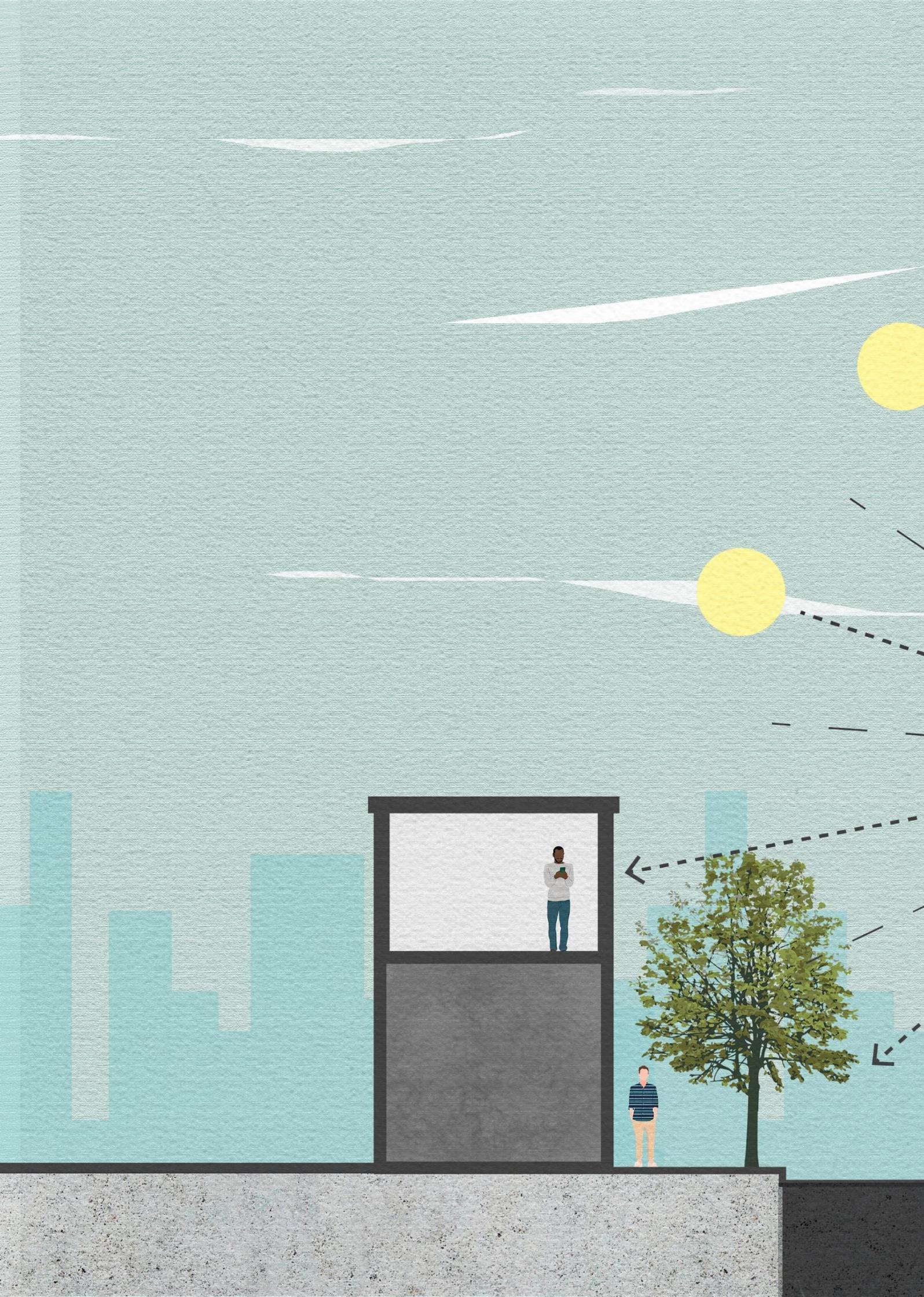
possui influência de ângulos da fachada oposta até 50° de vista do céu. Já os canteiros variam de 20° a 35° de acordo com a altura dos prédios. A edificação frontal pode obstruir grande parte do céu, chegando a uma abertura de visão do céu de 16° , endossando a grande influência da fachada frontal na disponibilidade e característica da luz natural.

Os modelos estudados não consideraram a variação da altura dos prédios num mesmo modelo de quadra. Entretanto, abaixo encontra-se ilustrada como a incidência acima da altura do prédio mais baixo pode refletir em qualquer horário a luz para dentro do cânion em toda superfície ligeiramente acima do edifício menor (Figura 77).



Elevação

Figura 77 - Representação dos ângulos de incidência e respectivo alcance da refletância da luz natural no entorno urbano de quadra com edifícios de gabaritos diferentes. Fonte: A autora.



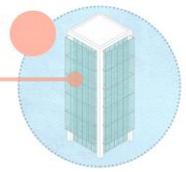
SEÇÃO VI

SEÇÃO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Tentemos apreender a fluência entre a paisagem e a habitação, entre o exterior e interior, para desenharmos portas que sejam um convite aos contatos entre os mundos coletivo e individual”. (HOLANDA, 1976).





6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

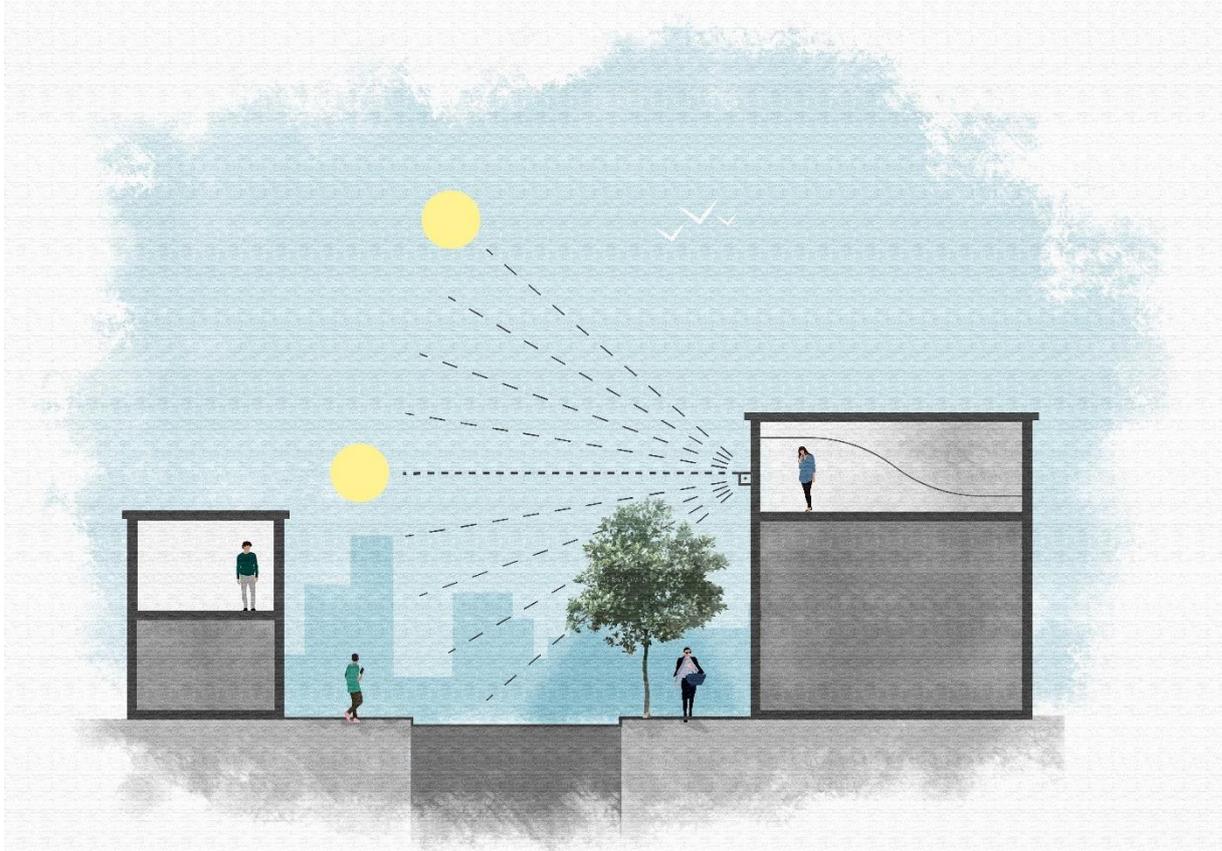
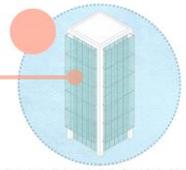
A tese teve como objetivo geral avaliar os reflexos provocados por fachadas envidraçadas de edifícios verticais na iluminação natural da cidade tropical de Maceió, Alagoas. A fim de se atender ao objetivo geral foram definidos três objetivos específicos trabalhados nas diversas seções dessa tese.

O primeiro objetivo foi identificar o impacto da luz natural refletida de diferentes geometrias de fachadas de vidro no ofuscamento interno do edifício vizinho frontal. Para a análise proposta foram encontrados comportamentos diferenciados de luz refletida em função da forma da fachada de vidro. Cada ângulo e formato tem um potencial de redirecionamento da luz que pode trazer grandes diferenças ao entorno construído, bem como ao interior da edificação.

O segundo objetivo específico realizou uma análise da variação da luz refletida e transmitida em função do ângulo de incidência nos diversos tipos de vidro para fachada. As análises partiram de experimentos em laboratório de física para obter dados que não estão disponíveis nem no mercado, nem em estudos acadêmicos. Foram definidos ângulos de incidência de 0 a 90° em intervalos de 5° e obtidos resultados transformados em gráficos.

O terceiro objetivo específico foi avaliar o impacto na iluminação natural no exterior de edifícios verticais em arranjos de quadra urbana em fachada de vidro parametrizados. Para tanto, relacionou-se os dados dos gráficos as consequências de sua reflexão e transmissão a cada cinco graus dentro do ambiente do entorno urbano. Uma análise de geometria de quadras paramétricas com variação de tamanho de vias, altura de edifícios e refletância, possibilitando identificar comportamentos relativos às intensidades das refletâncias e transmitâncias nos diferentes espaços do entorno.

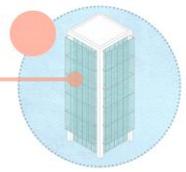
A partir das análises desenvolvidas, foi possível sintetizar os tipos de problemas possíveis para serem traçadas estratégias de projeto arquitetônico que viabilizem o balanço dos ganhos e perdas internos e externos de luz natural a partir da construção desse tipo de fachada.



6.1 Resultados de relevância ou contribuição científica

Como importantes resultados e discussões apresentadas na presente tese podem ser destacados alguns detalhes específicos:

- Análise crítica e teórica de abordagem do uso do vidro e seu propósito na arquitetura ao longo da história;
- A fachada como elemento pertencente a duas escalas: a macro - da cidade e a micro - do edifício e seu poder de influência tanto fora e quanto dentro dos ambientes momentaneamente;
- A quantidade de luz natural refletida nem sempre é favorável qualitativamente pois, a superfície especular pode ser fonte de ofuscamento caso esteja dentro do campo de visão do observador;
- Diferentes volumetrias de fachada possuem respostas diversificadas na reflexão da luz para o seu vizinho e essa forma pode ser usada a favor da intenção plástica, bem como o desempenho da fachada de vidro;
- Cada tipo de vidro tem um comportamento diferente e deve ser levado em consideração no projeto arquitetônico;



- A pesquisa apresenta dados inéditos de reflexão e transmissão de vidros da construção civil e faz a relação do meio urbano com o ângulo de incidência da radiação solar.

6.2 Proposta de Soluções (material, projeto, códigos ou normas)

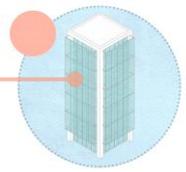
A partir dos resultados encontrados, é possível sugerir estratégias de projeto de fachadas de vidro que beneficiem tanto o edifício e seu interior quanto as cidades tropicais. Como o vidro ainda é praticamente o único material transparente utilizado nas aberturas, deve ser lembrada sua alta transmitância térmica não favorável à barragem do calor em climas tropicais. Também é importante entender o balanço entre a transmissão e a reflexão da luz, pois é necessário iluminar naturalmente o ambiente interno ponderando as consequências da radiação refletida ao ambiente externo.

O trabalho trouxe a visão de que os ângulos de incidência solar mais altos além de refletir mais para as calçadas e vias, podem ter intensidade muito maiores do que os dados fornecidos por fabricantes do mundo todo. No caso das amostras, a reflexão aumentou em até dez vezes mais que a perpendicular. A transmissão de luz também reduz drasticamente entre 8h30min e 14h30min, e esses ângulos correspondem justamente ao período de maior produtividade num ambiente de trabalho por exemplo e externamente ao grande fluxo de pessoas nas vias urbanas.

No processo de projeto integrado, a envoltória possui papel fundamental na definição de uma edificação eficiente, por esse motivo, além da concepção estética, as características dos vidros também devem estar presentes no momento inicial da concepção. Nas situações em que seja requisitada a vista completa, sem parede no caso de vedação completa em vidro, é importante a proteção da radiação solar, seja por meio de recuos na estrutura, por elementos de proteção solar ou vegetação, pois a radiação direta sempre vai aquecer qualquer tipo de vidro e transmitir esse calor para o ambiente interno, demandando maior consumo de energia.

6.3 Limitações e Sugestões para trabalhos futuros

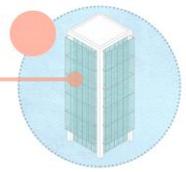
Inicialmente, diversas questões envolvendo fachadas de vidro foram levantadas a fim de avaliar seus efeitos em meio urbano além do interior das edificações. Para que fosse realizado esse estudo foram realizadas escolhas que por consequência acarretam as seguintes limitações:



- Os estudos simulados para quatro diferentes geometrias vizinhas podem ser realizados para diversos outros formatos e significarem um trabalho de volumetria de fachadas;
- Os experimentos com os vidros foram para várias amostras selecionadas, podendo ser complementados posteriormente inclusive com mais fabricantes;
- As medições se limitaram às iluminâncias, não sendo possível compreender a parcela do espectro que estava sendo transmitida, refletida e absorvida até porque a fonte de luz em estudo também não foi o sol;
- Não foram adentrados aspectos mais profundos de conforto luminoso e trabalhadas métricas de análise junto ao usuário;
- Os arranjos de quadra urbana foram simplificados, gerando possibilidade de abertura para análises de outros modelos, bem como estudos de caso.

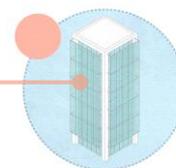
Em seguida, por delimitação da abordagem adotada na tese com ênfase em iluminação natural foram feitas escolhas, das quais muitos pontos desconsiderados, mas não menos importantes, podem ser objeto de novos trabalhos acadêmicos. Dessa forma, seguem sugestões de pesquisa para trabalhos futuros:

- Análise dos efeitos da parcela térmica da radiação refletida e reirradiada da fachada de vidro ao meio urbano;
- Avaliação da interferência dos tipos de vidro e os espectros de radiação transmitida, absorvida e refletida ao meio e consequências aos seres vivos e desempenho de materiais;
- Amostra considerável de entrevistas a profissionais que atuaram na construção civil que atuam ou atuaram na construção civil desde a década de 1980 e presenciaram uma grande transformação do mercado vidreiro além das tendências;
- Estudos de soluções projetuais práticas para os problemas encontrados baseados em estudo estatístico de projeto, elementos, aberturas, proporções, materiais e requisitos ambientais.

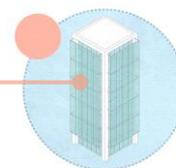


REFERÊNCIAS

- ALVES, M. E. M. **O início da Verticalização em Maceió**: um estudo tipológico dos edifícios multifamiliares em altura (1960-1970). Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.
- AMARAL, V. B. **Expressões de Modernidade em Maceió**: Uma perspectiva de preservação. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.
- ARGAN, G. C. **Arte moderna**. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2008.
- ARGAN, G. C. **Walter Gropius e a Bauhaus**. Tradução: Joana d’Avila Melo. Rio de Janeiro: José Olympio, 2005
- ARANTES, P. F. **Forma, valor e renda na arquitetura contemporânea**. São Paulo: ARS, v. 8, n. 16, 2010.
- ARAÚJO, I. A. L. **Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios no trópico úmido**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2006.
- ASSIS, R. M. C. **Caracterização ótica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp, Campinas, 1998.
- ASSIS, E. S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. *In*: ELACAC – ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., ENCAC – ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2005.
- ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. São Paulo, 2000. 253 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais. Rio de Janeiro, ABNT, 2013a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 8995-1**: Iluminação de ambientes internos de trabalho. Rio de Janeiro, ABNT, 2013b.
- BAKER, N. We are all outdoor animals. **Proceedings** of PLEA Cambridge, 2000.



- BARBIRATO, G. M. **Aplicação de modelo de balanço de energia para análise do ambiente térmico urbano de Maceió – AL**. 1998. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 1998.
- BARBOSA, G. B. **Arquitetura Contemporânea em Maceió (1980-2008): uma reflexão crítica**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.
- BAUMAN, Z. **Modernidade líquida**. Tradução: Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.
- BENÉVOLO, L. **História da Arquitetura Moderna**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001.
- BENTHAM, J. **O Panóptico**. 2. ed.. Org.: Tomaz Tadeu. Tradução: Louro, Magno, Tadeu. São Paulo: Autêntica, 2000.
- BERESTEIN, P. **Errâncias Urbanas: a arte de andar pela cidade**. UFRGS. Porto Alegre: Arqtexto vol. 7, 2005.
- BITTENCOURT, L. S. **Uso das cartas solares**. Diretrizes para Arquitetos. Maceió: Edufal, 2015.
- BRANDÃO, R. **As interações espaciais urbanas e o clima**. São Paulo, 2009. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- BROTAS, L; PANDYA, S. J. Tall Buildings and the Urban Microclimate in the City of London. 30 th International PLEA Conference, CEPT University, Ahmedabad, 2014. **Proceedings** [...].
- CABÚS, R. C. **Influência da luz refletida no solo na iluminação natural nos trópicos: comparando o desempenho de protetores solares**. In: CLACS – CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1.; ENTAC – ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais** [...]. Porto Alegre: Antac, 2004.
- CABÚS, R. C. **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil**. Tese (Doutorado em Arquitetura) – University of Sheffield, Sheffield, 2002.
- CABÚS, R. C. **TropLux Versão 7.0 - Manual do Usuário**. Maceió: Grilu, 2014.
- CALDAS, Ana N. A. **Fachadas em Maceió: análise de tipologias em edifícios verticais multifamiliares: estudo de caso nos bairros Pajuçara, Ponta Verde e Jatiúca**. Maceió/AL (1970-1999). 2019. 186 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.
- CASTRILLÓN, R. D. Integration of active and passive systems in Glass Façades. In: International Conference on Sustainable Energy Technologies: Aachen, Germany, 2009. **Proceedings** [...].



CAVALCANTE, M. M. P. D. O Projeto: **Diálogos da forma na orla de Maceió. Edifícios Verticais 1980-2012**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2014.

CAVALCANTI, L. **Moderno e Brasileiro: a história de uma nova linguagem na arquitetura (1930-60)** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

CARVALHO, C. **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, Maceió, 2010.

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

CHANDLER, T. J. **Urban Climatology and its Relevance to Urban Design**. Geneva, WMO Technical Note 149. 1976.

CHOAY, F. **O Urbanismo**. São Paulo: Perspectiva, 1979.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE – CIE. **Spatial distribution of daylight** – CIE standard general sky. Publication CIE S 011/E: n2003. Viena: CIE, 2003.

CITY OF SYDNEY. **Central Sydney Development Control Plan**. 2012.

COSTA, E. C. **Física aplicada à construção: Conforto Térmico**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 1991.

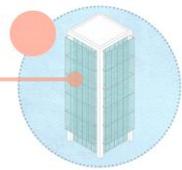
CRUZ, P. J. **Sustentabilidade do ambiente construído: Conservação de energia através do uso da ventilação natural como forma de refrigeração passiva do ambiente urbano**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2001.

CULLEN, G. **Paisagem Urbana**. Lisboa: Edições 70, 2006.

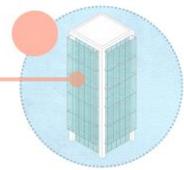
DANKS, R.; GOOD, J. **Urban Scale Simulations of Solar Reflections in the Built Environment. Methodology & Validation**. Urban Scale Simulations Sol Reflections Built Environ Methodol. 2016.

DANKS, R.; GOOD J.; SINCLAIR, R. **Assessing reflected sunlight from building facades: A literature review and proposed criteria**. Building and Environment, 103:193–202, 2016.

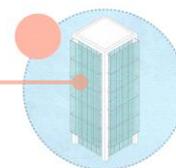
DELEUZE, G.; GUATTARI, F. **Mil platôs - capitalismo e esquizofrenia**. São Paulo: Ed. 34, 1997.



- DIEP, M.; DAVEY, P. G. **Glare and Ocular Diseases**. IntechOpen. Chapter4 - Causes and Coping with Visual Impairment and Blindness. 2018.
- DOE, U.S. Department of Energy's Building Technologies Office. **EnergyPlus**. Lawrence Berkeley National Laboratory, Califórnia, 2015.
- DOLLAGHAN, K. C. **Uma breve história dos prédios que derretem coisas**. Setembro de 2013. Disponível em: <http://gizmodo.uol.com.br/predios-que-derretem-coisas/>, visitado em 13/10/2014. 2014.
- DUARTE, D. **Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental**. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.
- DUBOIS, M. C. Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators. **Lighting Research and Technology**, 35(1), 2003.
- GBCB. Green Building Council Brasil. **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design). <http://www.gbcbrazil.org.br/>, visitado em 2019.
- GELAN, E. T. Glare pollution in urban areas. **Journal of Ethiopian Engineers & Architects**, 2012.
- GIOVANNINI, L.; FAVOINO, F.; LO VERSO, V.R.M.; PELLEGRINO, A.; SERRA, V. **A novel methodology to spatially evaluate DGP classes by means of vertical illuminances**, Preliminary results. In Proceedings of the 7th International Building Physics Conference (IBPC2018), Syracuse, NY, USA, 2018.
- GIOVANNINI, L.; FAVOINO, F.; LO VERSO, V.R.M.; PELLEGRINO, A.; SERRA, V. **A Simplified Approach for the Annual and Spatial Evaluation of the Comfort Classes of Daylight Glare Using Vertical Illuminances**. MDPI Buildings 2018,8, 171, Basel, 2018.
- GIVONI, B. **Climatic aspects of urban design in tropical climates**. Atmospheric Environment, Oxford, v.26B, n.3, p.397-406. 1992.
- GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. New York: John Wiley & Sons. 1998.
- GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: John Wile & Sons, 1994.
- GOMBRICH, E. H. **A história da arte**. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- GROPIUS, W. **Bauhaus – novarquitectura**. São Paulo: Editora Perspectiva. 1974.
- GUARDIAN. **Manual Técnico – Vidros de controle Solar e Eficiência Energética**. Guardian Industries Corp: 2010.



- GUTH, S. K. **Computing Visual Comfort Ratings for a Specific Interior Lighting Installation**. Illuminating Engineering: 634–642, 1966.
- HIGUERAS, E. **Urbanismo Bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, S.A., 2006.
- HIRNING, M. B., ISOARDI, G. L., COWLING, I. **Discomfort glare in open plan green buildings**. Energy and Buildings, 70, 427-440. 2014.
- HKB. Hong Kong Department. **Guidelines on Design and Construction Requirements for Energy Efficient of Residential Buildings**. Vol. Hong Kong. 2014.
- HOLANDA, A. **Roteiro para Construir no Nordeste - Arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados**. MDU/ UFPE: Recife, 1976.
- HOPKINSON, R. **Glare from daylighting in buildings**. Appl. Ergon. 3, 206–215. 1972.
- HOPKINSON, R.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Daylighting**. William Heinemann Ltda: Londres, 1966.
- IESNA. Illuminating Engineering Society of North America. **LM-83-12 IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)**. New York, NY, USA: IESNA Lighting Measurement. 2012.
- IESNA. Illuminating Engineering Society of North America. **IES Lighting Handbook**, 9th Edition, IESNA, New York, 2000.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Dados climáticos das normais climatológicas para Maceió - 1961-1990. <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em 24 de maio de 2010.
- INMETRO. **Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**. Anexo da portaria INMETRO nº50, 2013.
- ISHAK, N. M.; HIEN, W. N.; JENATABADI, H. S.; IGNATIUS, M.; YAMAN R. **The effect of building facade reflectivity on urban dwellers in tropics**. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 117 012038, 2018.
- JAKUBIEC, J. A. **Building a Database of Opaque Materials for Lighting Simulation**. In PLEA 2016– Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments, Proceedings of the 32nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture. 2016.
- JAKUBIEC, J. A; QUEK, G. **Towards Subjectivity in Annual Climate-Based Daylight Metrics**. Proceedings of BSO 2018: 4th Building Simulation and Optimization Conference, UK: IBPSA: Cambridge, 2018.
- JAKUBIEC, J. A; REINHART C.F. **The ‘adaptive zone’ – A concept for assessing discomfort glare throughout daylit spaces**. Lighting Research and Technology 44(2), pp. 149-170, 2012.



JONES, N. L., REINHART, C. F. **Physically based global illumination calculation using graphics hardware**. In Proceedings of eSim 2014: The Canadian Conference on Building Simulation (pp. 474-487). 2014.

KATZCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: ENCAC – ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 1997. p. 49-58.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. **Viviendas y Edificios en Zonas Calidas y Tropicales**. ed. Paraninfo. Spain. 1977.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura (3ª EDIÇÃO)**. Editora: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LANDSBERG, H. E. **O clima das cidades**. Tradução: Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo. Revista do Departamento de Geografia - USP, 18, 95-111, 2006.

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

LARANJA, A. C; CORREIA, L. G.; FERREIRA, N. S. **Troplux 7 Guia rápido**: Programa para avaliação da iluminação natural em ambiente construído. Instituto Lumeeiro, Maceió, 2016.

LBNL. Lawrence Berkeley National Laboratory. **WINDOW; IGDB**. <https://www.lbl.gov/>. Visitado em 2019.

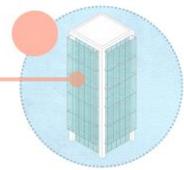
LE CORBUSIER (org.); **Carta de Atenas**; São Paulo: Editora Hucitec, 1989.

LEÃO JÚNIOR, R. S. N. **Impacto econômico do uso de ar condicionado em edifícios residenciais na cidade de Maceió-AL**. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado). UFAL: Maceió, 2008.

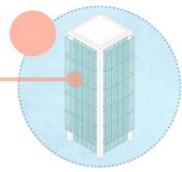
LIMA, R. C. **Interferência do entorno construído na disponibilidade de luz natural no interior do ambiente no litoral norte de Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

LINS, D. L. M. S. **A influência da varanda no aproveitamento da iluminação natural na arquitetura residencial vertical no trópico úmido**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

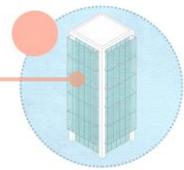
LITTLEFAIR, P J. **Prediction of reflected solar dazzle from sloping facades**. Building and Environment; 22:285–291, 1987.



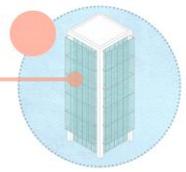
- LUCKIESH, M.; GUTH, S. K. **Brightness in visual field at borderline between comfort and discomfort (BCD)**. *Illuminating engineering*, 44(11), 650-670, 1949.
- LYNES, J. A. **Equatorial sunpath diagrams for sunlight reflected from specular surfaces**. *Lighting Research and Technology*, 39(1), 2007.
- MACEIÓ, Prefeitura Municipal de Maceió. **Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió**. 2007.
- MACEIÓ, Prefeitura Municipal de Maceió. **Plano Diretor: Maceió-Alagoas**. 2005.
- MAJOROS, A. **Daylighting**. (Plea Notes- design tools and techniques). Kenmore - Australia: PLEA, v.4, 1998.
- MARDALJEVIC, J. **Climate-Based Daylight Analysis**. In CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) Report pp. 3–26; CIE (Commission Internationale de l'Eclairage): Vienna, Austria, 2008.
- MARDALJEVIC, J.; ANDERSEN, M., ROY, N., CHRISTOFFERSEN, J. **Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability**. In *Proceedings of Building Simulation and Optimization*, Loughborough, UK. 2012.
- MARTINS, T. A. L. **De condicionantes solares a oportunidades de desenho urbano: otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical**. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- MAYHOUB, Mohammed. **Building Regulations Influence on Sunlight Penetration**. In: CONFERENCE, OPPORTUNITIES, LIMITS & NEEDS TOWARDS AN ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE ARCHITECTURE, 28., 2012, Lima. **Proceedings...** Opportunities, Limits & Needs Towards an Environmentally Responsible Architecture (PLEA), 2012.
- MICHELATO, R. **Avaliação do desempenho térmico de vidros refletivos: Estudo de caso em células-teste**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- MINDLIN, H. E. **Arquitetura Moderna no Brasil**. Aeroplano Editora /IPHAN. Rio de Janeiro, 2000.
- MOMA. Museum of Modern Art. **Modern Architecture: international exhibition**, Feb.10 to March 23, New York, 1932.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, 181p. Tese (Livre Docência em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.



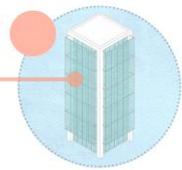
- MUNFORD, L. **The City in History**. England: Penguin Group, 1961.
- MUMFORD, Eric. **The CIAM discourse on urbanism, 1928-1960**; Cambridge, Mass.: MIT Press, 2000.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminance**: A new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research and Technology*, 37(1), 2005.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful Daylight Illuminance**: A replacement for daylight factors. *Energy Build.* 38, 905–913. 2006.
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2nd ed, London, 1987.
- OKE, T. R. **Street design and urban canopy layer climate**. *Energy and Building*. Amsterdam, Elsevier Science, 11, p.103-113, 1988.
- OLGYAY, V., OLGAY, A. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. New Jersey, Princeton University Press, 190p, 1963.
- OLIVEIRA, P. C. S.; JAVORSKE, D.C; TIEPPO, M.M.; ANJOS, M F. Influências para elaboração do projeto da casa de vidro da arquiteta Lina Bo Bardi. *In: Encontro Científico Cultural Interinstitucional - ECCI*, 14., 2016, Cascavel. **Anais [...]**. Cascavel, 2016. ISSN 1980-7406.
- OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 1988.
- PEREIRA, M. T. **As Casas de Lina Bo Bardi e os Sentidos de Habitat**. Universidade de Brasília – UnB. Brasília, 2014.
- PEVSNER, N. **Origens da Arquitetura Moderna e do Design** (3ª Edição) de Nikolaus Pevsner idioma: português do Brasil, português edição: Martins Fontes, 2001.
- PEVSNER, N. **Panorama da Arquitetura Ocidental** (2ª Edição) Português edição: Martins Fontes, São Paulo, 2002.
- REINHART, C. **Daylighting Handbook I: Fundamentals Designing with the Sun**. Yoshiki Waterhouse, Cambridge, 2014.
- REINHART, C. **Effects of interior design on the daylight availability in open plan offices**. *In: CONFERENCE OF THE ACEEE SUMMER STUDY ON ENERGY EFFICIENT BUILDINGS*. Proceedings, 2002.
- REINHART, C.; DOYLE, S.; JAKUBIEC, J.A.; MOGRI, R. **Glare Analysis of Daylit Spaces: Recommendations for Practice**. Conteúdo interativo online: http://web.mit.edu/tito_/www/Projects/Glare/GlareRecommendationsForPractice.html. Acessado em março de 2016.



- REINHART, C.; JAKUBIEC, J. A.; IBARRA, D. **Definition of a reference office for standardized evaluations of dynamic façade and lighting technologies**. In Proceedings of Building Simulation, Chambéry, France. 2013
- REINHART, C.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. **Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design**. Leukos 2006, 3, 7–31.
- REINHART, C.; WIENOLD, J. **The daylighting dashboard: A simulation-based design analysis for daylit spaces**. Building and environment, 46(2), 386- 396. 2011.
- ROCKCASTLE, S., ANDERSEN, M. **Measuring the dynamics of contrast & daylight variability in architecture: A proof-of-concept methodology**. Building and Environment, 81, 320-333. 2014.
- ROMERO, M. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Ed. Pro Livros, 2001.
- SÁNCHEZ, F. J. **Modificaciones microclimáticas inducidas por el entorno del edificio y su influencia sobre las demandas energéticas de acondicionamiento**. Tesis Doctoral Universidad de Sevilla, 2002.
- SÁNCHEZ, F. J; ÁLVAREZ, S.; SALMERON, J. **A new methodology towards determining building performance under modified outdoor conditions**. Building and Environment 41 1231-1238. 2006.
- SANT'ANA, M. M. **História do Modernismo em Alagoas (1922-1932)**. 2ª ed. Revista e aumentada. (Coleção Nordestina; v. 30). Maceió: EDUFAL, 2003.
- SANTOS, C. R.; FERRAZ, M.; PIRONDI, C. et al. **Lina bo bardi, mestre de obra e de vida**. [Depoimentos]. Projeto [S.l.], n. 151, p. 85-6, 1992.
- SANTOS, L.; CALDAS, L. **Assessing the Glare Potential of Complex Fenestration Systems: A Heuristic Approach Based on Spatial and Time Sampling**. In: Passive Low Energy Architecture (PLEA) 2018: Smart and Healthy within the 2-degree Limit, Hong Kong, December 10-12, 2018, vol.1 pp. 446-451
- SCALCO, V. A.; PEREIRA, F. O. R.; RIGATTI, D. **Impacto de novas edificações na vizinhança: proposta de método para a análise das condições de iluminação natural e de insolação**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, 2010.
- SCHILER, M. **Examples of Glare Remediation Techniques Four buildings**. Plea2009.
- SCHILER, M.; VALMONT, E. **Microclimatic Impact: Glare around the Walt Disney Concert Hall**. Proceedings Solar World Congress. 2005.
- SCHILER, M.; VALMONT, E. **Urban environmental glare: the secondary consequence of highly reflective materials**. 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. 2006.
- SHIH, N. J, HUANG Y. S. **A study of reflection glare in Taipei**. Building Research. 2001.



- SOUSA NETO, J. A.; CASTRO, B. F. **Melatonina, ritmos biológicos e sono** - uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Neurologia*, 44 (1): 5-11. 2008.
- SREEDHARAN, S. **BCA to update rule on use of reflective materials in buildings** [Internet]. 2013.
- SUK, J.; SCHILER, M. **Investigation of Evalglare software, daylight glare probability and high dynamic range imaging for daylight glare analysis**. *Light. Res. Technol*, 45, 450-463. 2013.
- SUK, J.; SCHILER, M.; KENSEK K. **Reflectivity and specularity of building envelopes: how materiality in architecture affects human visual comfort** Reflectivity and specularity of building envelopes. *Archit Sci Rev*. 2017.
- TEIXEIRA, R. B. **Arquitetura vernacular** - Em busca de uma definição. *Arquitextos*, São Paulo, ano 17, n. 201.01, Vitruvius, fev. 2017 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.201/6431>>.
- TORRES, S.; LO VERSO, V.R.M. **Comparative Analysis of Simplified Daylight Glare Methods and Proposal of a new Method Based on the Cylindrical Illuminance**. *Energy Proceedings*. 2015.
- TOLEDO, A.; COSTA, I.; BULHÕES, M. **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 de 2010.
- TREGENZA, P.; LOE, D. **The design of lighting**. E & FN SPON: Londres, 1998.
- TREGENZA, P.; SHARPLES, S. **New Daylight Algorithms**. Subtask C2 ETSU contract E/5A/1350/2665. School of Architectural Studies. University of Sheffield, 1995.
- UMAKOSHI, E. M.; GONÇALVES, J.C.S. **A utopia do edifício alto verde e a criação de uma nova geração de ícones do desempenho ambiental**. *Pós* v.16 n.26, São Paulo, 2009.
- VAN DEN WYMELENBERG, K.; & INANICI, M. **A critical investigation of common lighting design metrics for predicting human visual comfort in offices with daylight**. *Leukos*, 10(3), 145-164. 2014.
- WARD, G. J. **The RADIANCE lighting simulation and rendering system**. In *Proceedings of the 21st annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 459-472). ACM. 1994.
- WHESTPHAL, F. S. **Vidros de alto desempenho e eficiência energética em edificações**. 11º Simpovidro Abra Vidro. Palestra Cebrace - Disponível em [slideshare.net](https://www.slideshare.net). 2014.
- WIENOLD, J. **Dynamic daylight glare evaluation**. In *Proceedings of the 11th International IBPSA (International Building Performance Simulation Association)*, Glasgow, Scotland, 2009.



WIENOLD, J. **Dynamic simulation of blind control strategies for visual comfort and energy balance analysis**. In: Proceedings of the 10th International IBPSA Conference (International Building Performance Simulation Association) Volume 10, pp. 1197 – 1204.04. Building Simulation, Beijing, China, 2007.

WIENOLD J.; CHRISTOFFERSEN, J. **Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras**. Energy and Buildings, 38(7):743{757, 2006.

WIENOLD J.; IWATA T.; KHANIE M.S.; ERELL E., KAFTAN E.; RODRIGUEZ R.G.; GARRETON J.A.Y.; TZEMPELIKOS T.; KONSTANTZOS I.; CHRISTOFFERSEN J.; KUHN T.E.; PIERSON C.; ANDERSEN M. **Cross-validation and robustness of daylight glare metrics**. Lighting Res. Technol. 2019; 0: 1–31, 2019.

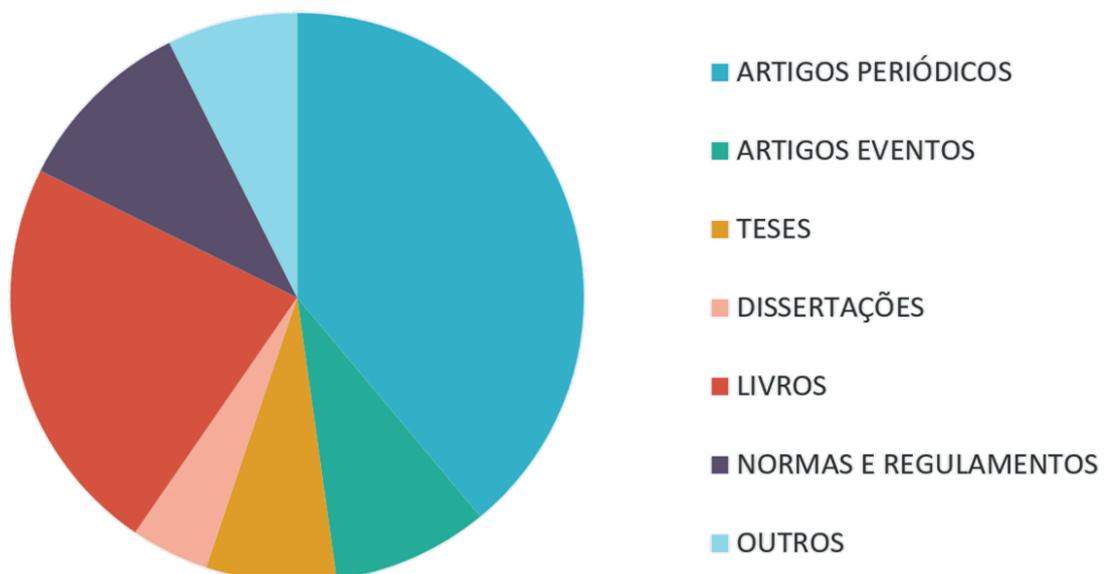
WONG, J. S. **A comprehensive ray-tracing study on the impact of solar reflections from glass curtain walls**. Environ Monit Assess 188: 16, Suíça, 2016.

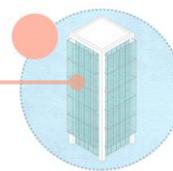
ZEVI, B. **A Linguagem Moderna da Arquitectura**. Lisboa: Dom Quixote, 2004.

ZHU, J.; JAHN W.; REIN G. **Computer simulation of sunlight concentration due to façade shape**: application to the 2013 Death Ray at Fenchurch Street, London, Journal of Building Performance Simulation, Published by InformaUK Limited, trading as Taylor & FrancisGroupPublished online, 2018.

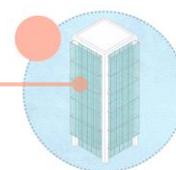
ZOMER, C.; RUTHER, R. **A arquitetura eficiente como um meio de economia energética atuando no gerenciamento pelo lado da demanda**. ENTAC: Fortaleza, 2008.

FONTES



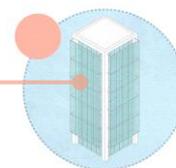


ANEXOS

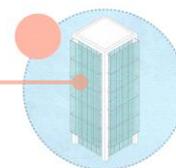


DADOS DE DESEMPENHO DE VIDROS INSULADOS DE CONTROLE SOLAR									
Código	Ref. Cor	Fatores Luminosos			Fatores Energéticos			Outros Fatores	
		Transm	Reflexão	Reflexão	Absorção	FS	Valor-U	Ganho	Coefficiente
			Externa	Interna	%		w/m ² °C	relativo de	Sombr.(CS)
		%	%	%		%	calor W/m ²		
SunGuard® GUARDIAN									
SunGuard Solar									
Neutral 14	Clear	13	32	41	61	0,31	1,82	239	0,36
Silver 20	Silver	17	34	30	58	0,21	2,27	171	0,24
Silver 32	SilverBlue-Gray	29	25	26	58	0,33	2,64	260	0,38
Neutral 14	Green	11	24	41	81	0,16	2,2	131	0,18
Silver 20	Green	15	25	30	79	0,18	2,27	146	0,2
Silver 32	Blue-Green	24	19	26	76	0,25	2,64	201	0,29
SunGuard High Performance									
Neutral 40	Natural Gray	39	22	12	51	0,31	1,82	239	0,36
Royal Blue 40	Royal Blue	38	25	18	51	0,31	1,74	239	0,36
Neutral Plus 50	Crisp Silver	49	26	15	38	0,34	1,62	261	0,39
Light Blue 63	Light Blue	62	15	12	41	0,51	1,92	383	0,58
Neutral 70	Clear	69	12	12	36	0,54	1,86	402	0,61
Neutral 40	Green-Gray	33	17	12	74	0,24	1,82	182	0,27
Royal Blue 40*	Aquamarine	32	19	17	73	0,23	1,74	175	0,26
Neutral Plus 50*	Green-Silver	41	20	15	69	0,25	1,62	194	0,29
Light Blue 63*	Blue-Green	52	12	11	67	0,34	1,92	258	0,39
Neutral 70*	Green	58	10	11	64	0,36	1,86	272	0,41
Neutral Plus 50*	Gray	24	10	14	40	0,23	1,62	179	0,26
Neutral 70*	Gray	34	6	10	66	0,64	1,86	261	0,39
AG 43 clear	Clear	41	29	14	41	0,3	1,65	228	0,34
AG 43 green	Green	35	22	14	71	0,23	1,65	175	0,26
SunGuard Super Neutral									
Neutral 55	Clear	54	25	15	36	0,39	1,65	294	0,45
Neutral 55	Green	45	19	15	68	0,28	1,65	211	0,31
CEBRACE									
Coll Lite Classic									
130M	Verde Intenso	29	31	21	51	0,35	2,8	280	0,40
130CZ	Cinza	25	18	31	62	0,29	2,8	248	0,34
114FN	Prata Neutro	12	28	37	66	0,19	2,8	174	0,22
120PR	Prata	17	26	33	63	0,21	2,8	185	0,24
114AI	Azul Intenso	12	21	35	71	0,2	2,8	178	0,23
Reflecta Float									
Incolor	Incoloror	31	47	50	26	0,42	2,8	326	0,48
Verde	Verdede	26	36	50	60	0,28	2,8	325	0,32
Cinza	Cinzaza	15	14	50	67	0,28	2,8	238	0,32
Ecolite									
Incolor	Incolor	53	11	18	40	0,53	2,8	408	0,6
Verde	Verde	47	10	17	68	0,33	2,8	273	0,38
Cool Lite KNT									
KNT	Incolor	47	17	10	47	0,37	1,9	288	0,43
KNT	Verde	38	13	10	70	0,26	1,9	212	0,3
KNT	Azul	30	10	10	70	0,26	1,9	207	0,29
Cool Lite SKN									
	Incolor	50	18	20	42	0,28	1,6	217	0,32

VIDROS ESTUDADOS



Amostra				Dados do Fabricante							
				Fatores Luminosos			Transmissão Energética				Transm. Térmica
Nº	Aparência Acabamento	Nome	Espes. (mm)	TL (%)	RLe (%)	RLi (%)	TE (%)	AE (%)	FS	CS	U (W/m²k)
	MARCA C										
C02	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02/nenhuma <u>Composição Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/Transparente <u>Reflexão Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/Transparente	Cool Lite ST 420 - Green	4	18	27	27	12	71	0,27	0,31	5,20
C06	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02/nenhuma <u>Composição Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/Transparente <u>Reflexão Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/Transparente	Float - Bronze	4	59	6	6	55	39	0,65	0,74	5,8
C14	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02/nenhuma <u>Composição Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/Transparente <u>Reflexão Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/Transparente	Reflecta Float - Incolor	4	34	46	52	44	24	0,5	0,57	5,8
C15	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02/nenhuma <u>Composição Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/Transparente <u>Reflexão Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/Transparente	Diamant	4	91	8	8	90	2	0,9	1,04	5,8
C16	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02/nenhuma <u>Composição Cor</u>	Float Incolor	4	89	8	8	83	10	0,85	0,98	5,8



	Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/ Transparente Reflexão Cor Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/ Transparente										
	MARCA G										
G02	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02 /nenhuma <u>Composição Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/ Transparente <u>Reflexão Cor</u> Verde/ Azul /Marrom/Cinza/Comum/ Transparente	Blue	6/6	34	28	6	38				
G03	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02 /nenhuma <u>Composição Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/ Transparente <u>Reflexão Cor</u> Verde/Azul/Marrom/ Cinza /Comum/ Transparente	Chrome	6/6	35	31	10	41				
G19	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02/nenhuma <u>Composição Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/ Transparente <u>Reflexão Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/ Transparente	Neutral 70 On Clear	6/6	72	9	8	0,6	5,67	1,20	0,69	
G21	<u>Deposição Refletiva</u> Face 01/ Face 02/nenhuma <u>Composição Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/ Transparente <u>Reflexão Cor</u> Verde/Azul/Marrom/Cinza/Comum/ Transparente	Float Verde	6	-							