



Universidade de Brasília

PÓS-GRAUDUAÇÃO FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
TESE DE DOUTORADO

Relação entre Parâmetros Arquitetônicos e Efeitos Não Visuais da Iluminação Natural em Salas de Aula do Ensino Superior

ADRIANA ALICE SEKEFF CASTRO

ORIENTADORA:

Prof.^a Dr.^a Cláudia Naves David Amorim



Universidade De Brasília - UnB
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação –PPG
Doutorado em Arquitetura e Urbanismo
Linha de Pesquisa: Paisagem, Ambiente e Sustentabilidade

Tese de doutorado / Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de Brasília

Relação entre Parâmetros Arquitetônicos e Efeitos Não Visuais da Iluminação Natural em Salas de Aula do Ensino Superior

Adriana Alice Sekeff Castro

Orientadora:

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Claudia Naves David Amorim

Brasília, 2025

CATÁLOGO CARD

REFERÊNCIA

CASTRO, Adriana Alice Sekeff. Relação entre Parâmetros Arquitetônicos e Efeitos Não Visuais da Iluminação Natural em Salas de Aula no Ensino Superior. 2025. XXXf. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2025

Brasília, 06 de novembro de 2025.

Tese de Doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília e aprovada pela banca examinadora constituída pelos membros:

Examinador Externo:

Prof.^a Dr.^a Betina Tschiedel Martau

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFRGS

Examinador Externo:

Prof. Dr. Paulo Sergio Scarazzato

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – USP

Examinador Interno:

Prof.^a Dr.^a Erica Mitie Umakoshi Kuniuchi

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UnB

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Naves David Amorim

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UnB

Suplente

Prof.^a Dr.^a Joara Cronemberger Ribeiro Silva

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UnB

Dedico a Deus, ao meu marido, aos meus pais,
aos meus irmãos, às minhas cunhadas e aos
amigos que me apoiaram durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me permitir alcançar mais esta conquista — um sonho nutrido desde o 3º período da graduação em Arquitetura e Urbanismo, em 2005, em São Luís do Maranhão. Pela força concedida para deixar minha cidade natal, mesmo sem emprego, mas com a determinação e a vontade de integrar a Universidade de Brasília.

À minha orientadora, professora Cláudia Naves David Amorim, pelo apoio, paciência e dedicação constantes.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem incondicionalmente e acreditarem nas minhas escolhas e aventuras na busca pelo conhecimento.

Ao meu marido, Yuri, que não hesitou em abraçar os meus sonhos como seus, decidindo partir comigo para Brasília. Juntos, deixamos tudo para trás, com apenas um carro emprestado e a imensa vontade de transformar nossas vidas.

Aos meus irmãos, Igor e Fábio, pelo carinho e apoio, assim como pelo amor recebido de minhas cunhadas Rose, Dani, Isabela e Carol, que sempre me fortaleceram e me incentivaram a seguir adiante.

Aos meus amigos de infância, que torceram por mim e me incentivaram quando decidi mudar de cidade. Sou especialmente grata à minha amiga Graziella Buonocore, por todas as visitas que ajudaram a diminuir a saudade de todos.

Sinto-me honrada por ter integrado o Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética – LACAM, espaço que contribuiu de forma significativa para meu crescimento acadêmico e pessoal. As reuniões realizadas foram momentos de grande aprendizado e troca, sempre marcados pelo espírito colaborativo e acolhedor dos colegas. Expresso minha gratidão a todos os amigos e companheiros de pesquisa que estiveram ao meu lado e me incentivaram durante esta caminhada. Em especial, agradeço a Ayana Dantas, Amanda Pinheiro, Túlio Bones, Júlia Herszenhut, João Aguiar, Luísa Puntel, Isabella Botelho, Thiago Góes, João Walter, Juliana Andrade, Camila Correia e Larissa Angueth, pela amizade e companheirismo.

Aos professores que fizeram parte da minha formação, cujos ensinamentos ultrapassaram as salas de aula. Em especial, agradeço à professora Joára Cronemberger Ribeiro Silva e ao professor Caio Frederico e Silva, pelos valiosos conselhos.

RESUMO

Os efeitos não visuais da luz natural — associados ao bem-estar, ao desempenho cognitivo e ao ritmo circadiano — têm recebido crescente atenção, mas sua aplicação prática em projetos arquitetônicos ainda é incipiente, sobretudo em salas de aula do ensino superior em contextos tropicais. O objetivo geral desta tese foi estabelecer relação e grau de impacto entre os parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais da luz, tendo como fonte a luz natural em salas de aula de ensino superior, partindo da hipótese de que variáveis como orientação, percentual de abertura da fachada (PAF), propriedades reflexivas dos materiais (refletância, cor e razão melanópica pela fotópica – M/P), vidro (transmissão luminosa - Tvis) e uso de sombreamento podem ser correlacionadas e quantificadas em relação à resposta circadiana dos usuários. A tese adotou abordagem quantitativa, com levantamento documental, simulações computacionais e análise estatística, abrangendo cenários em três latitudes brasileiras (3,71°S, 15,78°S e 25,43°S). Os resultados confirmaram a hipótese demonstrando que esses parâmetros podem ser correlacionados e quantificados quanto ao impacto sobre os efeitos não visuais. O PAF mostrou-se o fator mais influente, com destaque para o PAF de 80% (+88,83%) e de 60% (+71,20%) em comparação ao de 40%. As propriedades reflexivas dos materiais também se mostraram relevantes: a substituição da cor branca ($\rho \approx 77\%$, M/P 0,97) pela azul ($\rho \approx 71\%$, M/P 1,09) elevou em +10,71% os valores de Mel-EDI. Os parâmetros arquitetônicos podem apresentar correlações entre si que afetem seus desempenhos, sendo indispensável que sejam analisados em conjunto. De forma geral, o cenário: PAF >60%, orientação norte (fachada), vidros Tvis >70%, uso de sombreamento (brise), profundidades de sala entre 5-7 m, refletância >70% e M/P >0,90 potencializaram o estímulo circadiano, especialmente na latitude 25,42°S. É necessário, contudo, cautela nas interpretações e decisões projetuais, diante da complexidade de integrar iluminação circadiana, conforto visual, térmico e eficiência energética. A pesquisa contribui para suprir lacunas teóricas e oferece recomendações práticas para projetos arquitetônicos. A tese aponta oportunidades para futuras investigações que envolvam medições experimentais, diferentes configurações espaciais e participação dos usuários, aprofundando a compreensão sobre os efeitos não visuais da luz natural no contexto brasileiro.

Palavras-chave: efeitos não visuais da luz; iluminação natural; sala de aula do ensino superior; parâmetros arquitetônicos; ritmo circadiano.

ABSTRACT

The non-visual effects of daylight — associated with well-being, cognitive performance, and circadian rhythm — have gained increasing attention, yet their practical application in architectural design remains incipient, particularly in higher education classrooms within tropical contexts. This thesis aimed to establish the relationship and degree of impact between architectural parameters and the non-visual effects of daylight in higher education classrooms, based on the hypothesis that variables such as orientation, windows-walls-floors (WWF), surface reflectance properties (reflectance, color, and melanopic-to-photopic ratio – M/P), glazing (visible transmittance – T_{vis}), and shading devices can be correlated and quantified in relation to the circadian response of users. The study adopted a quantitative approach, including documental review, computational simulations, and statistical analysis, covering scenarios across three Brazilian latitudes (-3.718° , -15.780° , and -25.429°). The results confirmed the hypothesis, demonstrating that these parameters can be correlated and quantified regarding their impact on non-visual outcomes. WWF was identified as the most influential factor, particularly WWF 80% (+88.83%) and 60% (+71.20%) compared with 40%. Reflective properties of surfaces were also relevant: replacing white walls ($\rho \approx 77\%$, M/P 0.97) with blue walls ($\rho \approx 71\%$, M/P 1.09) increased Mel-EDI values by +10.71%. Architectural parameters may interact with each other, as observed between WWF and surface reflectance, making an integrated analysis essential. Overall, scenarios combining WWF >60%, north-facing façades, glazing with $T_{vis} > 70\%$, shading devices (brise-soleil), classroom depths between 5–7 m, surface reflectance >70%, and M/P >0.90 yielded the greatest circadian stimulus, especially at latitude -25.429° . Nevertheless, caution is required in interpreting results and deriving design decisions, given the complexity of integrating circadian lighting with visual comfort, thermal comfort, and energy efficiency. This research helps bridge theoretical gaps and provides practical recommendations for architectural design. The thesis also highlights opportunities for future investigations involving experimental field measurements, diverse spatial configurations, and user participation, thereby deepening the understanding of daylight's non-visual effects in the Brazilian (Southern Hemisphere) context.

Keywords: non-visual effects of light; daylighting; higher education classrooms; architectural parameters; circadian rhythm.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEN – *European Committee for Standardization*
CHPS – *Colaborative for High Performance Schools*
CIE – *Commission Internationale De L'Eclairage/ International Commission on Illumination* (Comissão Internacional de iluminação)
CRI – *Color Rendering Index*
IRC - Índice de Reprodução de Cor
CCT – *Correlated Color Temperature*
SPD – *Spectral Power Distribution* (distribuição de energia espectral, tradução NBR 15.215)
DIN – Deutsches Institut für Normung
IEA – *International Energy Agency*
IES – *Illuminating Engineering Society*
ipRGCs – *intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells*
LRC – *Lighting Research Center*
DA – *Daylight Autonomy* (autonomia da luz do dia)
sDA – *Spatial Daylight Autonomy* (autonomia da luz do dia espacial, tradução NBR 15.215)
UDI – *Useful Daylight Illuminance* (iluminância útil da luz do dia, tradução NBR 15.215)
DGP – *Daylight Glare Probability* (probabilidade de ofuscamento pela luz natural, tradução NBR 15.215)
EML – *Equivalent Melanopic Lux* (lux melanópico equivalente, tradução NBR 15.215)
M/P ratio – *Melanopic to Photopic ratio*, (razão melanópica - Schier, 2023)
ALFA – *Adaptive Lighting for Alertness* (software)
Mel-EDI/mel-EDI – *Melanopic equivalent daylight illuminance* (iluminância da luz do dia melanópica equivalente, tradução NBR 15.215)
Mel-DER/mel-DER/mDER - *Melanopic daylight efficacy ratio* (razão de eficácia da luz do dia melanópica)
PAF – Porcentagem de Abertura da Fachada
 ρ - Refletância fotópica
 $V(\lambda)$ - Comprimento de Onda da Curva de Sensibilidade do Espectro visual (nm)
 $C(\lambda)$ - Comprimento de Onda da Curva de Sensibilidade do Espectro não visual (nm)
WWR - *Window-to-Wall-Ratio* (Razão entre janela e parede)

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 E 2 - ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALA DE AULA NA UNICAMP (CAMPINAS/SP) (À ESQUERDA) E NA ESCOLA ESTADUAL GOVERNADOR JOÃO ALVES FILHO (ARACAJÚ/SE) (À DIREITA)	19
FIGURA 3 - ÁREA TEMÁTICA - 1) SCOPUS (À ESQUERDA), E 2) WEB OF SCIENCE (À DIREITA) EM JULHO DE 2023	21
FIGURA 4 - BENEFÍCIOS DE UMA BOA ILUMINAÇÃO.....	27
FIGURA 5 - COMO A FALTA DA LUZ NATURAL AFETA O SER HUMANO A CURTO E A LONGO PRAZO	28
FIGURA 6 - FISILOGIA DO OLHO HUMANO.....	28
FIGURA 7 - ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS FUNDAMENTOS NEUROANATÔMICOS DOS EFEITOS DA LUZ	30
FIGURA 8 - O CAMINHO DA LUZ DA CAUSA (ESTÍMULO) AO EFEITO (RESPOSTA) NO SER HUMANO	31
FIGURA 9 - RELÓGIO BIOLÓGICO E O RITMO CIRCADIANO	31
FIGURA 10 - TRÊS ASPECTOS DOS EFEITOS NÃO VISUAIS E RESPECTIVOS MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO.....	32
FIGURA 11 - FUNÇÕES DE EFICÁCIA LUMINOSA NORMALIZADA PARA OS SISTEMAS FOTÓPICOS - $V(\lambda)$ E CIRCADIANO - $C(\lambda)$	33
FIGURA 12 - GRÁFICO DE CURVA DE SENSIBILIDADE ESPECTRAL.....	33
FIGURA 13 - REPRESENTAÇÃO DA INCIDÊNCIA IDEAL DA LUZ.....	35
FIGURA 14 - FUNÇÕES DE SENSIBILIDADE ESPECTRAL DE FOTORRECEPTORES HUMANOS $Cy(\lambda)$, $ME(\lambda)$, $RH(\lambda)$, $CH(\lambda)$, $ER(\lambda)$, COM NORMALIZAÇÃO COMPATÍVEL COM O SISTEMA INTERNACIONAL - SI.....	42
FIGURA 15 - SITE DA WELL - “WELL V2 Q2 2025”	48
FIGURA 16 - CIE “ILUMINANTES PADRÃO” COM $V(\lambda)$ E TABELA COM CCT PARA VÁRIAS FONTES DE LUZ DO DIA	52
FIGURA 17 – CONDICIONANTES DA ILUMINAÇÃO NATURAL PARA A EDIFICAÇÃO E USUÁRIO	52
FIGURA 18 - VISTA DA JANELA	53
FIGURA 19 – DISTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL EM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE JANELAS.....	54
FIGURA 20 - REPRESENTAÇÃO DAS TRANSFORMAÇÕES DA FONTE LUMINOSA (LUZ + CÉU) NO AMBIENTE INTERNO	55
FIGURA 21 - CARACTERÍSTICAS DA LUZ QUE INFLUENCIAM NOS EFEITOS NÃO VISUAIS.....	56
FIGURA 22 - CARACTERÍSTICAS DA LUZ X PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS	57
FIGURA 23 - VISTA INTERNA DA SALA DO <i>SOUTHWARK CENTRAL SCHOOL</i> NO INÍCIO DO SÉCULO XIX.....	62
FIGURA 24 - UMA ESCOLA AO AR LIVRE DOS ANOS 1930 COM JANELAS DOBRÁVEIS.....	63
FIGURA 25 - CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA PRAIA VERMELHA EM 2013	65
FIGURA 26 - ESCOLA DE ENFERMAGEM ANNA NERY DA UFRJ, RIO DE JANEIRO/RJ. 1 - PAVILHÃO DE AULAS, 2 E 3 – SALA DE AULA	66
FIGURA 27 - PLANO DE URBANIZAÇÃO DA UNB POR LUCIO COSTA EM 1962 (ACIMA). FOTO AÉREA CAMPUS DARCY RIBEIRO, 1961 (ESQUERDA) ESTUDO URBANÍSTICO EM 1969 (DIREITA)	75
FIGURA 28 - ICC - INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS / 1963	76
FIGURA 29 - FT - FACULDADE DE TECNOLOGIA / 1977	76
FIGURA 30 - FACE - FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA / 1994	77
FIGURA 31 - BLOCOS DE SALAS DE AULA DA UNB	77
FIGURA 32 - CONSTRUÇÕES RECENTES DO CAMPUS DARCY RIBEIRO	78
FIGURA 33 - DESIGN QUALITY INDICATOR POR CABE EM 2005.....	79

FIGURA 34 - PROFUNDIDADE DA SALA EM RELAÇÃO A JANELA SEGUNDO TREGUENZA E WILSON	81
FIGURA 35 - SENSOR DE CAPTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NA SIMULAÇÃO: A) PLANO HORIZONTAL – EFEITO VISUAL; B) PLANO VERTICAL – EFEITO NÃO VISUAL.....	84
FIGURA 36 -DISTÂNCIA DA ABERTURA/JANELA X EML.	85
FIGURA 37 -PLANTA COM SUPERPOSIÇÃO DO COMPORTAMENTO VISUAL (UDI) E NÃO VISUAL (EML) EM RELAÇÃO AO USUÁRIO.	86
FIGURA 38 - ANÁLISE ALA DE AULA USADA NO ESTUDO	87
FIGURA 39 - ESQUEMA DE ANÁLISE DO ESPAÇO ESTUDADO.	88
FIGURA 40 - PONTO DE ANÁLISE DA SALA DE AULA (À ESQUERDA) E O PONTO DE VISTA DO USUÁRIO (À DIREITA).	88
FIGURA 41 - RECOMENDAÇÕES PARA PERÍODO DO ANO	92
FIGURA 42 – DIAGRAMA MÉTODO DE PESQUISA X OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	99
FIGURA 43 - DIAGRAMA DO MÉTODO DE PESQUISA - ETAPAS.....	100
FIGURA 44 - PERCURSO PARA O REFERÊNCIA TEÓRICO-CONCEITUAL E METODOLÓGICO	101
FIGURA 45 - PROTOCOLO DE SELEÇÃO DE ARTIGOS.....	102
FIGURA 46 - SALA DE AULA - LAYOUT TRADICIONAL	107
FIGURA 47 - ZONEAMENTO GEOGRÁFICO POR LATITUDE PROPOSTO PELA ABNT NBR 15575.....	111
FIGURA 48 – ESQUEMA: VARIÁVEIS INDEPENDENTES E DEPENDENTES	112
FIGURA 49 - ESQUEMA PARA SELEÇÃO DA SALA DE AULA NO ENSINO SUPERIOR	114
FIGURA 50 - PASSO PARA A PRÉ-SELEÇÃO DAS SALAS DE AULA	122
FIGURA 51 - CAMPUS DARCY RIBEIRO, UNB/BRASÍLIA - DF	124
FIGURA 52 – PAF 40/60/80% – PLANTA, CORTE E PERSPECTIVA.....	140
FIGURA 53 - EXEMPLO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO CLIMATESTUDIO E ALFA.....	141
FIGURA 54 - CONFIGURAÇÕES	142
FIGURA 55 - PROCESSO DA SIMULAÇÃO.....	147
FIGURA 56 - GRID DE PONTOS – MÉTODO EZPELETA ET AL. (2021) / AVALIAÇÃO POR ÁREA DE DISTÂNCIA DA JANELA - MÉTODO SAIEDLUE ET AL. (2019).	148
FIGURA 57 - PLANTA - SENSORES	149
FIGURA 58 - ESQUEMA DAS ETAPAS DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	152
FIGURA 59 - CARACTERÍSTICAS DAS SALA DE AULA DE ENSINO SUPERIOR NO CONTEXTO BRASILEIRO COLOQUE OS VALORES DE REFLETÂNCIA EM TODOS OS EXEMPLOS.	158
FIGURA 60 - ESQUEMA DO 4º CAPÍTULO	159
FIGURA 61 – ESQUEMA DAS SIMULAÇÕES REALIZADAS	160
FIGURA 62 – EXCERTO DEPLANILHA EXCEL COM OS DADOS DAS SIMULAÇÕES DO ALFA.....	161
FIGURA 63 - PLANTA COM LOCAÇÃO DOS SENSORES DE LEITURA.....	161
FIGURA 64 - ESTUDO BRISE NA LAT. -25,429°	163
FIGURA 65 - SALA ORIGINAL X SALA OTIMIZADA	163
FIGURA 68 - PORCENTAGEM DO ATENDIMENTO AO MEL-EDI	193
FIGURA 69 - PLANTA COM EFEITO VISUAL E NÃO VISUAL – PAF 60%	194
FIGURA 68 - POSIÇÃO DA VISTA 4 NOS TRÊS PONTOS (A, B E C)	199

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MÉTRICAS E PARÂMETROS.....	39
TABELA 2 - CRONOLOGIA DE ALGUMAS MÉTRICAS E SUAS DEFINIÇÕES	40
TABELA 3 - PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS QUE IMPACTAM NOS EFEITOS NÃO VISUAIS DA LUZ EM AMBIENTES COM USO DE ILUMINAÇÃO NATURAL.....	59
TABELA 4 - CAMPI E SALAS DE AULA - UNIVERSIDADES FEDERAIS	68
TABELA 5 – RECOMENDAÇÕES PARA HORÁRIOS E DURAÇÃO AO DIA	94
TABELA 6 - BUSCAS DOS ARTIGOS NAS PLATAFORMAS SCOPUS E WEB OF SCIENCE.	103
TABELA 7 - CRITÉRIO DE ANÁLISE DO FATOR DE IMPACTO.....	104
TABELA 8 - QUALIDADE/FATOR DE IMPACTO DOS PERIÓDICOS.....	104
TABELA 9 - CONDIÇÕES DE CONTORNO.....	106
TABELA 10 - VARIÁVEIS INDEPENDENTES (OU EXPLICATIVAS).....	108
TABELA 11 - CIDADES POR ZONAS. BRASÍLIA EM DESTAQUE COMO REFERÊNCIA DE CIDADE JÁ SELECIONADA.....	111
TABELA 12 - SALAS DE AULA EM UNIVERSIDADES FEDERAIS	115
TABELA 13 - PARÂMETROS PARA ANÁLISE EFEITOS VISUAIS.....	126
TABELA 14 - PONTUAÇÃO FINAL DAS SALAS DE AULA	127
TABELA 15 - SALAS PRÉ-SELECIONADAS	128
TABELA 16 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO NO CLIMATESTUDIO (EFEITOS VISUAIS).....	135
TABELA 17 - PROFUNDIDADE E LOCALIZAÇÃO	135
TABELA 18 - MÉTRICAS, PARÂMETROS E REFERÊNCIA.....	138
TABELA 19 – CONFIGURAÇÕES DOS MATERIAIS CLIMATESTUDIO E ALFA	143
TABELA 20 - MATERIAIS CLIMATESTUDIO E ALFA	143
TABELA 21 - TIPO DE CÉU PARA CADA PERÍODO E HORÁRIO.....	145
TABELA 22 - NEBULOSIDADE E SPD APRESENTADO NO ALFA	146
TABELA 23 – MODELO DE TABELA PARA ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS COM O SOFTWARE ALFA	151
TABELA 24 - 96 CENÁRIOS (PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS)	153
TABELA 25 - SALAS DE AULA ANALISADAS.....	157
TABELA 26 - TESTE DE NORMALIDADE.....	165
TABELA 27 - MEL-DER X LATITUDE (TABELA, BOXPLOT)	166
TABELA 28 - MEL-DER X ORIENTAÇÃO DA FACHADA	167
TABELA 29 - MEL-DER X PAFs	167
TABELA 30 – TIPO DE VIDRO (MEL-DER)	168
TABELA 31 - MEL-DER X DISPOSITIVO DE SOMBREAMENTO (COM E SEM BRISE)	169
TABELA 32 - RESULTADO MÉDIA GERAL DO MEL-EDI CONSIDERANDO TODAS AS SIMULAÇÕES.....	169
TABELA 33 - MEL-EDI (LATITUDE, HORÁRIO E PAF)	171
TABELA 34 - PAF (MEL-EDI)	172
TABELA 35 - DIFERENÇA PERCENTUAL ENTRE DIFERENTES PAFs.....	172

TABELA 36 - ORIENTAÇÃO (MEL-EDI)	172
TABELA 37 – MEL-EDI QUANTO A ORIENTAÇÃO E HORÁRIO	173
TABELA 38 – PROPRIEDADES REFLEXIVAS (REFLETÂNCIA, COR E M/P)	173
TABELA 39 – DISPOSITIVO DE SOMBREAMENTO (MEL-EDI)	173
TABELA 40 - VIDRO (MEL-EDI)	174
TABELA 41 - PORCENTAGEM DE ÁREA ACIMA DE 250 MEL-EDI EM RELAÇÃO AO PAF	174
TABELA 42 – BOXPLOTS - % DE VISTAS > 250 MEL-EDI	175
TABELA 43 - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	177
TABELA 44 - TABELA DO TESTE DE HIPÓTESES (RESUMO)	178
TABELA 45 - ANÁLISE DE REGRESSÃO (PONTO A, B E C)	179
TABELA 46 - IMPACTOS NA MEL-EDI (EM %) EM RELAÇÃO À ANÁLISE DE REGRESSÃO (P-VALOR < 0,05).....	182
TABELA 47 - SOMA DO VALOR ABSOLUTO DO IMPACTO COM AS VARIÁVEIS – APENAS VISTA LATERAL A JANELA	183
TABELA 48 - ORDEM POR VALOR ABSOLUTO DO IMPACTO COM AS VARIÁVEIS – APENAS VISTA LATERAL À JANELA	184
TABELA 49 – SOMA DE MEL-EDI EM CADA VARIÁVEL INDEPENDENTE (PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS)	185
TABELA 50 – RANKING COM OBSERVAÇÕES CONSIDERANDO AS TRÊS LATITUDES, TODOS OS PONTOS E VISTAS	186
TABELA 51 - IMPACTOS DAS LATITUDES -3,718° E 25,43°S EM MEL-EDI EM RELAÇÃO A LATITUDE 15,78°S.....	186
TABELA 52 - VARIAÇÃO (%) ENTRE O PIOR E O MELHOR CENÁRIO	189
TABELA 53 – ORIENTAÇÃO - NORTE, HORÁRIO - 9/12/15H, PERÍODO, PAF – 40/60/80%	192
TABELA 54 - PORCENTAGEM MÉDIA GERAL \geq 250 MEL-EDI POR PONTO E ORIENTAÇÃO	200
TABELA 55 - ORIENTAÇÃO POR LATITUDE (CIDADE) - VISTA LATERAL COM RANKING DA MELHOR PARA A PIOR ORIENTAÇÃO	202
TABELA 56 - RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDO PRELIMINAR DE PROJETOS DE SALAS DE AULA.....	207
TABELA - FICHA TÉCNICA - EFL.....	261

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
SUMÁRIO	13
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA	19
1.1 HIPÓTESE	23
1.2 OBJETIVOS	23
1.3 CONTRIBUIÇÕES E INEDITISMO DA TESE	24
1.4 ESTRUTURA DA TESE	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO – CONCEITUAL E METODOLÓGICO	26
2.1 LUZ NATURAL.....	26
2.1.1 <i>Iluminação Natural e os Benefícios para a Saúde</i>	27
2.1.2 <i>Efeitos Visuais</i>	28
2.1.3 <i>Efeitos Não Visuais</i>	29
2.2 MÉTRICAS DA ILUMINAÇÃO	36
2.2.1 <i>Efeitos Visuais da Luz</i>	36
2.2.2 <i>Efeitos Não Visuais da Luz</i>	39
2.2.2.1 <i>Circadian Stimulus (CS)</i>	41
2.2.2.2 <i>Equivalent Melanopic Lux (EML)</i>	41
2.2.2.3 <i>Melanopic Equivalent Daylight Illuminance (mEDI ou mel-EDI ou Mel-EDI)</i>	42
2.2.2.4 <i>M/P e Mel-DER</i>	43
2.2.2.5 <i>Mel-EDI e EML x CS</i>	44
2.2.3 <i>Normas, Guias e Certificações</i>	44
2.2.3.1 <i>Norma brasileira - ABNT NBR 15215: 2024</i>	44
2.2.3.2 <i>Manual de Orientações Técnicas (v. 3) (Brasil)</i>	45
2.2.3.3 <i>Nota técnica - CIE S 026:2018</i>	45
2.2.3.4 <i>Norma alemã - DIN/TS 5031-100, DIN SPEC 67600 e DIN/TS 67600</i>	46
2.2.3.5 <i>Guia de projeto (Estados Unidos) - Design guideline DG 24480 - Underwriters Laboratories</i>	47
2.2.3.6 <i>Certificação de edificações WELL v2, Q2 – 2025</i>	47
2.2.3.7 <i>Certificação para ambiente educacional - Education Pilot Checklist – WELL versão</i>	48
2.2.3.8 <i>Guia de projeto para ambiente educacional - Collaborative for High Performance Schools (CHPS)</i>	49
2.3 ILUMINAÇÃO NATURAL NA ARQUITETURA	50
2.3.1 <i>Radiação solar e tipos de céus</i>	51
2.3.2 <i>Parâmetros arquitetônicos e sua interação com a luz natural</i>	52
2.3.3 <i>Características da Luz x Parâmetros Arquitetônicos</i>	55
2.4 ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA DO ENSINO SUPERIOR	61
2.4.1.1 <i>Breve Histórico da Iluminação Natural em Salas de Aula</i>	61
2.4.2 <i>Universidades</i>	64

2.4.3	Universidade de Brasília	74
2.4.4	Parâmetros para Qualidade do Ambiente Construído em Salas de Aula	78
2.5	DISCUSSÃO METODOLÓGICA.....	81
2.6	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	90
2.6.1	Softwares – efeitos não visuais da luz.....	90
2.6.2	Métricas para efeitos não visuais da iluminação natural	91
2.6.3	Recomendações para período de simulação.....	92
2.6.4	Recomendações quanto ao horário	92
2.6.5	Tipo De Céu	94
2.7	TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	95
2.8	CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA	96
3	MÉTODO DA PESQUISA	98
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	98
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	98
3.2.1	<i>1ª Etapa: referencial teórico-conceitual e metodológico</i>	<i>101</i>
3.2.2	<i>2ª Etapa: definição das condições de contorno e variáveis independentes, dependentes.....</i>	<i>106</i>
3.2.2.1	<i>3ª Etapa: pré-seleção da sala de aula representativa</i>	<i>113</i>
3.2.2.2	<i>Características de salas de aula.....</i>	<i>114</i>
3.2.2.3	<i>Pré-seleção da sala de aula</i>	<i>122</i>
3.2.3	<i>4ª Etapa: critérios e resultado para a escolha da sala de aula</i>	<i>124</i>
3.2.3.1	<i>Critérios</i>	<i>124</i>
3.2.3.2	<i>Resultado – seleção da sala.....</i>	<i>128</i>
3.2.4	<i>5ª Etapa: procedimentos para a simulação</i>	<i>136</i>
3.2.4.1	<i>Critérios – métricas e seus parâmetros de avaliação</i>	<i>136</i>
3.2.4.2	<i>Definição dos softwares para simulação computacional</i>	<i>138</i>
3.2.4.3	<i>Configuração para simulação computacional</i>	<i>140</i>
3.2.4.4	<i>Simulação da sala de aula selecionada</i>	<i>146</i>
3.2.5	<i>6ª Etapa: tratamento estatístico, análise dos resultados e discussões</i>	<i>152</i>
3.2.6	<i>7ª Etapa: Considerações finais</i>	<i>155</i>
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	156
4.1	SIMULAÇÕES	159
4.2	DADOS ESTATÍSTICOS, IMPACTO E CENÁRIOS ENTRE AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES E OS EFEITOS NÃO VISUAIS	164
4.2.1	<i>Dados estatísticos.....</i>	<i>165</i>
4.2.1.1	<i>Teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk)</i>	<i>165</i>
4.2.1.2	<i>Análise descritiva</i>	<i>166</i>
4.2.1.3	<i>Correlação e teste e hipóteses.....</i>	<i>176</i>
4.2.1.4	<i>Análise de regressão.....</i>	<i>179</i>
4.2.1.5	<i>Relação e grau de impacto entre os parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais</i>	<i>182</i>
4.2.1.6	<i>Cenários – melhor e pior para obtenção de Mel-EDI.....</i>	<i>187</i>
4.3	ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS EM RELAÇÃO À LITERATURA	190
4.3.1	Mel-DER.....	190

4.3.1.1	<i>Porcentagens de vistas acima de 250 Mel-EDI – % de vistas >250 Mel-EDI</i>	191
4.3.1.2	<i>Mel-EDI</i>	196
4.3.1.3	<i>Percentual de Abertura da Fachada - PAF</i>	196
4.3.1.4	<i>Propriedades reflexivas</i>	198
4.3.1.5	<i>Orientação</i>	200
4.3.1.5.1	<i>Sombreamento</i>	203
4.3.1.6	<i>Vidro</i>	204
4.4	RECOMENDAÇÕES PARA PROJETOS DE SALAS DE AULA DE ENSINO SUPERIOR.....	207
5	CONCLUSÕES	213
	REFERÊNCIAS	221
	GLOSSÁRIO	243
	APÊNDICE A: ARTIGOS EM EVENTOS NACIONAIS	248
	APÊNDICE B: ARTIGO EM EVENTO INTERNACIONAL	249
	APÊNDICE C: TABELA DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	250
	APÊNDICE D: FICHA TÉCNICA DAS SALAS PRÉ-SELECIONADAS	255
	APÊNDICE E: PLANILHA DADOS SOFTWARE ALFA	266
	APÊNDICE F: GRÁFICO DE NEBULOSIDADE DAS CIDADES SELECIONADAS	291
	APÊNDICE G: BRISES	294
	APÊNDICE H: GRÁFICOS COMPLEMENTARES DA ANÁLISE DESCRITIVA.	323
	APÊNDICE I: TABELAS DO TESTE DE HIPÓTESES	330
	APÊNDICE J: TABELAS ANÁLISE DE REGRESSÃO	333
	APÊNDICE K: CENÁRIOS	335

1 INTRODUÇÃO

As relações entre iluminação natural e seus benefícios para a saúde e bem-estar são frequentemente destacadas, não só na área da saúde, mas também em diversos estudos na área da iluminação em espaços internos na arquitetura (Boyce, 2022a; Houser et al., 2021; Knoop et al., 2020a; Mardaljevic, 2021a). Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966) distinguem dois enfoques sobre a luz: (1) físico, como energia radiante em faixas específicas de comprimento de onda, e (2) sensorial, relacionado à percepção humana. Em ambiente de ensino, como sala de aula, a luz é parte integrante do processo de aprendizado, assim como todos os esforços deveriam ser feitos para fornecer aos estudantes um ambiente educacional adequado e estimulante (Bertolotti, 2007; Hopkinson; Petherbridge; Longmore, 1966).

A luz é definida pela Comissão Internacional de Iluminação – CIE (2019) como “qualquer radiação eletromagnética que pode criar uma sensação visual ao estimular diretamente os fotorreceptores da retina do sistema visual”. A CIE também aponta que a luz pode ter efeitos biológicos que “regulam fortemente a saúde, o desempenho e o bem-estar” (CIE, 2019). Nesse contexto, Amirazar et al. (2021) destacam que a luz do dia é capaz de fornecer a combinação adequada de iluminação no momento certo, sendo, portanto, considerada uma fonte primária de iluminação biológica humana. Essa observação reforça o posicionamento da CIE quanto aos efeitos biológicos da luz (Amirazar et al., 2021; CIE, 2019).

Durante anos, as preocupações com a iluminação em espaços internos estavam voltadas exclusivamente para o desempenho visual (Boyce, 1996; Li; Cheung; Lau, 2006; Mardaljevic, 2000). Esses estudos, naturalmente, continuam a servir como base para pesquisas mais recentes (Kwong, 2020; Peña-García; Salata, 2021). No entanto, novos parâmetros de avaliação da iluminação passaram a ser incorporados após a descoberta das células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs), em 2001 (Berson; Dunn; Takao, 2002; Brainard et al., 2001; Hattar et al., 2002; Thapan; Arendt; Skene, 2001).

Essa descoberta impulsionou uma série de estudos multidisciplinares que investigam os efeitos não visuais da luz — também conhecidos como efeitos não formadores de imagem (*non-image-forming*, ou NIF) (Amirazar et al., 2021; Zeng; Sun; Lin, 2021). Esses efeitos têm diversas influências sobre o organismo humano, incluindo respostas neuroendócrinas (relacionadas à produção hormonal), neurocomportamentais (interação entre o sistema nervoso e o comportamento), regulação da temperatura corporal, modulação da frequência cardíaca,

além da variação no estado de alerta, humor e desempenho no trabalho (Bellia; Fragliasso, 2021; Cajochen et al., 2005).

A luz desempenha um papel essencial na sincronização do ritmo circadiano, regulado pelo ciclo claro/escuro de 24 horas (Gentile et al. 2022; Konis, 2017). Ambientes construídos que não favorecem essa sincronização podem comprometer a saúde e o bem-estar afetando o chamado "arrastamento circadiano" — processo vital para o equilíbrio do relógio biológico (Schmal; Herzel; Myung, 2020).

Por isso, é essencial que os espaços arquitetônicos contemplem luz natural e ventilação adequadas, elementos-chave de edifícios saudáveis (Brunsgaard, C.; Fich, L., 2017). Historicamente, os seres humanos viviam expostos à luz solar usando abrigos apenas para proteção (Butera, 2009). A evolução nos adaptou à luz natural, tornando-nos organismos diurnos (Haans, 2014). Hoje, porém, passamos cerca de 87% do tempo em ambientes fechados (Altomonte et al., 2020; Khademagha et al., 2016; Noor; Saradj; Yazdanfar, 2023), percentual que aumentou ainda mais durante a pandemia de COVID-19 (Noor; Saradj; Yazdanfar, 2023). Essa redução da exposição à luz natural prejudica a regulação do ritmo circadiano (Casarin, 2009) havendo, portanto, uma relação direta entre luz natural e ritmo circadiano (Bellia, Pedace e Barbato, 2013).

Brown et al. (2022) destacam a tendência atual de ambientes internos com baixa exposição à luz natural. Esses espaços geralmente reduzem a exposição à luz e à escuridão noturna resultando em maior alerta à noite e uso excessivo de luz elétrica, menos eficaz para os efeitos não visuais. Isso tem impactado negativamente o sono e a qualidade de vida (Acosta et al., 2019a; Brown et al., 2022).

Embora a rotina dos usuários não seja facilmente modificável, o ambiente construído pode ser ajustado. A adoção de padrões de iluminação que considerem os efeitos não visuais da luz é uma abordagem promissora no campo da Arquitetura. O tema, de natureza multidisciplinar, ganha relevância nos estudos aplicados, contribuindo para projetos mais saudáveis e centrados no bem-estar.

Khademagha et al. (2016) investigaram parâmetros arquitetônicos como tamanho, posição e orientação de janelas, geometria do ambiente, tipo de vidro e entorno, que influenciam os efeitos não visuais da luz natural. No entanto, seus estudos são teóricos e não incluem simulações, análises estatísticas ou medições *in loco*, deixando em aberto o grau de contribuição desses parâmetros e a falta de recomendações práticas para aplicação em projetos (Khademagha et al., 2016). Nas considerações finais, os autores propõem aprofundar a relação entre parâmetros arquitetônicos e fatores luminosos da luz (espectro, intensidade e direcionalidade),

visando avaliar com maior precisão o potencial dos espaços quanto aos efeitos não visuais (Khademagha et al., 2016).

A integração da luz natural nos ambientes construídos, reconhecida como essencial para a saúde humana, ganha contornos ainda mais iminentes em espaços onde a permanência prolongada é inevitável – como, por exemplo, nas salas de aula. Se a exposição diária à iluminação adequada influencia diretamente a regulação circadiana, o desempenho cognitivo e o equilíbrio hormonal, cabe indagar: como esses efeitos não visuais acontecem em ambientes educacionais, como sala de aula, em que estudantes passam várias horas diárias em atividades que demandam atenção constante?

As regulamentações e diretrizes de iluminação para ambientes educacionais oferecem pouca consideração aos impactos não visuais da luz (Noor; Saradj; Yazdanfar, 2025). No Brasil, essas considerações são inexistentes. No contexto educacional, embora critérios como conforto visual – uniformidade de iluminância, prevenção de ofuscamento e níveis adequados para leitura – sejam amplamente normatizados, os mecanismos que regem os efeitos não visuais ainda carecem de sistematização na prática arquitetônica. Estudos recentes destacam que a qualidade espectral da luz, sua variação temporal e a sincronização com ritmos biológicos devem se equilibrar não apenas com a eficiência energética, mas também com as demandas visuais, compondo uma abordagem integrada de sustentabilidade. Nesse cenário, os efeitos não visuais emergem como dimensão complementar e de igual relevância exigindo que projetos transcendam a mera adequação técnica para incorporar respostas fisiológicas à luz (Amorim et al., 2021b; Gentile, N. et al., 2022).

Essa tese investiga sete salas de aula utilizadas em diversos estudos provenientes de artigos e dissertações de sete instituições de ensino superior no Brasil, analisando como decisões projetuais — juntamente com a avaliação de 34 edificações com salas de aula existentes na Universidade de Brasília — influenciam o comportamento da luz natural e, conseqüentemente, seus efeitos não visuais. Entre os parâmetros analisados, consideraram-se a orientação solar das fachadas, dimensão e disposição de janelas, propriedades reflexivas (porcentagem de reflexão, cor – estímulo melanópico e a razão melanópica pela fotópica - M/P das superfícies) – influenciam o comportamento da luz natural e, conseqüentemente, seus impactos não visuais. Norteia diretrizes que indicam como escolhas arquitetônicas específicas interferem na qualidade de vida dos usuários.

1.1 JUSTIFICATIVA

Estima-se que estudantes passem entre 80% e 90% do tempo em ambientes fechados, especialmente educacionais (Tabatabaeifard et al., 2023).

Portanto, observa-se que a longa permanência em espaços internos deve ser considerada no planejamento da entrada de luz, essencial para a sincronização do ritmo circadiano, que desempenha um papel importante na aprendizagem influenciando os processos cognitivos dos alunos (Altenberg Vaz; Inanici, 2021a; Amirazar et al., 2021; Lo Verso et al., 2021).

Do ponto de vista histórico, a preocupação ambiental em universidades teve início com o Relatório Brundtland – *Nosso Futuro Comum* (Brundtland, G. H. , 1987), momento em que as instituições começaram a adotar princípios de sustentabilidade (Zapata-González; Quiceno-Hoyos; Tabares-Hidalgo, 2016). Em 1990, surgiu a Declaração de Talloires, primeiro compromisso formal do ensino superior com a sustentabilidade. Desde então, iniciativas como a University Leaders for a Sustainable Future (ULSF, 2018) passaram a medir a qualidade ambiental dessas instituições.

Altomonte et al. (2020) e Mahyuddin et al. (2021) criticam o foco excessivo em eficiência energética em projetos sustentáveis, muitas vezes em detrimento do bem-estar humano. Para Ballarini et al. (2019), o desempenho energético não pode ser separado da qualidade ambiental interna (*Indoor Environmental Quality – IEQ*). A iluminação é um dos critérios centrais para essa qualidade, podendo ser otimizada para eficiência energética e conforto. Quando bem integrada, a luz natural contribui não apenas para tarefas visuais, mas também regula o ritmo circadiano e promove bem-estar por meio do contato visual com o exterior (Figura 1 e 2) (Boyce; Raynham, 2009).

Figura 1 e 2 - Iluminação natural em sala de aula na Unicamp (Campinas/SP) (à esquerda) e na Escola Estadual Governador João Alves Filho (Aracaju/SE) (à direita)



Fonte: Scarpinetti, A. (2022) Dias, A.; Gomes, V.; Cabús, R. (2009).

As Figura 1 e 2 apresentam duas salas distintas: uma com aproveitamento da luz natural, favorecendo as atividades, estimulando os efeitos não visuais e proporcionando vistas externas; e outra com iluminação inadequada, insuficiente para a realização das tarefas, além de possuir janelas mal posicionadas, o que limita os benefícios da luz natural para a saúde dos alunos. Isso ocorre porque o estímulo circadiano e o aumento do estado de alerta dependem de uma boa disponibilidade de luz, especialmente da luz natural no ambiente para sua maior efetividade (Altenberg Vaz; Inanici, 2021a; Amirazar et al., 2021; Lo Verso et al., 2021).

Instituições de ensino superior devem priorizar uma infraestrutura que integre a qualidade ambiental em suas edificações (Castro; Amorim, 2020; Dias, 2017). As universidades exercem um papel social ao promover a sustentabilidade e o bem-estar devendo servir como modelo replicável (Chiou; Saputro; Sari, 2020).

Nesse contexto, os efeitos não visuais da luz natural em salas de aula são especialmente relevantes, pois a exposição adequada à luz natural suprime a produção de melatonina, reduzindo a sonolência e promovendo maior atenção e aprendizado (Figueiro et al., 2017; Al-Khatatbeh; Ma'bdeh, 2017; Bellia; Pedace; Barbato, 2013; Lattu; Cai, 2020; Michael; Heracleous, 2017; Sabbagh; Mandourah; Hareri, 2022).

A ausência de luz natural compromete não apenas o desempenho cognitivo (Monteiro, 2023), mas também eleva riscos de transtornos como o *Seasonal Affective Disorder* (SAD), condição depressiva associada à redução de luz solar, comum em latitudes elevadas e em regiões de clima temperado, como o sul do Brasil. Seus sintomas incluem fadiga, alterações de humor e sonolência excessiva, afetando principalmente adultos jovens (Tregenza; Wilson, 2011).

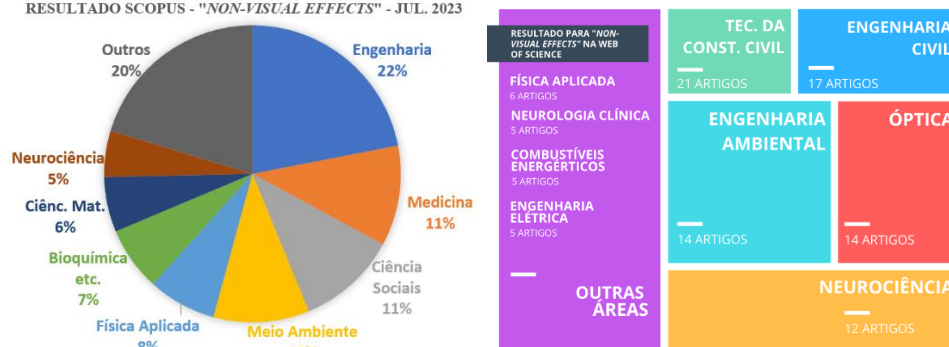
Os denominados **efeitos não visuais da luz** correspondem às respostas fisiológicas e comportamentais do organismo humano à exposição luminosa, distintas do processo visual responsável pela formação de imagens. Esses efeitos têm início, fundamentalmente, na **retina**, principal ponto de captação da luz para a ativação das vias não visuais. Tais efeitos são mediados principalmente por um subtipo específico de células ganglionares da retina, denominadas células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs). Estas células contêm o fotopigmento **melanopsina**, cuja sensibilidade espectral máxima se situa em torno de 480nm (faixa azul do espectro visível), e desempenham papel central na detecção da intensidade, duração e composição espectral da luz incidente, mediando, assim, as respostas não visuais do organismo (Berson; Dunn; Takao, 2002; Brainard et al., 2001; Hattar et al., 2002; Thapan; Arendt; Skene, 2001).

As **ipRGCs** formam um sistema sensível à luz que não está envolvido na formação de imagens, enviando sinais principalmente ao **núcleo supraquiasmático (NSQ)**, no hipotálamo. O NSQ funciona como o **marcapasso circadiano** do organismo, ajustando ritmos biológicos internos, como o ciclo sono-vigília, hormônios, temperatura corporal e metabolismo, de acordo com o ciclo de luz e escuridão do ambiente. A **luz natural** é a principal responsável pelos efeitos não visuais, pois apresenta espectros e intensidades mais adequados às necessidades do organismo. (Bellia; Fragliasso, 2021; Cajochen et al., 2005).

A exposição à luz, especialmente à luz azul, reduz a produção de melatonina pela glândula pineal, contribuindo para o aumento do estado de alerta durante o dia. Em contrapartida, ao entardecer, a diminuição desse estímulo luminoso favorece a elevação dos níveis de melatonina, essencial para induzir e manter o sono noturno (Figueiro et al., 2017; Al-Khatatbeh; Ma'bdeh, 2017; Bellia; Pedace; Barbato, 2013; Lattu; Cai, 2020; Michael; Heracleous, 2017; Sabbagh; Mandourah; Hareri, 2022).

O tema dos efeitos não visuais da luz é multidisciplinar, como evidenciado em levantamento exploratório realizado nas bases Scopus (Elsevier, 2023) e *Web of Science* (Clavivate, 2023) com a palavra-chave "*non visual effect*" em artigos publicados entre 2017 e 2023. Foram identificados 88 artigos na Scopus e 75 na Web of Science, com destaque para áreas como engenharia, medicina, ciências sociais, meio ambiente, física aplicada, ciência dos materiais e neurociência (Figura 3).

Figura 3 - Área temática - 1) Scopus (à esquerda), e 2) Web of Science (à direita) em julho de 2023



Fonte: Scopus (à esquerda) e Web of Science (à direita) (2023), adaptado pela autora

Os efeitos não visuais da luz em ambientes internos têm sido estudados principalmente nas áreas de Engenharia e Tecnologia da Construção Civil, mas também envolvem Ciências Sociais, Meio Ambiente e Saúde. Embora esse tema inicialmente pertencesse ao campo da saúde, com destaque para a fotobiologia — ciência que investiga os efeitos da luz em seres vivos (Cajochen et al., 2000; Zeitzer et al., 2000) —, sua importância aumentou após a

descoberta das ipRGCs (Brainard et al., 2001; Thapan; Arendt; Skene, 2001). Essa descoberta ampliou a compreensão dos impactos da luz na fisiologia humana e introduziu uma nova dimensão ao projeto de iluminação em edificações (Amundadottir et al., 2017a).

Apesar dos avanços, a aplicação prática desses conhecimentos na arquitetura ainda está em estágio inicial (Vetter et al., 2022a). Bellia e Fragliasso (2021), ao revisarem a literatura na base Scopus, identificaram que a relação entre arquitetura e efeitos não visuais é um campo promissor, mas ainda pouco explorado. A revisão utilizou termos como "*circadian light*", "*human centric lighting*", "*non-visual effects of light*", entre outros, focando exclusivamente na Engenharia e excluindo estudos que não consideravam a interação da luz com elementos arquitetônicos.

As autoras destacam lacunas significativas na avaliação do impacto circadiano da luz, principalmente no que diz respeito à influência da arquitetura. Observam que as estratégias sugeridas para melhorar os efeitos não visuais — como maior entrada de luz natural, uso de materiais refletivos e posicionamento do edifício — muitas vezes coincidem com as práticas voltadas ao conforto visual (Khademagha et al., 2016b). Isso levanta a questão central: os parâmetros arquitetônicos para otimizar os efeitos não visuais seriam os mesmos que para os visuais? (Bellia; Fragliasso, 2021a).

Um dos principais desafios atuais é a falta de consenso sobre as metodologias adequadas para avaliar os efeitos não visuais. Estudos adotam diferentes abordagens, como simulações computacionais (Ezpeleta et al., 2021a), fórmulas matemáticas (Cai et al., 2018a), medição *in loco* (Bellazzi et al., 2022b), uso de protótipos (Kenny, 2021) e outras técnicas (Noor; Saradj; Yazdanfar, 2023; Zeng; Sun; Lin, 2021a). A presente tese pretende contribuir com estudos no contexto tropical, especialmente no Brasil, onde ainda há escassez de estudos aplicados.

Grande parte das publicações sobre efeitos não visuais da luz concentra-se em países do Hemisfério Norte (Acosta et al., 2019b; Altenberg Vaz; Inanici, 2021b; Amundadottir et al., 2017b; Bellazzi et al., 2022b; Bellia; Pedace; Barbato, 2013b, 2014; Bellia et al., 2020a; Busatto et al., 2020; Konis, 2018a; Trinh et al., 2022c; Zeng et al., 2021b), com pouca representatividade de regiões com latitudes semelhantes à do Brasil. Em uma busca nas bases Scopus e Web of Science com o termo "*non-visual effects*" observou-se que nenhum dos dez países com maior produção nos últimos cinco anos está localizado em baixa latitude — com exceção da Austrália, no Hemisfério Sul. Essa lacuna é significativa, considerando que fatores como latitude e condições atmosféricas influenciam a qualidade e a intensidade da luz natural, afetando diretamente seus efeitos não visuais. Paralelamente, há escassez de normas técnicas específicas sobre o tema. A norma brasileira NBR 15.215, revisada em 2024, representa um

avanço, mas ainda exige validações em campo e ajustes às particularidades do contexto nacional.

Por fim, destaca-se a ausência de normas técnicas específicas sobre os efeitos não visuais da luz. Mesmo aquelas que já reconhecem sua relevância, como a norma alemã, ainda carecem de diretrizes claras e aplicáveis. No caso brasileiro, a NBR 15215, recentemente revisada em 2024 com base em referenciais internacionais, trata da iluminação natural em edificações, mas sua aplicação ainda demanda validação. Com a recente implementação, espera-se que novos estudos testem as métricas propostas no contexto brasileiro e subsidiem soluções eficazes para os projetos arquitetônicos.

A partir dessa base se pretende responder a uma questão central: quais estratégias arquitetônicas são mais eficazes para regular o ritmo circadiano dos usuários em salas de aula no ensino superior? O aprofundamento dessas relações beneficia o avanço de diretrizes projetuais que integrem saúde, bem-estar e qualidade ambiental no espaço construído.

1.1 HIPÓTESE

Com base nos **parâmetros arquitetônicos** — percentual de abertura de fachada, orientação das janelas, posição do usuário, propriedades reflexivas dos materiais (refletância, cor, razão melanópica pela fotópica – M/P), transmissão luminosa de vidros e estratégias de sombreamento — que **influenciam os efeitos não visuais** em salas de aula no ensino superior, é possível **correlacionar esses elementos e quantificar seu impacto** sobre os efeitos não visuais, considerando o uso de iluminação natural.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Estabelecer relação e grau de impacto entre os parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais da luz, tendo como fonte a luz natural em salas de aula de ensino superior.

Objetivos Específicos:

1. Identificar características de salas de aula do ensino superior no contexto brasileiro;

2. Identificar métodos adequados para a quantificação dos efeitos não visuais em ambientes internos, especialmente em salas de aula;
3. Identificar os parâmetros arquitetônicos de maior impacto nos efeitos não visuais da iluminação natural em salas de aula de ensino superior;
4. Apresentar recomendações que possam embasar futuros projetos para salas de aula do ensino superior quanto aos efeitos não visuais da luz natural.

1.3 CONTRIBUIÇÕES E INEDITISMO DA TESE

O ineditismo da tese reside em:

- O **ambiente educacional** já tem sido amplamente estudado quanto à eficiência energética e aos efeitos visuais da luz, com ênfase nos impactos psicológicos (Amoatey et al., 2023; Bernardi; Kowaltowski, 2016; Dias, 2017; Kowaltowski, 2011; Leal Filho et al., 2019; Mccowan, 2020; Moschella; Amato; Gagliano, 2023; Saarloos; Quinn, 2021; Samiou; Doulos; Zerefos, 2022b; Soares et al., 2015). Entretanto, são escassos os estudos que aprofundam os **efeitos não visuais da luz**, especialmente com ênfase na **iluminação natural**;
- A pesquisa adota um método que considera **diversos parâmetros arquitetônicos** para avaliar seu impacto em salas de aula do ensino superior, dentro do contexto brasileiro;
- O método adotado envolverá o uso de softwares recentes e validados (Solemma, 2023a, 2023b) para **simulação computacional, combinados com tratamento estatístico**, com o objetivo de avaliar o impacto de diferentes parâmetros arquitetônicos;
- Utilizou a norma brasileira recentemente revisada, **NBR 15.215:2024**. Com sua implementação recente, a pesquisa contribui ao testar as novas métricas no contexto brasileiro e ao propor soluções eficazes para aplicação em projetos arquitetônicos.

Por se tratar de um tema ainda em desenvolvimento no cenário internacional, esta pesquisa poderá fornecer dados relevantes para embasar estudos futuros na área contribuindo, inclusive, para a produção de artigos de alcance internacional, nos quais pesquisadores brasileiros possam se destacar. Observa-se, nos artigos acadêmicos analisados no contexto desta tese, uma escassez de publicações que considerem latitudes semelhantes às do Brasil.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está organizada em seis capítulos, conforme a seguinte estrutura:

- **Capítulo 1:** Apresenta a introdução do tema, a justificativa, os objetivos e a descrição da estrutura da pesquisa.
- **Capítulo 2:** Referencial teórico — conceitual e metodológico. Contém a fundamentação teórica baseada em uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de compreender os principais termos e as aplicações metodológicas relevantes para a discussão da tese.
- **Capítulo 3:** Descrição do método de pesquisa adotado nesta tese, incluindo a sequência de procedimentos em todas as etapas do processo metodológico.
- **Capítulo 4:** são apresentados os resultados estatísticos obtidos por meio de gráficos e tabelas, abrangendo a análise descritiva, a correlação, os testes de hipótese e a análise de regressão. Também são discutidas as relações entre os parâmetros arquitetônicos e a latitude no desempenho em Mel-EDI, bem como as combinações entre os diferentes parâmetros. Essas combinações configuram **cenários** que representam os melhores e os piores desempenhos para as diferentes latitudes analisadas.
A partir desses resultados, procede-se à análise crítica e à discussão, com foco na verificação da hipótese proposta — quanto ao seu atendimento total, parcial ou à sua refutação. Por fim, são realizadas recomendações.
- **Capítulo 5:** Considerações finais, reunindo os principais pontos desenvolvidos ao longo da pesquisa.

Ao final deste material encontram-se as **referências** e o **apêndice**, este reunindo os demais materiais produzidos e que, por questões de organização, não foram incluídos no corpo principal da tese.

2 REFERENCIAL TEÓRICO – CONCEITUAL E METODOLÓGICO

Neste capítulo, é apresentado o referencial teórico-conceitual e metodológico, buscando atender aos dois primeiros objetivos específicos: identificar características representativas de ambientes educacionais e salas de aula do ensino superior no contexto brasileiro; e identificar métodos adequados para a quantificação dos efeitos não visuais em ambientes educacionais.

A iluminação natural desempenha um papel significativo no conforto, na produtividade e no bem-estar dos usuários em vários aspectos do cotidiano. Para alcançar uma qualidade ideal no projeto de iluminação, é importante considerar tanto os efeitos visuais quanto os não visuais da luz (Kruisselbrink; Dangol; Rosemann, 2018), sendo este último beneficiado fortemente pelo uso da iluminação natural.

2.1 LUZ NATURAL

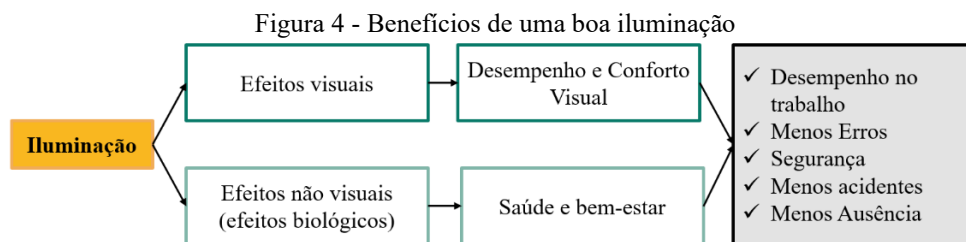
A luz natural é resultante da combinação das características luminosas da luz solar, que incluem a radiação solar direta e a radiação solar difusa proveniente do céu (KNOOP et al., 2020). Trata-se de uma fonte de energia renovável e gratuita, sendo amplamente preferida pelos ocupantes de edifícios (Idem, 2020a). No ambiente construído, ela é composta principalmente pela luz solar direta e pela luz difundida pela abóbada celeste. Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966) distinguem dois enfoques sobre a luz: (1) físico, como energia radiante em faixas específicas de comprimento de onda, e (2) sensorial, relacionado à percepção humana.

A disponibilidade de luz natural caracteriza a quantidade de luz presente em um determinado local, considerando suas características geográficas e climáticas ao longo de um determinado período. Assim, para o desenvolvimento de um projeto de iluminação natural, é essencial considerar dados como a trajetória do Sol, períodos do ano, latitude e tipo de céu (NBR 15215:2023).

Este subcapítulo tem como objetivo elucidar os benefícios da luz natural, seu mecanismo de atuação fisiológica e compreender seus efeitos - tanto visuais quanto não visuais — nos seres humanos.

2.1.1 Iluminação Natural e os Benefícios para a Saúde

A iluminação natural desempenha múltiplas funções nos espaços construídos: desde a iluminação de áreas de trabalho até a ênfase seletiva de objetos e elementos arquitetônicos, sendo sua percepção influenciada por fatores culturais, temporais e funcionais (Costanzo; Evola; Marletta, 2017). A Figura 4 sintetiza os principais benefícios de uma iluminação natural adequada para os usuários.



Fonte: Bomel (2019), adaptado pela autora.

A luz influencia a saúde humana de múltiplas formas - tanto visuais quanto não visuais - sendo percebida tanto pela retina quanto pela pele. A luz apresenta efeitos contraditórios na saúde: por um lado, pode melhorar condições como Alzheimer e depressão; por outro, pode causar fadiga ocular, distúrbios do sono e aumentar o risco de quedas. A exposição excessiva ainda traz riscos como câncer de pele (Boyce, 2022a). Por isso, a iluminação natural deve ser cuidadosamente conduzida no projeto e devidamente controlada (Altomonte et al., 2020), considerando que seus impactos na saúde são diversos e ainda objeto de estudos constantes.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2023), saúde é definida como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças”. Uma das formas de promover esse bem-estar e manter a saúde humana consiste na regulação adequada da exposição à luz — especialmente à luz natural diurna e à escuridão noturna, essenciais para a regulação do sono (Altomonte et al., 2020).

Os efeitos não visuais da luz influenciam diretamente o ritmo circadiano, tema que foi detalhado no subcapítulo 2.1.3. Quando esse ritmo é perturbado, podem ocorrer diversos impactos negativos, incluindo baixo desempenho cognitivo, distúrbios de humor como depressão, problemas de sono, doenças cardiovasculares, obesidade e até maior risco de desenvolvimento de câncer (Wirz-Justice; Skene; Münch, 2021) (Figura 5).

Figura 5 - Como a falta da luz natural afeta o ser humano a curto e a longo prazo



Fonte: Wirz-Justice; Skene; Münch (2021), adaptado pela autora (tradução nossa).

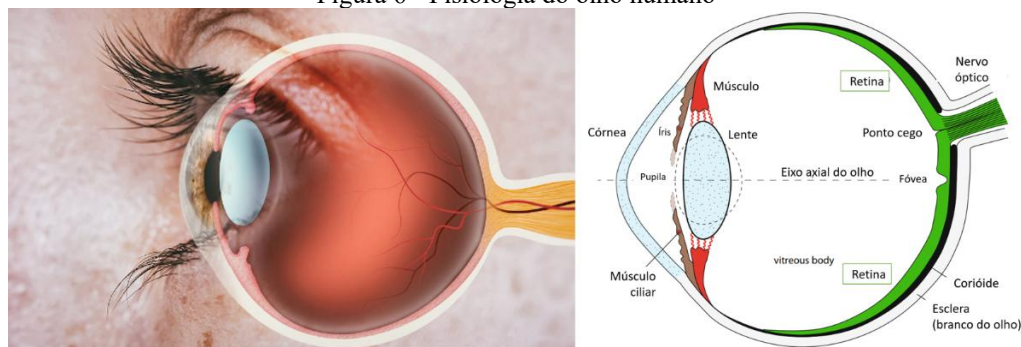
Assim, a luz natural impacta a saúde humana em diferentes escalas temporais. Seus efeitos variam desde alterações comportamentais e no estado de alerta até o aumento do risco de doenças crônicas (Boyce, 2022b; Wirz-Justice; Skene; Münch, 2021).

2.1.2 Efeitos Visuais

O olho humano atua como uma "janela" de captação luminosa, mediando tanto efeitos fisiológicos visuais quanto não visuais. A visão, um dos cinco sentidos humanos e o mais desenvolvido deles, classifica-se como um receptor eletromagnético capaz de detectar a luz incidente na retina (Knoop et al., 2020a).

O processo visual inicia-se quando a luz atravessa a córnea e é regulada pela íris até atingir a retina — estrutura sensível no fundo do globo ocular que abriga cones (visão colorida) e bastonetes (detecção em baixa luminosidade). Como primeira etapa do processamento, a retina extrai e codifica características luminosas (como cor) e transmite esses dados ao nervo óptico por meio de vias neurais (Figura 6) (Bommel, 2019; Boyce, 2014; Svetazi, 2021).

Figura 6 - Fisiologia do olho humano



Fonte: foto à esquerda SvetaZi (2021) e Bommel (2019), adaptado pela autora.

O sistema visual desempenha um papel fundamental na determinação qualitativa dos atributos perceptivos de cenas e objetos, mediando nossa percepção espacial e a interpretação das propriedades materiais. Dubois et al. (2016) propõe, baseado em estudos e normas, sete elementos para descrever objetivamente a qualidade da luz natural e elétrica num espaço: luminância, Iluminância, ofuscamento, direcionalidade, cor, cintilação (flicker), vista para o exterior. Estes elementos constituem a qualificação do conforto visual e fazem parte do espectro visível da luz (Veitch, 2014).

Outro elemento fundamental na avaliação da qualidade luminosa é a Distribuição Espectral de Potência - SPD (*Spectral Power Distribution*). Esta descreve como a potência (ou intensidade) de uma fonte de luz é distribuída ao longo do espectro eletromagnético, especialmente na faixa visível (aproximadamente 380 nm a 780 nm). Enquanto a Temperatura de Cor Correlata (CCT) descreve a "cor" da luz em termos de quente (amarelada) ou fria (azulada), a SPD mostra exatamente quais comprimentos de onda estão presentes e suas intensidades. (Kruisselbrink; Dangol; Rosemann, 2018).

2.1.3 Efeitos Não Visuais

A luz que entra nos olhos afeta muitos aspectos da fisiologia humana que vão além do sistema visual (Boyce, 2014a). Em 1958, Aaron Lerner isolou pela primeira vez a melatonina — hormônio produzido pela glândula pineal (Arendt, 2007), que se tornou o principal marcador dos ritmos circadianos na pesquisa cronobiológica (Lewy, 2007).

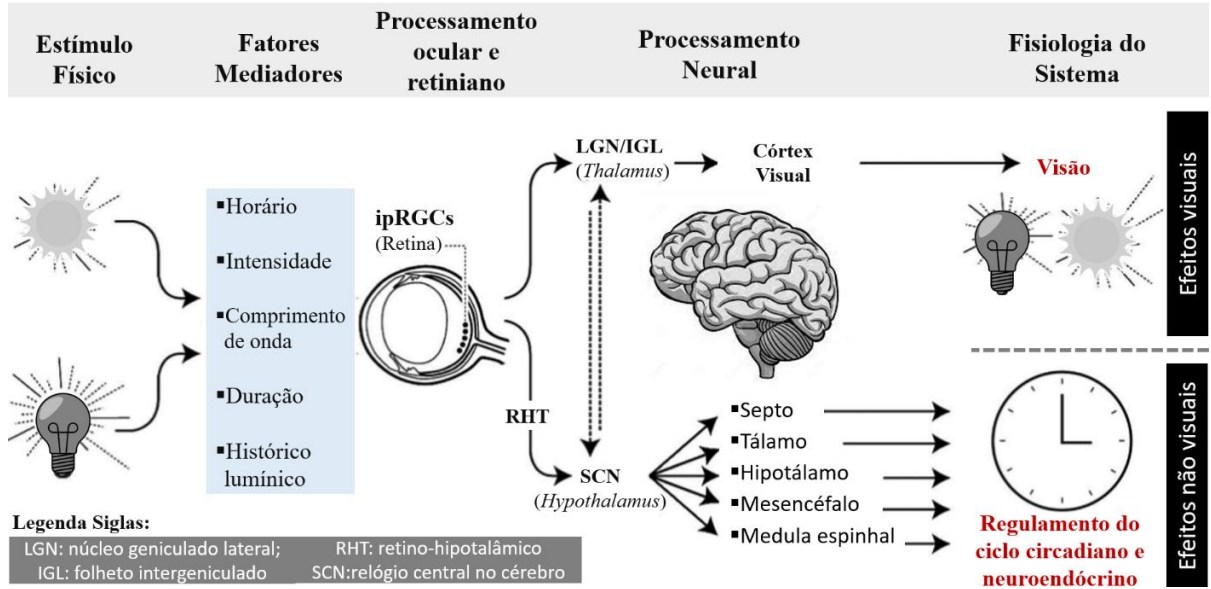
No início dos anos 2000, a descoberta das células ganglionares retinais intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs), o terceiro tipo de fotorreceptor (Brainard et al., 2001; Thapan; Arendt; Skene, 2001), impulsionou o estudo do sistema não formador de imagem e dos efeitos não visuais da luz na saúde e bem-estar humanos (Konis, 2017).

O sistema visual é essencialmente um sistema de processamento de imagens. O sistema não formador de imagem não é. Em vez disso, o sistema não formador de imagem refere-se a um complexo de efeitos da luz que vão desde a divisão celular e produção de hormônios através de outros aspectos da fisiologia básica para mudanças no comportamento, nenhum dos quais dependem do processamento da imagem (Boyce, 2014, p.91).

As ipRGCs transmitem informações sobre a luz ambiental por meio do trato retino-hipotalâmico (RHT) para o relógio central no cérebro - os núcleos supraquiasmáticos (SCN).

Essas células também se projetam diretamente para o tálamo e outras regiões cerebrais (Vetter et al., 2022b) (Figura 7). Sua resposta depende das características da luz incidente e de outros fatores mediadores (Idem, 2022). Após o estímulo de luz na retina, ocorrem as respostas aos efeitos não visuais e visuais.

Figura 7 - Ilustração esquemática dos fundamentos neuroanatômicos dos efeitos da luz

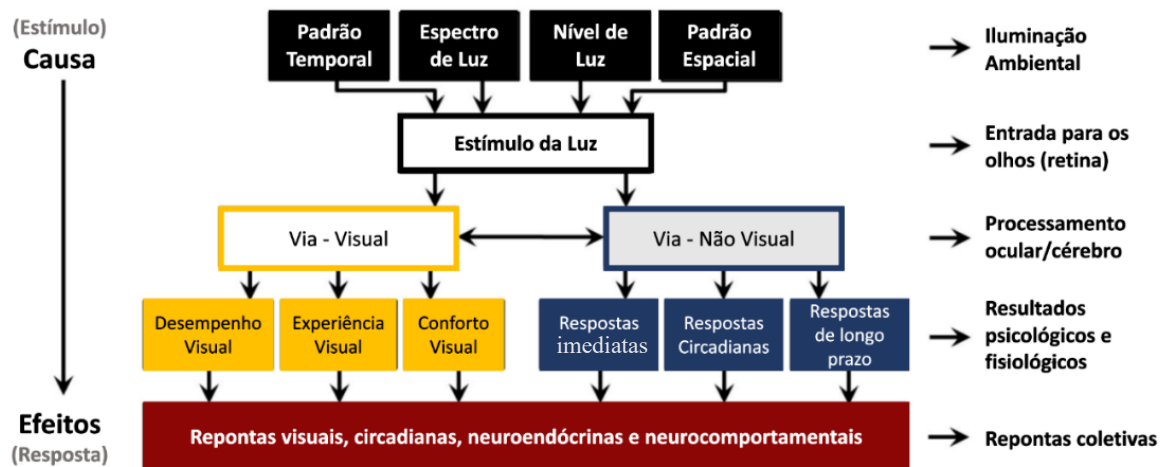


Fonte: Vetter et al. (2022), adaptado pela autora.

Os efeitos não visuais, também denominados 'efeitos de luz não formadores de imagem' (NIF) (Maskarenj; Deroisy; Altomonte, 2022a), podem ser classificados como respostas biológicas ou fisiológicas (Houser; Esposito, 2021a). A CIE (2018) adotou o termo “respostas à luz influenciadas pelas ipRGCs”, enquanto a Illuminating Engineering Society (IES) utiliza a denominação “respostas visuais, circadianas, neuroendócrinas e neurocomportamentais” (FIGUEIRO et al., 2018).

As respostas circadianas compreendem processos biológicos internos que seguem um ciclo aproximado de 24 horas, enquanto as respostas neuroendócrinas envolvem a regulação hormonal da melatonina pelo sistema nervoso central. Já as respostas neurocomportamentais referem-se às interações entre a atividade neural e os padrões de comportamento humano, demonstrando como a luz influencia não apenas nossa fisiologia, mas também nossas ações e reações (Houser; Esposito, 2021a) (Figura 8).

Figura 8 - O caminho da luz da causa (estímulo) ao efeito (resposta) no ser humano



Fonte: Houser K., Esposito T. (2021), adaptado pela autora.

O termo "circadiano" (do latim *circa diem* — "cerca de um dia") indica que o período do relógio biológico é aproximadamente, mas não exatamente, 24 horas (Fischer; Hilditch, 2022). Embora o ritmo circadiano humano nem sempre seja de 24 horas precisas, o ciclo solar terrestre sincroniza esses processos biológicos em nível molecular, celular e comportamental (Van Drunen; Eckel-Mahan, 2021).

Na literatura sobre os efeitos não visuais da luz, diversos termos são utilizados. Esta tese adotará o termo “ritmo circadiano”, por ser o mais consolidado, embora as expressões “ciclo circadiano” (Arellano Perez; Alves; De Oliveira Alvares, 2022) e “não formador de imagem” (Houser; Esposito, 2021b; Khademagha et al., 2018) também sejam consideradas sinônimos (Figura 9).

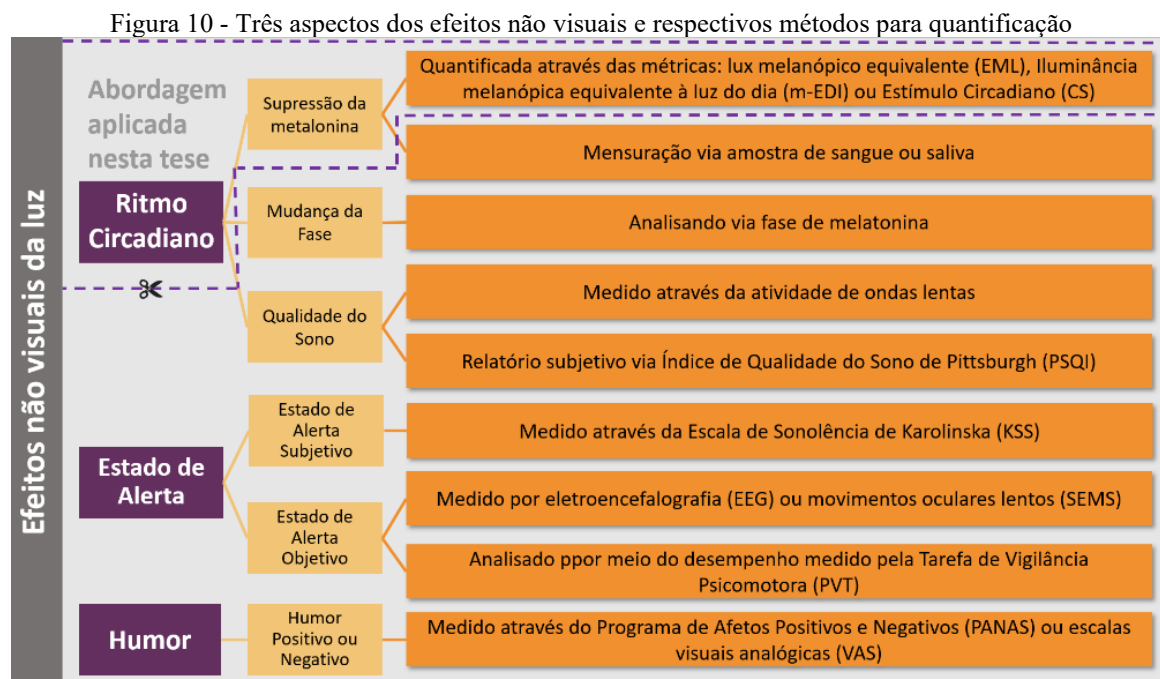
Figura 9 - Relógio biológico e o ritmo Circadiano



Fonte: Kenny (2021), adaptado pela autora.

Todos os termos discutidos referem-se aos efeitos não visuais da luz, que podem ser mediados tanto por iluminação natural quanto elétrica. No entanto, esta tese focará exclusivamente no estudo e aplicação da iluminação natural como ferramenta para modular respostas circadianas e promover bem-estar.

Os efeitos não visuais podem ser divididos em três aspectos: ritmo circadiano, alerta e humor (Xiao; Cai; Li, 2021) (Figura 10). No entanto, não há uma delimitação clara quanto à diferenciação desses efeitos, o que faz com que alguns artigos os tratem como sinônimos (Altenberg Vaz; Inanici, 2021b; Potočnik; Košir, 2020a). Vale ressaltar que o ritmo circadiano não é sinônimo de efeitos não visuais, mas sim um deles.



Fonte: Xiao, Cai e Li (2021), adaptado pela autora.

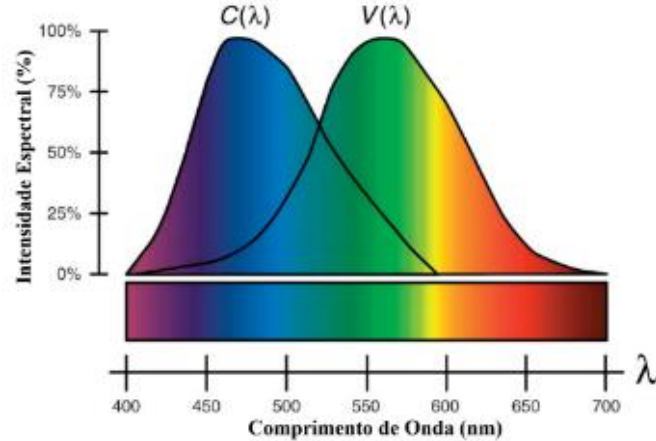
A supressão da melatonina ocorre durante os horários mais produtivos, pois este é o hormônio que causa a sonolência. Logo o cortisol entra em ação, dando ao organismo um estado mais elevado de alerta, o que permitirá uma maior concentração em suas atividades (BOMMEL, 2019b). Esta regulação é possível com ciclo claro/escuro.

Quanto às diferentes sensibilidades espectrais à luz, os efeitos não visuais não possuem a mesma resposta dos efeitos visuais (sistema visual). As ipRGCs (*intrinsically photosensitive retinal ganglion cells*) não têm função visual, em contraste com os fotorreceptores clássicos — bastonetes e cones. A luz visível corresponde à faixa do espectro eletromagnético entre 380 e 780 nm. Para quantificar seu impacto, a distribuição de energia espectral (*Spectral Power Distribution*, SPD) deve ser ponderada pela curva de eficácia luminosa espectral adequada,

derivando assim as unidades fotométricas relevantes (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a; Jung; Inanici, 2019a).

No contexto da regulação circadiana, a *luz circadiana* — definida pela função de eficiência espectral das ipRGCs ($C(\lambda)$) — requer um cálculo distinto da função fotópica ($V(\lambda)$) do sistema visual (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012) (Figura 11).

Figura 11 - Funções de eficácia luminosa normalizada para os sistemas fotópicos - $V(\lambda)$ e circadiano - $C(\lambda)$



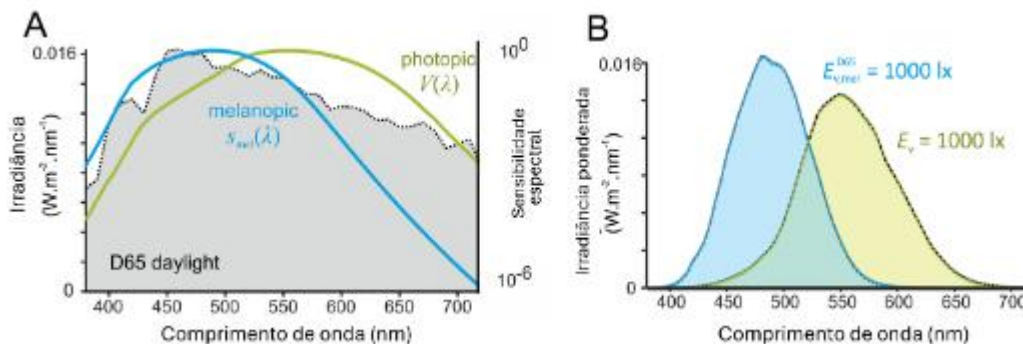
Fonte: Andersen, Mardaljevic, Lockley (2012), adaptado pela autora.

O espectro de ação da luz para o sistema circadiano apresenta um deslocamento em direção aos comprimentos de onda mais curtos da luz "azul" (~490 nm), em contraste com o sistema visual, que possui sensibilidade máxima à luz "verde" (~555 nm) (Figueiro et al., 2013; Jung; Inanici, 2019a). Na Figura 12, observa-se uma nítida distinção entre a função de eficiência espectral circadiana ($C(\lambda)$), mediada pelas ipRGCs, e a função de eficiência luminosa fotópica ($V(\lambda)$) do sistema visual, quando comparadas às distribuições de energia espectral (SPD) de diversas fontes luminosas (Figura 12).

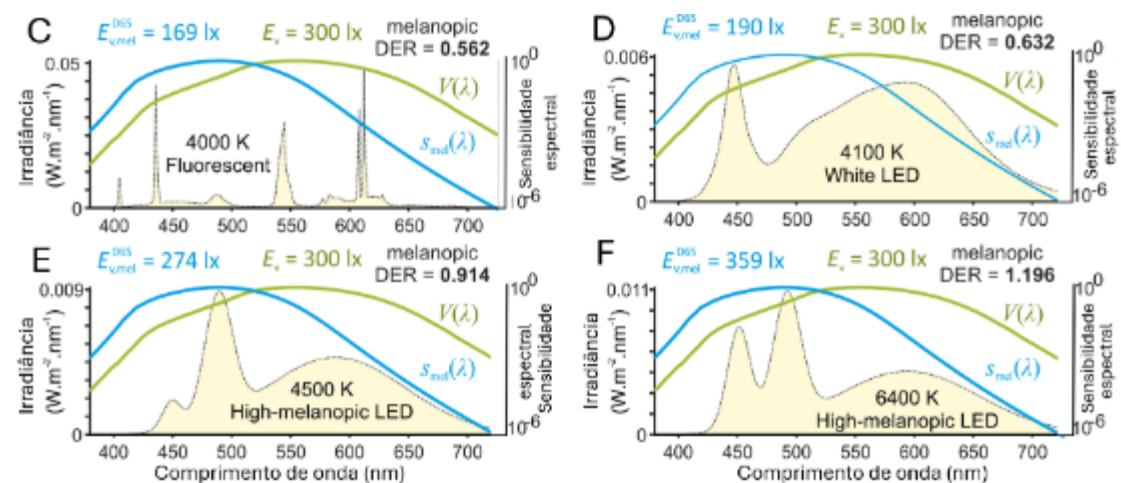
Figura 12 - Gráfico de curva de sensibilidade espectral

1 – Diferenças entre a sensibilidade espectral fotópica e melanópica formalizadas no sistema compatível com o SI para quantificar respostas influenciadas pelas células ipRGC à luz.

Distribuição Espectral – sistema visual, *photopic* ($V(\lambda)$) e sistema não visual, melanópica ($C(\lambda)$)



2 – Distribuições espectrais de potência, luz elétrica



Fonte: Brown et al. (2020), adaptado pela autora.

Na figura 12, o gráfico A mostra o espectro de ação melanópico ($s_{mel}(\lambda)$), com pico de sensibilidade em 490nm) e a função de eficiência luminosa espectral fotópica ($V(\lambda)$), sobrepostos à distribuição espectral de potência da luz do dia padrão (D65). As sensibilidades espectrais estão representadas em escala logarítmica. O gráfico B ilustra a distribuição espectral de potência ponderada do espectro apresentado no gráfico A, multiplicada pelas funções de eficiência fotópica e melanópica, considerando uma iluminância de 1.000 lux (E_v) e a iluminância melanópica equivalente à luz do dia (melanopic EDI).

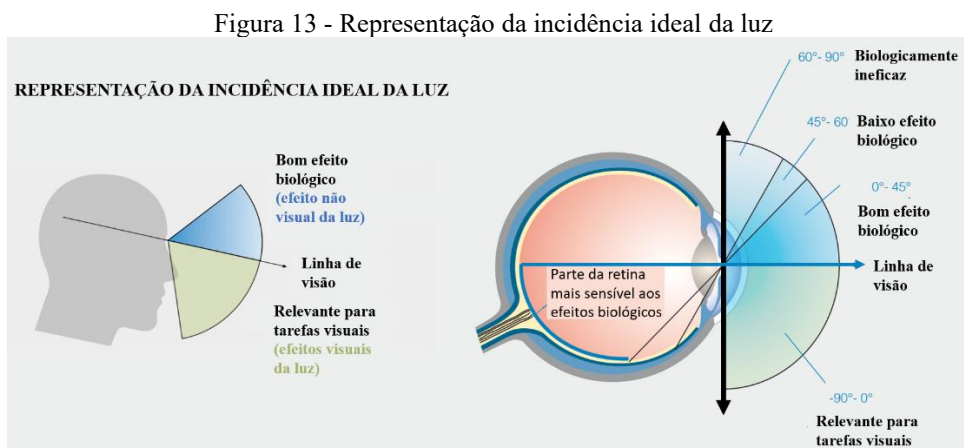
Os gráficos C e D ilustram distribuições espectrais de potência (em amarelo) de fontes de luz branca comumente encontradas: fluorescente (C) e baseada em LED (D). Os gráficos E e F mostram fontes de LED com alto conteúdo melanópico, com temperaturas de cor correlatas semelhantes (E) e mais frias (mais altas) (F), viáveis com as tecnologias mais atuais. Os espectros nos gráficos C e D representam os iluminantes padrão da CIE F11 e LED-B1, plotados a partir de dados tabulados da fonte; os espectros nos painéis E e F foram modelados, combinando, com pesos distintos, espectros de LEDs comerciais. As funções de eficiência espectral melanópica (em azul; $V(\lambda)$) e fotópica (em verde; $V(\lambda)$) são apresentadas como referência.

A iluminância fotópica (E_v) e a iluminância melanópica equivalente à luz do dia (D65) (melanopic EDI) de cada espectro são indicadas acima, juntamente com a eficiência melanópica da fonte (relação de eficácia melanópica em luz do dia D65; melanopic DER, definida como a razão entre as irradiâncias melanópicas da fonte e de uma fonte D65 com a mesma iluminância

fotópica). Observe-se que, neste exemplo, todas as fontes fornecem uma iluminância fotópica de 300 lux, mas variam em termos de EDI melanópico, devido ao baixo DER melanópico típico das fontes de luz branca mais comuns.

A análise da Figura 12 permite constatar que a função de eficiência espectral circadiana ($C(\lambda)$) - relacionada aos efeitos não visuais da luz - apresenta maior compatibilidade com as distribuições espectrais dos céus diurnos padronizados pela CIE (2018). Em contraste, observa-se que a distribuição espectral das fontes de luz artificiais ainda apresenta limitações em comparação à luz natural. Embora as lâmpadas LED estejam avançando significativamente na tentativa de minimizar essa inadequação (Fasciani et al., 2020; Van Bommel, 2023), o planejamento de espaços arquitetônicos que priorizem a iluminação natural continua sendo, no momento, a estratégia mais eficaz para promover condições favoráveis à sincronização do ritmo circadiano (Potočník; Košir, 2020a).

A fisiologia do olho humano apresenta sensibilidade e respostas diferenciadas à luz, que variam conforme as características espectrais e angulares da radiação luminosa (Khademagha et al., 2018; Zielinska-Dabkowska, 2018). A Figura 13 (Lich.de, 2018a), a seguir, permite compreender que, a depender do ângulo de incidência do espectro, haverá uma melhor ou pior resposta aos efeitos visuais e não visuais da luz.



Fonte: Lich.de (2018), Zielinska-Dabkowska (2018), adaptado pela autora

Observa-se que o eixo central do olho é o que apresenta maior sensibilidade ao estímulo circadiano, seguido pelo ângulo entre 0° e 45°. Esse dado indica que há uma maior eficácia circadiana quando a luz incide no eixo da linha de visão (Lich.de, 2018b; Zielinska-Dabkowska, 2018).

2.2 MÉTRICAS DA ILUMINAÇÃO

Este subcapítulo apresenta as principais métricas visuais e, especialmente, aquelas relacionadas aos efeitos não visuais da luz. Além disso, aborda normas, guias e certificações que fundamentam o tema desta pesquisa.

A palavra “métrica” refere-se a uma combinação de quantidades e condições organizadas em escala contínua, utilizada para avaliar efeitos lumínicos, mesmo quando não diretamente mensuráveis (Mardaljevic; Heschong; Lee, 2009a). Essas métricas auxiliam na verificação do atendimento aos requisitos de projeto conforme normas técnicas. No Brasil, por muitos anos, aplicaram-se normas desatualizadas, como a ABNT NBR 15.215:2005 (iluminação natural). Em 2024, a NBR 15.215 passou por revisão, resultando na publicação de suas partes 1, 2, 3 e 4.

2.2.1 Efeitos Visuais da Luz

As métricas referentes aos efeitos visuais da luz natural foram as primeiras a serem criadas. As métricas dividem-se em três grupos principais: estáticas, dinâmicas e geométricas (Ayoub, M., 2019).

Ao longo do século XX, foram desenvolvidos sistemas para a avaliação da luz do dia, sendo as **métricas estáticas** as primeiras a serem propostas. Essas métricas baseavam-se em cálculos realizados por meio de tabelas e desenhos bidimensionais, considerando valores pontuais de iluminância sob uma única condição de céu específico, como exemplificado pela métrica *Daylight Factor* (DF) (Ayoub, M., 2019; Mardaljevic, J., 2021; Reinhart, C. F.; Mardaljevic, J.; Rogers, Z., 2006).

Embora o DF seja uma métrica antiga, ele continua a ser utilizado em documentos de referência — como códigos de obras e diretrizes — para projetos. Contudo, apresenta limitações, pois considera apenas a luz solar difusa, não reconhecendo a influência da orientação geográfica das janelas, a orientação das fachadas, o horário do dia e a variação das condições do céu. Além disso, ignora as possibilidades de ofuscamento e as diferenças regionais e climáticas (Mardaljevic, 2021; Reinhart; Mardaljevic; Rogers, 2006).

A luz natural é dinâmica, e condições climáticas uniformes raramente correspondem à luz natural real (Knoop et al., 2020). Por isso, o DF é considerado uma métrica desatualizada, originária da era pré-computador (Hraška, Jozef et al., 2024).

As **métricas dinâmicas**, introduzidas por meio da modelagem anual baseada no clima (*Climate-Based Daylight Modelling* – CBDM), que incorpora 8.760 horas/ano de dados climáticos, permitiram acelerar os cálculos e fornecer resultados mais realistas e precisos (Mardaljevic, 2021; Reinhart; Mardaljevic; Rogers, 2006). Exemplos destas métricas são a *Target Illuminance* e suas variações, juntamente com a *Spatial Daylight Autonomy* (sDA). Para avaliação do ofuscamento, a métrica mais utilizada é a *Daylight Glare Probability* (DGP), enquanto a *Annual Sunlight Exposure* (ASE) expressa o acesso à luz solar no interior.

As **métricas** baseadas na **geometria**, por sua vez, influenciam diretamente o projeto arquitetônico e urbano, pois definem a forma dos edifícios e medem sua relação com o entorno, como a *Window-to-Wall Ratio* (WWR) — relação janela-parede (tradução nossa), também conhecida como porcentagem da área de uma fachada (PAF).

As métricas apresentadas para uso nessa tese já estão estabelecidas em normas internacionais e, mais recentemente, foram adotadas pela norma brasileira **ABNT NBR 15215/2024 – Iluminação Natural**, que se baseia na norma europeia **EN 17037:2020 – Daylight in buildings**, desenvolvida pelo *Comité Européen de Normalisation* (CEN). A norma brasileira é dividida em quatro partes, sendo as mais relevantes, no que se refere às métricas, a terceira — **ABNT NBR 15215-3: Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos** — e a quarta — **ABNT NBR 15215-4: Verificação experimental das condições de iluminação interna**.

A ABNT NBR 15215-3/2024 apresenta a métrica **Iluminância-alvo** (*Target Illuminance* — EN 17037:2020), que corresponde à iluminância recomendada sobre uma determinada porcentagem da área do piso. Essa métrica possui três níveis para ambientes não residenciais, sendo o nível 1 — o menos rigoroso — que determina que o espaço deve atingir 250 lux em pelo menos 40% da área. Já na norma europeia EN 17037:2023, o *Target Illuminance* estabelece que o ambiente deve alcançar 300 lux em pelo menos 50% da área do piso durante, no mínimo, 50% das horas de luz do dia.

A iluminância-alvo considera os dados climáticos locais, ou seja, a disponibilidade de luz baseada no clima (*Climate-Based Daylight Modelling* — CBDM, Reinhart, Mardaljevic e Rogers, 2006), e define que o cálculo deve considerar a fração específica F_{plano} , % do plano de referência em que a iluminância-alvo é alcançada, dentro de uma fração de horas de luz natural F_{tempo} , %, calculada em um intervalo de 10 horas (por exemplo, das 8h às 18h).

Nessa tese, foi utilizada a métrica equivalente à métrica **iluminância-alvo**, a *Spatial Daylight Autonomy (sDA)* — autonomia espacial da luz diurna, tradução nossa), presente na norma americana *ANSI/IES LM-83-23 – Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE) an American National Standard* (Illuminating Engineering Society, 2023), padrão da International Engineering Society (IES), devido a ser a métrica presente no software ClimateStudio, utilizado para as simulações computacionais referentes aos efeitos visuais (ver subcapítulo 3.2.5).

Nessa tese foram utilizados os valores indicados pela norma americana (IES, 2023), que define **sDA 300/50%**, ou seja, disponibilidade de luz natural com níveis base (iluminâncias-alvo) de 300 lux avaliados em 50% do tempo para desempenho mínimo. Tais valores superam os exigidos pela ABNT NBR 15215-3/2024 e, portanto, foram considerados nessa pesquisa como um nível superior ao mínimo aceitável no Brasil (este tema foi melhor abordado no subcapítulo 3.2.5.1).

De acordo com a ABNT NBR 15215-3/2024, não há um limite claramente definido para a métrica **exposição anual à luz solar direta** (*Annual Sunlight Exposure – ASE*). No entanto, a norma brasileira propõe três níveis para edificações não residenciais. Nessa tese, foi adotado o nível 1, ou seja, $ASE \leq 10\%$, considerando a porcentagem da área exposta a mais de 1.000 lux de luz solar direta por mais de 250 horas ao longo do ano (**ASE 1000/250h**). A ABNT NBR 15215-3/2024 também contempla a análise por meio da métrica **probabilidade de ofuscamento pela luz natural** (*Daylight Glare Probability — DGP*), que recomenda que, para o espaço ocupado, o valor de $DGP \geq 0,45$ (intolerável) não ocorra em mais de 5% do tempo de ocupação dos ambientes analisados.

Por fim, a métrica **Iluminância útil da luz do dia** (*Useful Daylight Illuminance – UDI*) permite avaliar o potencial de iluminação natural, em termos da porcentagem de horas ocupadas ao longo do ano em que as iluminâncias se mantêm dentro de intervalos definidos (Ballarini et al., 2019; Nabil; Mardaljevic, 2006). Os intervalos adotados nessa tese seguem a recomendação da **ABNT NBR 15215-4/2024**: iluminâncias entre 300 lux e 3.000 lux devem ser atingidas por pelo menos 50% do tempo durante o horário de ocupação. Dessa forma, obtém-se uma quantidade de luz útil, evitando tanto a insuficiência quanto o excesso com risco de ofuscamento.

A **Iluminância Útil da Luz do Dia (UDI)** é uma alternativa ao Fator de Luz do Dia (DF), conforme a ABNT NBR 15215:2024 e Nabil e Mardaljevic (2006), pois considera a localização geográfica, as condições do céu, o horário e a orientação solar. A métrica UDI também é mencionada pelo termo “*áreas com autonomia da luz natural*” na Portaria nº 42, de

24 de fevereiro de 2021, que aprova a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) (Brasil, 2021). De acordo com a INI-C, as “*áreas com autonomia da luz natural*” devem apresentar, no mínimo, 300 lux em pelo menos 50% das horas diurnas.

Apesar de citada pela NBR 15215-4:2024, a UDI é apenas recomendada; porém, tem sido utilizada em diversos estudos (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Ballarini et al., 2019; Dabaj; Rahbar; Fakhr, 2022; Lee; Song, 2023; SLL, 2014) em análises com simulações computacionais. A Tabela 1 apresenta as métricas e parâmetros para os efeitos visuais da luz.

Tabela 1 - Métricas e Parâmetros

Referência	Métricas	Parâmetros
LM 83:23	sDA 300/50% Autonomia espacial da luz diurna (<i>Spatial Daylight Autonomy</i>)	300 lux para 50% da área para 50% de horas com luz natural.
ABNT NBR 15.515/2024	ASE 1000/250h Exposição anual à luz solar direta (<i>Annual Sunlight Exposure</i>)	$ASE \leq 10\%$, considerando 1000 lux em 250h/ano
	DGP ≥ 0.45 em $< 5\%$ do tempo Probabilidade de ofuscamento pela luz natural (<i>Daylight Glare Probability</i>)	DGPexcedida $< 5\%$ do tempo. O espaço ocupado não exceda um valor de 0,45 em mais de 5 % do tempo de ocupação. DGP ≥ 0.45 (intolerável)
ABNT NBR 15.515-4/2024, Brasil, 2021; Nabil; Mardaljevic, 2006	UDI 300-3000 / 50% Iluminância Útil da Iluminação Natural (<i>Useful Daylight Illuminance</i>)	$300 < \text{iluminância útil para o usuário} > 3.000\text{lx}$ por pelo menos 50% do tempo do horário de ocupação

Fonte: autora.

As métricas geométricas, como o PAF, não possuem um valor específico a ser adotado, portanto seu valor deve atender às necessidades de cada projeto. Nessa tese, os valores adotados foram baseados nos artigos de referência para esta pesquisa.

2.2.2 Efeitos Não Visuais da Luz

Apesar de, nas últimas duas décadas, ter ocorrido o desenvolvimento de diversas métricas focadas nos efeitos não visuais, buscando caracterizar a resposta espectral da ipRGC, não existe um consenso quanto à sua aplicação (Kenny, 2021; Apêndice D). A Tabela 2 apresenta uma compilação de algumas dessas métricas desenvolvidas nos últimos anos.

Tabela 2 - Cronologia de algumas métricas e suas definições

ANO	MÉTRICA	SIGLA	DEFINIÇÃO
2004	<i>Circadian Action Factor</i>	a_{cv} , CAF	A proporção de irradiância ponderada melanopicamente para fotopicamente (Gall; Bieske, 2004).
2005	<i>Circadian Stimulus</i> (primeira versão)	CS	Modelo capaz de prever os dados disponíveis por meio da supressão noturna de melatonina obtidos sob estimulação de luz monocromática e policromática (Rea et al., 2005).
2011	<i>Melanopic illuminance</i>	M_{ϕ}	Irradiância melanopicamente ponderada, dimensionada para garantir que, em 555nm, 1 lux melanópico = 1 lux fotópico para um observador humano padrão. (Al Enezi et al., 2011).
2012	<i>Non-Visual Effect</i>	N_{ve}	Baseado em estudos anteriores. O efeito não visual, N_{ve} , da luz natural em função da iluminância visual (usando o iluminante D55) (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a).
2012	<i>Cumulative Annual Non-Visual Effect</i>	C_{NVE}	A média cumulativa de N_{ve} de uma série de dados temporais (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a).
2012	<i>Circadian Light</i>	CL_A	A irradiância na córnea ponderada para refletir a sensibilidade espectral do sistema circadiano humano, medida pela supressão aguda de melatonina após uma exposição de 1 hora (Rea et al., 2012a).
2012	<i>Circadian Stimulus</i> (versão atualizada)	CS	A eficácia calculada da irradiância ponderada espectralmente na córnea, do limiar (0,1) à saturação (0,7), assumindo uma duração fixa de exposição de 1 hora (Rea et al., 2012a).
2013	<i>Melatonin Suppression Index</i>	MSI	Razão da irradiância medida melanopicamente de uma fonte para o iluminante padrão CIE D65 (Aubé; Roby; Kocifaj, 2013).
2014	<i>Equivalent Melanopic Lux</i>	EML	Lux melanópico equivalente (tradução NBR 15.215/2024) Evolução do trabalho de Enezi et al. (2011). Irradiância melanopicamente ponderada, dimensionada para garantir que, em 555nm, 1 lux melanópico = 1 lux fotópico para um observador humano padrão. (Lucas et al., 2014a).
2017	<i>Circadian Effective Area</i>	CEA	Espaço é definido como a porcentagem da área de análise que atende ou excede o limite " <i>stim.freq</i> " mínimo aceitável diariamente (Konis, 2017a).
2017	<i>Circadian Stimulus Autonomy</i>	CSA	A porcentagem de tempo ao longo do ano em que um limite específico de CS é atingido pela luz do dia (Acosta; Leslie; Figueiro, 2017a).
2018	<i>Melanopic Equivalent Daylight Illuminance</i>	mel-EDI, mEDI, Mel-EDI	Iluminância equivalente para o fotorreceptor melanópico no olho humano (CIE, 2018b). Iluminância da luz do dia melanópica equivalente (tradução NBR 15.575/2024).

Fonte: baseado em Kenny (2021), com adaptações da autora.

Nota-se que, apenas dois anos após a publicação sobre as células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis (ipRGC) em 2001 (Berson; Dunn; Takao, 2002; Brainard et al., 2001; Hattar et al., 2002; Thapan; Arendt; Skene, 2001), surgiu a primeira métrica para quantificar os efeitos circadianos da luz. Em 2005, foi apresentada a *Circadian Stimulus* em sua primeira versão de estudo (Rea et al., 2005), métrica que teve importante impacto no meio científico — tanto que dela resultou não apenas uma nova versão, mas também, após o seu lançamento, foram necessários mais seis anos para o desenvolvimento de novas métricas.

A revisão sistemática de literatura dos últimos 5 anos dos artigos publicados sobre o tema na base Scopus e *Web of Science*, encontra-se no APÊNDICE D, tem como resultado as métricas *Circadian Stimulus* – CS e *Equivalent Melanopic Lux* – EML (lux melanópico equivalente, tradução NBR 15.215/2024), que são as mais populares aplicadas nos estudos atuais.

A métrica mais recente da CIE (2018), **iluminância da luz do dia melanópica equivalente** (tradução NBR 15.215/2024) ou **melanopic equivalent daylight illuminance** (M-EDI, mel-EDI ou Mel-EDI), ainda está em fase de disseminação, pois foi introduzida apenas em 2018. A **razão de eficácia da luz do dia melanópica (Mel-DER)** é uma medida que quantifica a relação entre a iluminância fotópica e seu efeito melanópico expresso em Mel-EDI (CIE, 2018c), sendo uma variação da razão melanópica/fotópica (M/P), também representada como EML/iluminância fotópica.

Portanto, por serem as métricas mais recentes e com tendência de crescente aplicação em estudos acadêmicos, **Mel-EDI** e **Mel-DER** foram adotadas nessa tese.

As métricas citadas serão discutidas a seguir.

2.2.2.1 Circadian Stimulus (CS)

Uma das primeiras métricas voltadas aos efeitos não visuais da luz, o Circadian Stimulus (CS) — ou estímulo circadiano — foi desenvolvida pelo *Lighting Research Center* (LRC), nos Estados Unidos (Rea et al., 2005).

O CS incorpora o cálculo do *Circadian Light* – CL_A , um modelo de resposta circadiana à luz fundamentado em dados de psicofísica, eletrofisiologia e neuroanatomia. O CL_A representa a irradiância na córnea, ponderada pela sensibilidade espectral do sistema circadiano, baseada na supressão aguda de melatonina após uma hora de exposição à luz.

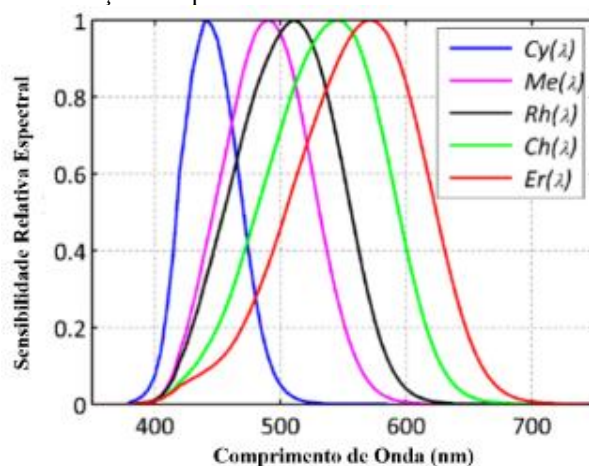
O valor de CS varia de 0,1 a 0,7, indicando a eficácia da luz na supressão da melatonina (Bellia et al., 2023a; Rea et al., 2012a). O LRC disponibiliza atualmente um aplicativo online, o "CS Calculator", que permite converter dados de diferentes fontes para essa métrica (Lighting Research Center, 2023).

2.2.2.2 Equivalent Melanopic Lux (EML)

Em 2013, a CIE reuniu um grupo de especialistas para estabelecer um consenso sobre o espectro de ação que representa a resposta não visual à luz (Kenny, 2021). Com base em estudos

anteriores (Al Enezi et al., 2011a), Lucas et al. (2014a) desenvolveram e publicaram um sistema de cálculo fundamentado em cinco funções α -ópticas: eritrópica (L-cone), clorópica (M-cone), rodópica (bastonetes), melanópica (ipRGC) e cianópica (S-cone) (Figura 14).

Figura 14 - Funções de sensibilidade espectral de fotorreceptores humanos $Cy(\lambda)$, $Me(\lambda)$, $Rh(\lambda)$, $Ch(\lambda)$, $Er(\lambda)$, com normalização compatível com o Sistema Internacional - SI



Fonte: Lucas (2014), adaptado pela autora.

Juntamente com esse sistema, foi criada a ferramenta conhecida como “Lucas Toolbox” (Lucas, 2014), uma planilha em Excel com fórmulas programadas para converter os dados em Equivalent Melanopic Lux (EML) — ou lux melanópico equivalente (tradução NBR 15.215/2024) —, oferecida como suporte aos profissionais.

2.2.2.3 Melanopic Equivalent Daylight Illuminance (mEDI ou mel-EDI ou Mel-EDI)

A **família de métricas da CIE** teve início com Enezi et al. (2011) e evoluiu com o trabalho de Lucas et al. (2014), culminando na publicação da norma **CIE S 026:2018** (CIE, 2018a). A partir da **CIE S 026:2018**, foi estabelecida a definição da iluminância melanópica equivalente à luz diurna padrão (D65) (CIE, 2022). A norma também apresenta a conversão da irradiância melanópica, descrita na **TN 003** (PRICE, et al., 2015), em iluminância (lux), denominada **EDI**.

O Mel-EDI combina a sensibilidade de cinco fotorreceptores (cones S, M e L, rodopsina e melanopsina) com a luz do dia padrão (D65), sendo expresso em “lux”. Para calcular o Mel-EDI, a CIE desenvolveu a “CIE S 026 α -opic Toolbox”, uma planilha do Microsoft Excel acompanhada de um guia do usuário explicando como utilizar a ferramenta — ambos disponíveis no site da CIE (CIE, 2020). O toolbox pode ser utilizado tanto para a métrica mEDI quanto para a EML.

O Mel-EDI é um multiplicador escalar do EML e pode ser obtido multiplicando-se o valor da iluminância melanópica, calculado segundo o método proposto por Lucas *et al.*, por 0,9058 (Bellia *et al.*, 2023; Lucas *et al.*, 2013).

2.2.2.4 M/P e Mel-DER

A razão espectral M/P (*melanopic/photopic*) corresponde à relação entre a iluminância melanópica e a iluminância fotópica geradas por uma fonte de luz com uma determinada distribuição espectral de potência (Alight; Jakubiec, 2021; Carmon; Altomonte, 2021). Para representar essa relação no contexto da luz do dia, usando o Mel-EDI, utiliza-se a **razão de eficácia da luz do dia melanópica** (*Melanopic Daylight Efficacy Ratio – Mel-DER*), definida como a razão entre a eficácia luminosa melanópica de uma determinada fonte de luz e a eficácia luminosa melanópica da radiação padrão D65 da CIE. Esse cálculo é apresentado na Equação 1:

Equação 1 – Cálculo da razão de eficácia melanópica da luz do dia, conforme definido na CIE S026 (2018)

$$\text{Mel-DER} = \frac{\text{Eficácia luminosa melanópica da fonte de luz}}{\text{Eficácia luminosa melanópica do D65}}$$

Fonte: CIE (2018); Englezou; Michael, 2023; Esposito; Houser, 2022.

A razão Mel-DER é adimensional, sendo o valor 1 equivalente à resposta da fonte padrão D65. Com base nesse parâmetro, é possível calcular a **iluminância da luz do dia melanópica equivalente** (*Melanopic Equivalent Daylight Illuminance – Mel-EDI*), que representa a fração da iluminância fotópica (E_v) que corresponde ao estímulo melanópico da luz, considerando o valor de Mel-DER. A equação 2 apresenta essa relação:

Equação 2 – Cálculo alternativo do Mel-EDI a partir da razão de eficácia melanópica

$$\text{Mel-EDI} = E_v \times \text{Mel(DER)}$$

Fonte: CIE (2018); Esposito; Houser, 2022.

Valores mais altos de Mel-DER também se associaram a uma maior presença de luz azul, ou seja, desejável valor acima de 1 (Englezou, M. ; Michael, A. I., 2023).

2.2.2.5 Mel-EDI e EML x CS

A CS destaca-se por sua capacidade de mensurar a supressão da melatonina, utilizando uma fórmula baseada em marcadores biológicos relacionados ao ritmo circadiano. Por essa razão, é amplamente estudada em artigos da área da saúde.

As métricas EML e Mel-EDI, embora compartilhem uma curva de sensibilidade espectral semelhante à da CS (baseada na melanopsina), são fundamentadas nos aspectos espectrais da luz. Elas analisam como o espectro luminoso influencia a supressão da melatonina e, consequentemente, a regulação do ritmo circadiano. São úteis em levantamentos *in loco*¹, pois permitem o uso de equipamentos capazes de mensurar a luz espectral do ambiente. Estas métricas são associadas à análise de espectros de cada localidade, considerando dados climáticos e a qualidade da luz fornecida ao ambiente.

Portanto, as métricas EML e Mel-EDI foram aplicadas nessa tese, baseada na sua aplicabilidade e análise dos softwares mais utilizados em estudos sobre os efeitos não visuais da luz, especialmente o Adaptive Lighting For Alertness (ALFA) (Bellia et al., 2023b), que adota o EML como base. O uso do ALFA foi abordado no subcapítulo 2.6.1 e no subcapítulo 3.2.4.2.

2.2.3 Normas, Guias e Certificações

Diferentemente das métricas dos efeitos visuais, atualmente não há uma norma de referência específica para avaliar os efeitos não visuais nos ambientes. O objetivo deste levantamento referencial na tese é identificar quais documentos existem para orientar a obtenção dos efeitos não visuais por meio da iluminação natural. Foram encontradas documentações em diferentes formatos, como guias com diretrizes ("*guideline*" em inglês) e certificações comerciais de edifícios.

2.2.3.1 Norma brasileira - ABNT NBR 15215: 2024

A ABNT NBR 15215 constitui um conjunto de normas sobre iluminação natural, dividido em diferentes partes que abordam desde definições básicas até métodos de cálculo e

¹ Apesar de esta tese não realizar levantamento *in loco*, esta métrica possibilita que sejam realizadas validações futuras com as simulações computacionais.

procedimentos de verificação experimental. A norma incorpora diversas métricas já consolidadas por instituições internacionais como a IEA, CIE e LRC. Destaca-se por ser a primeira norma nacional a tratar não apenas dos efeitos visuais da luz natural, mas também de seus efeitos não visuais, por meio de avaliações computacionais. Além disso, introduz critérios para a avaliação de vistas externas. Embora não estabeleça níveis mínimos de desempenho (efeitos visuais), a norma propõe uma escala qualitativa composta por três níveis (I a III), na qual o grau de atendimento aos critérios definidos evolui do nível I (mais básico) ao nível III (mais avançado).

A norma apresenta recomendações para a medição do estímulo não visual da luz. Essa medição deve ser realizada em pelo menos duas posições contrastantes dentro do ambiente: uma próxima a uma janela, onde a incidência de luz natural é predominante, e outra em uma zona mais profunda da sala. As principais métricas adotadas para essa avaliação, amplamente utilizadas na literatura científica, são: *Equivalent Melanopic Lux* (EML), *Melanopic Equivalent Daylight Illuminance* (Mel-EDI) e *Circadian Stimulus* (CS).

2.2.3.2 Manual de Orientações Técnicas (v. 3) (Brasil)

Manual de Orientações Técnicas (v. 3) (Brasil) - Elaboração de Projetos de Edificações Escolares: Ensino Fundamental - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (Brasil, 2023). Apesar de ser elaborado especificamente para edifícios escolares do ensino fundamental, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação é uma referência sobre desenvolver projetos escolares no Brasil. Seu material não fala ainda sobre a necessidade de avaliação dos efeitos não visuais da luz.

Quanto à iluminação natural em salas de aula, considera-se que a relação entre as áreas das janelas e áreas de piso deve ter 1/5 da relação mínima em salas de aula (BRASIL, 2023, p. 29).

2.2.3.3 Nota técnica - CIE S 026:2018

A *Comission Internationale de l'Eclairage* (CIE) é uma organização voltada para a parte técnica, científica e cultural, com o objetivo de desenvolver normas e procedimentos básicos de metrologia nas áreas de luz e iluminação. Ela também orienta a aplicação de princípios e procedimentos no desenvolvimento de padrões internacionais e nacionais relacionados à luz e iluminação (CIE, 2018a).

A Norma Internacional CIE S 026/E:2018 (CIE, 2018a) define funções de sensibilidade espectral, quantidades e métricas para descrever a capacidade da radiação óptica em estimular os cinco tipos de fotorreceptores ($Cy(\lambda)$, $Me(\lambda)$, $Rh(\lambda)$, $Ch(\lambda)$, $Er(\lambda)$) que podem contribuir para os efeitos não visuais da luz mediada pela retina, por meio das células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis contendo melanopsina (ipRGCs). Essa nota técnica introduziu as métricas Mel-EDI e Mel-DER, que podem ser aplicadas à radiação óptica visível na faixa de comprimento de onda de 380 nm a 780 nm. Também inclui informações sobre como fatores como a idade e o campo de visão (FOV) influenciam a estimulação dos fotorreceptores da retina em respostas à luz influenciadas pela ipRGC. No entanto, a norma não estabelece valores referenciais para o estímulo recebido, ou seja, não define valores específicos para serem atingidos de EML e Mel-EDI dentro dos projetos.

2.2.3.4 Norma alemã - DIN/TS 5031-100, DIN SPEC 67600 e DIN/TS 67600

O Instituto Alemão de Normalização, “Deutsches Institut für Normung” – DIN, lançou em 2009 (finalizada em 2015 e atualizada em 2021) a norma DIN/TS 5031-100, “*Física da radiação no campo óptico e Tecnologia da Iluminação – Parte 100: Sobre o olho mediano, efeito melanópico da luz nas pessoas – Quantidades, símbolos e espectros de efeitos*” (tradução nossa) (EUROPEAN STANDARDS, 2021). Foi um dos primeiros documentos a adotar a função de eficiência espectral ipRGC (Kenny, 2021), por meio da métrica “fator de ação circadiana – acv”. A norma especifica fórmulas e valores do espectro da luz visível no ser humano, potencialmente capazes de causar impactos biológicos, incluindo fatores de correção relacionados à idade. Por exemplo, uma pessoa de 60 anos necessita, em média, de 30 a 50% mais luz do que uma pessoa de 30 anos, reforçando as observações sobre o enfraquecimento do ritmo circadiano em pessoas idosas, conforme apresentado por Lucas et al. (Lucas, et al., 2014; DIN, 2015; Schulz, 2018).

Marcel e Frank (2021) criticam a norma DIN/TS 5031-100 por, apesar das evidências sobre a relação entre iluminação no trabalho e saúde ocupacional, não haver uma legislação que exija sua aplicação nos ambientes de trabalho. Apontam que os regulamentos atuais, como a DIN SPEC 67600 (Neberich; Opferkuch, 2021). Além disso, destacam a ausência de valores-alvo definidos (Kenny, 2021).

A DIN SPEC 67600, “Iluminação biologicamente eficaz - Diretrizes de projeto” (European Standards, 2013). É uma pré-norma com diretrizes de projeto para iluminação integrativa (Chaves, 2020). Mais recentemente, foi publicada a DIN/TS 67600, “*Cr*

complementares para projeto e aplicação de iluminação com foco nos efeitos não visuais da luz” (DIN, 2022).

Tanto a DIN/TS 5031-100 quanto a DIN SPEC 67600 (DIN, 2022) são amplamente aplicadas na Alemanha, podendo, segundo Schulz (2018), servir de referência para outras localidades onde ainda não há legislação específica sobre os efeitos não visuais da luz.

2.2.3.5 Guia de projeto (Estados Unidos) - Design guideline DG 24480 - Underwriters Laboratories

O guia de projetos (*design guideline*, em inglês) apresenta diretrizes projetuais com o objetivo de “promover o arrastamento circadiano com luz para pessoas ativas durante o dia e inativas durante a noite”, voltadas a ocupantes de ambientes comerciais, educacionais e industriais (Underwriters Laboratories INC., 2019). Essa linha de diretrizes estabelece uma meta de desempenho opcional, empregando a métrica Circadian Stimulus (CS), com o intuito de apoiar projetistas de iluminação interna e proprietários de edifícios no desenvolvimento de soluções que promovam o arrastamento circadiano adequado, além da iluminação visual convencional.

O material também discute a equivalência entre as métricas EML e CS, indicando uma tentativa de promover o uso da métrica CS a partir da conversão dos valores recomendados em EML pela certificação do *International WELL Building Institute* (IWBI). No entanto, até a versão de 2025, o WELL ainda não publicou recomendações oficiais utilizando a métrica CS.

2.2.3.6 Certificação de edificações WELL v2, Q2 – 2025

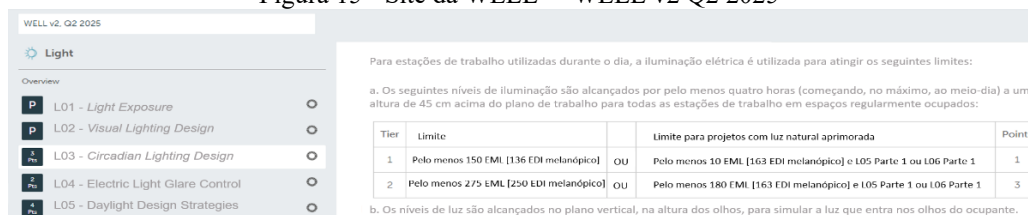
O *WELL Building Standard™* versão 2 (WELL v2™), organizado pelo *International WELL Building Institute* (IWBI), teve sua primeira versão lançada em 2014 (WELL, 2023a). O objetivo dessa certificação é promover projetos baseados em evidências científicas que incentivem a saúde e o bem-estar dos usuários, por meio de estratégias específicas. A certificação é estruturada em dez "concepts" (*conceitos*, em tradução livre), que funcionam como categorias. Para obter a Certificação WELL, os projetos devem atender a determinados pré-requisitos e alcançar uma pontuação mínima em cada conceito, de acordo com o nível de certificação desejado (WELL, 2025).

A categoria “Light” do WELL é dividida em diretrizes para ambientes residenciais e não residenciais. Como o foco desta pesquisa são espaços educacionais, são considerados apenas os dados voltados a ambientes não residenciais.

Para avaliar os efeitos não visuais da luz, o WELL utiliza as métricas EML e Mel-EDI, ambas baseadas no documento CIE S 026:2018 (CIE, 2018a). Os valores recomendados da “dose diária” foram adotados a partir do artigo dos pesquisadores Brown, T. et al. (2020, 2022).

O recurso L03 – Projeto de Iluminação Circadiana tem como objetivo promover a saúde circadiana e psicológica por meio da exposição à luz natural e a vistas externas. Sua aplicação destina-se a estações de trabalho utilizadas durante o dia, sendo necessária a complementação com iluminação elétrica para alcançar os limites exigidos, ou seja, não se restringe exclusivamente à luz natural (Figura 15).

Figura 15 - Site da WELL - “WELL v2 Q2 2025”



WELL v2. Q2 2025

Light

Overview

- L01 - Light Exposure
- L02 - Visual Lighting Design
- L03 - Circadian Lighting Design
- L04 - Electric Light Glare Control
- L05 - Daylight Design Strategies

Para estações de trabalho utilizadas durante o dia, a iluminação elétrica é utilizada para atingir os seguintes limites:

a. Os seguintes níveis de iluminação são alcançados por pelo menos quatro horas (começando, no máximo, ao meio-dia) a uma altura de 45 cm acima do plano de trabalho para todas as estações de trabalho em espaços regularmente ocupados:

Tier	Limite	OU	Limite para projetos com luz natural aprimorada	Points
1	Pelo menos 150 EML [136 EDI melanópico]		Pelo menos 10 EML [163 EDI melanópico] e L05 Parte 1 ou L06 Parte 1	1
2	Pelo menos 275 EML [250 EDI melanópico]		Pelo menos 180 EML [163 EDI melanópico] e L05 Parte 1 ou L06 Parte 1	3

b. Os níveis de luz são alcançados no plano vertical, na altura dos olhos, para simular a luz que entra nos olhos do ocupante.

Fonte: WELL (2025), adaptado pela autora.

A certificação WELL não apresenta cálculos que justifiquem o atendimento à “dose diária” recomendada por Brown et al. (2020), superior a 250 Mel-EDI, em suas diferentes opções. Por exemplo, o atendimento ao “Limite” Tier 1 prevê apenas 136 Mel-EDI, enquanto a opção “Limite para projetos com luz natural aprimorada” oferece apenas 163 Mel-EDI. Apesar de citar estudos científicos, a certificação carece de embasamento técnico sólido para assegurar que os procedimentos propostos realmente atendam às necessidades dos usuários em relação aos efeitos não visuais da luz.

2.2.3.7 Certificação para ambiente educacional - *Education Pilot Checklist* – WELL versão

O International WELL Building Institute (IWBI) criou um projeto piloto de certificação chamado *Education Pilot Checklist* – WELL versão 1 (WELL, 2020). Segundo o IWBI, para atender aos requisitos relacionados ao ritmo circadiano, é exigido que, em pelo menos 75% dos alunos, haja um mínimo de 200 EML, medidos no plano vertical voltado para a frente, a 1,20 m acima do piso acabado (simulando a linha de visão do ocupante). Esse nível de luz, que pode incluir a luz do dia, deve estar presente entre 9h e 13h durante todos os dias do ano.

Caso esse requisito não possa ser atendido, exige-se que todas as estações de trabalho apresentem iluminância vertical mínima de 150 EML, também medida a 1,20 m do piso finalizado. Esses parâmetros não são exclusivos para iluminação natural, devendo-se considerar uma abordagem de iluminação integrativa, que combine luz natural e elétrica, sempre com foco nas necessidades dos usuários.

2.2.3.8 Guia de projeto para ambiente educacional - *Collaborative for High Performance Schools* (CHPS)

A organização sem fins lucrativos, a *Collaborative for High Performance Schools* (CHPS), que trabalha para garantir que todos os alunos (crianças até adolescentes de 18 anos) tenham acesso a ambientes que apoiem o aprendizado e o bem-estar. Seu objetivo é melhorar o sistema educacional dos Estados Unidos, mudando a forma como as escolas são projetadas, construídas e operadas (CHPS, 2023a).

Para isso, a CHPS criou estratégias de projeto e construção “comprovadas” para produzir escolas de alto desempenho que melhoram o aprendizado dos alunos e os resultados de bem-estar (CHPS, 2023b). Assim como a “*Education Pilot Checklist – WELL* versão 1” (WELL, 2020), os dados apresentados pela CHPS (CHPS, 2022a) não são exclusivos para iluminação natural, portanto, deve-se considerar o caso de uma iluminação integrativa, combinada com o uso de iluminação elétrica e atendendo às necessidades dos usuários.

Alcance o seguinte:

Em salas de aula e espaços de apoio regularmente ocupados, a iluminação deve:

- Levar em conta a latitude e garantir níveis adequados de luz durante os meses de inverno.
- Ser ajustada conforme a faixa etária predominante dos ocupantes. Segundo o IES-ANSI RP-3-13 (CHPS, 2022a), deve-se aplicar uma proporção de brilho baseada na idade: menores de 25 anos = 0,5; de 25 a 65 anos = 1; e maiores de 65 anos = 2. Isso significa que crianças e jovens adultos necessitam de metade do brilho exigido por adultos de meia-idade, enquanto idosos precisam do dobro.

Para todos os espaços de sala de aula:

- Garantir que os níveis de EML ou CS sejam adequados em pelo menos 75% das mesas, medidos em plano vertical voltado para a parede principal de ensino, a 1,20 m do piso acabado. Essa condição de luz deve estar presente por no mínimo 4 horas diárias.

- Ajustes na iluminação para apoiar o aprendizado (como escurecer após o almoço ou aumentar a luz durante provas) devem comprovar benefícios e não causar um deslocamento do ritmo circadiano superior a 1 hora por dia.

Para espaços de apoio regularmente ocupados:

A iluminação deve assegurar que 75% ou mais das estações e superfícies de trabalho regularmente utilizadas recebam no mínimo 200 EML, ou o equivalente em CS. A medição deve ser feita em plano vertical a 1,20 m do piso acabado para estações de trabalho e a 1,70 m para superfícies de trabalho em pé. Esse nível de luz, que pode incluir luz natural, deve estar presente entre 9h e 13h em todos os dias de ocupação regular.

O comitê alemão DIN e a certificação de edifícios IWBI inicialmente basearam suas métricas em dados de Lucas et al. (2014), mas posteriormente as atualizaram para alinhar-se à abordagem da CIE, conforme estabelecido na CIE S 026:2018. Ambos utilizam a iluminância α -ópica e definem as contribuições de cada fotorreceptor. A principal diferença está na forma de normalização dessas quantidades. Por isso, as métricas melanópicas adotadas por DIN, IWBI e CIE são compatíveis e podem ser convertidas entre si (Truong et al., 2020).

Os principais critérios adotados nessa tese foram os presentes na ABNT NBR 15215:2024, tanto para os efeitos visuais quanto para os não visuais, pois essa norma incorpora diversos estudos, como Brown et al. (2020) e CIE S 026:2018 (ver subcapítulo 3.2.5.1). Como informações complementares, tanto a WELL (2025) quanto a CHPS foram utilizadas para critérios de desempate, conforme apresentado no subcapítulo 3.2.4.

2.3 ILUMINAÇÃO NATURAL NA ARQUITETURA

A iluminação natural é a principal fonte de estímulo circadiano para a manutenção do ritmo circadiano, portanto deve ser valorizada nos projetos (Brown, 2020). Se as condições de iluminação adequadas não forem alcançadas regularmente para a eficácia do estímulo circadiano, estas áreas podem ser rotuladas como "biologicamente escuras", o que pode afetar o ritmo circadiano (Bellazzi et al., 2022; Konis, 2017). Uma pré-condição para a avaliação da iluminação para os efeitos não visuais, é o fornecimento de intensidade dentro do espectro de luz (~490 nm) suficiente para as áreas de alta permanência, exemplo, salas de aula, e quantificar a exposição à luz em unidades biologicamente significativas (Konis, 2017).

A luz natural, diferentemente da elétrica, apresenta dinamicidade em suas características, variando ao longo do dia e das estações do ano (Knoop et al., 2020a). Sua trajetória solar e os espectros luminosos também sofrem alterações significativas conforme a latitude da edificação (Lamberts, Dutra, Pereira, 2014). Diante disso, torna-se essencial compreender a geometria da radiação solar e suas propriedades luminosas, que influenciam diretamente os efeitos visuais e não visuais nos espaços construídos.

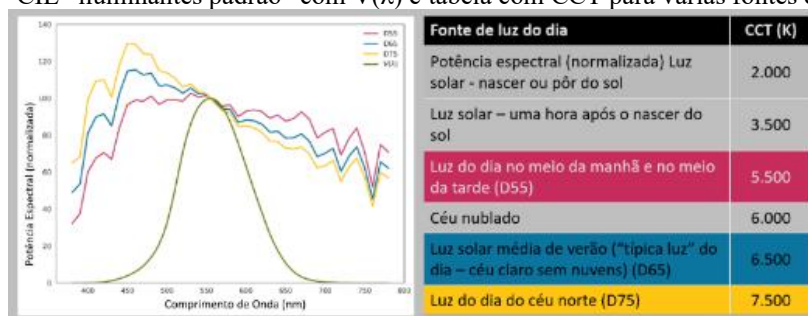
O espectro e sua intensidade, ou seja, a distribuição de energia espectral (SPD), também estão relacionados às condições do céu existentes. Portanto, é importante compreender não apenas a fonte de iluminação, mas também as características locais do ambiente geográfico em que o ambiente está inserido (Acosta et al., 2019b).

Este subcapítulo tem como objetivo visa busca estabelecer as relações entre a arquitetura e os fatores da luz natural.

2.3.1 Radiação solar e tipos de céus

A radiação solar é a principal fonte de luz natural, e sua incidência na superfície terrestre varia conforme fatores como duração do dia, clima e composição atmosférica. A dispersão atmosférica — causada por elementos como ozônio e partículas no ar — altera o espectro da luz, explicando, por exemplo, a coloração avermelhada do pôr do sol. Devido à grande variação nos espectros da luz do dia, a *Commission Internationale de l'Eclairage* – CIE definiu iluminantes padrão da série D (CIE, 2018b) para representar diferentes condições típicas de iluminação natural. (Lamberts, Dutra, Pereira, 2014).

Da série D de “iluminantes padrão” da luz do dia, além do D65, estão os iluminantes D55 e D75, juntamente com a função de resposta de sensibilidade espectral visual, $V(\lambda)$ (Figura 16). Cada iluminante tem a sua temperatura de cor correlata (*correlated colour temperature* – CCT).

Figura 16 - CIE “iluminantes padrão” com $V(\lambda)$ e tabela com CCT para várias fontes de luz do dia

Fonte: Kenny (2021), adaptada pela autora.

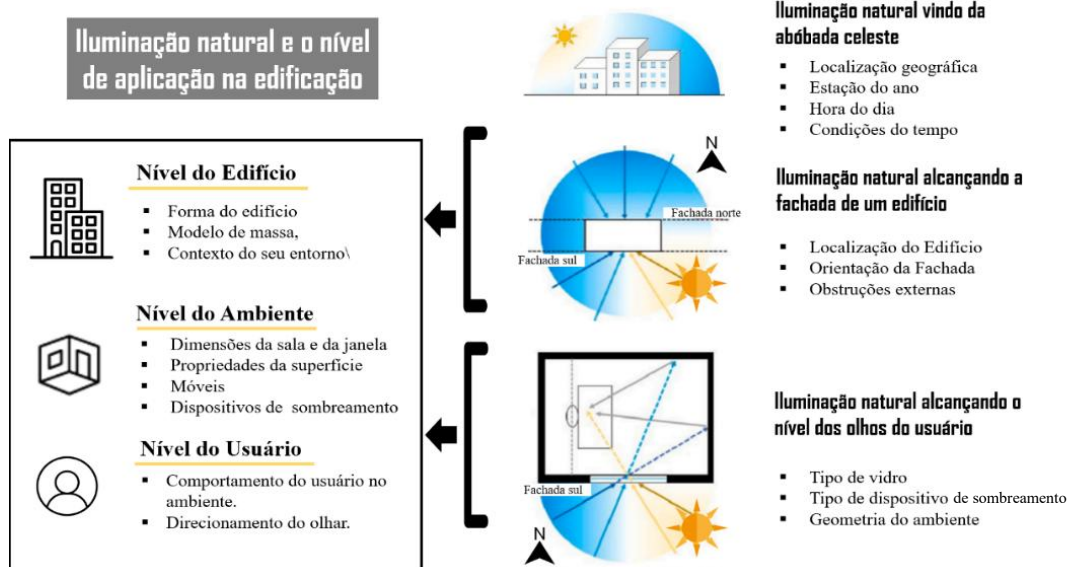
O uso desses padrões facilitou a realização de pesquisas, especialmente no apoio a simulações computacionais e modelagens da luz do dia (Kenny, 2021).

2.3.2 Parâmetros arquitetônicos e sua interação com a luz natural

O termo “**parâmetro arquitetônico**” foi utilizado no estudo de Khademagha et al. (2016), que utilizam o termo “*architectural design parameters*”, demonstrando quais parâmetros da arquitetura estão associados aos efeitos não visuais nos projetos, considerando a luz natural como fonte de iluminação (Khademagha et al., 2016b).

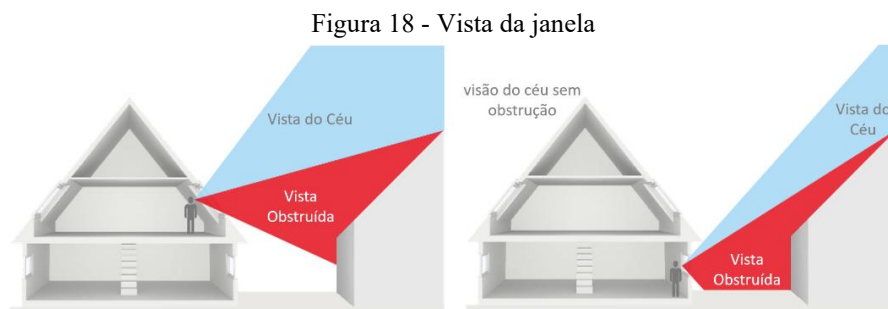
Os condicionantes da iluminação natural para a edificação e usuário, conforme estudos de Bellia et al. (2020) e Gkaintatzi-Masouti, Van Duijnhoven e Aarts (2022) (Figura 17):

Figura 17 – Condicionantes da iluminação natural para a edificação e usuário



Fonte: Bellia et. al. (2020) e Gkaintatzi-Masouti, Van Duijnhoven e Aarts (2022), adaptado pela autora.

O “Nível do Edifício – Iluminação natural vinda da abóbada celeste” envolve a escala urbana — latitude, as massas edificadas, entorno, forma do edifício —, assim como questões temporais, tipo de céu, dia e horário. O “Nível do Ambiente – Iluminação natural na fachada do edifício” envolve aspectos de maior domínio do arquiteto, como obstruções externas, localização e orientação, exposição das fachadas do edifício, divisões internas (salas) e janelas (Bellia, et al., 2020; Gkaintatzi-Masouti, Van Duijnhoven E Aarts, 2022). O formato da janela e o entorno existente podem gerar diferentes efeitos (Lee; Han; Lee, 2017) (Figura 18).



Fonte: Velux, 2022, adaptado pela autora

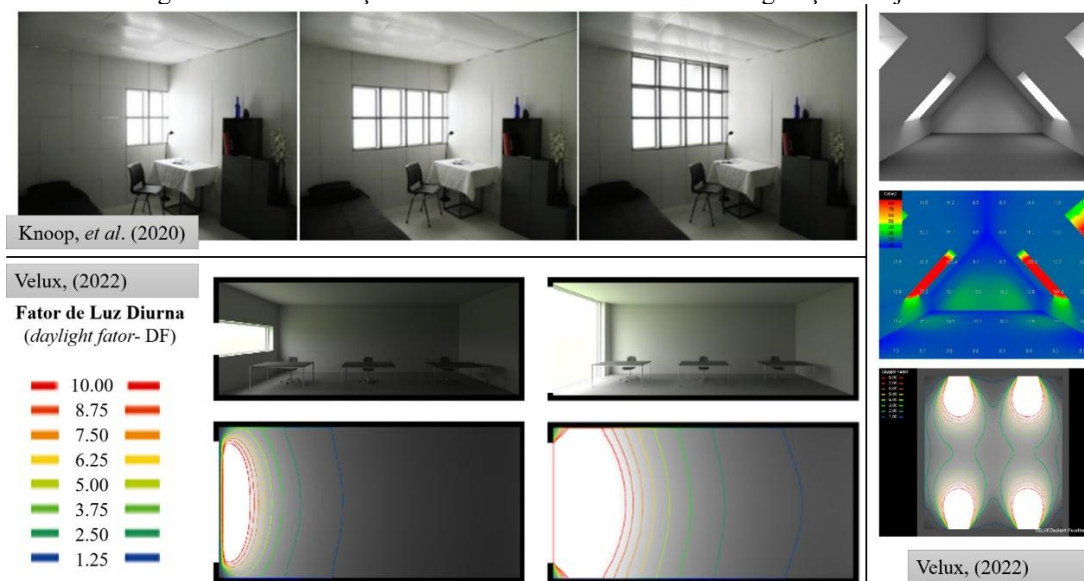
Elementos que obstruem a janela reduzem a disponibilidade de iluminação no ambiente (Jung; Inanici, 2019a; Knoop et al., 2020a). A qualidade da vista não é foco desta tese, porém a disponibilidade de vista do céu influencia a iluminação no ambiente, assim como o elemento que obstrui a vista impacta no cálculo de análise da iluminação do ambiente interno.

A posição e dimensão da janela impactam a geometria da luz no ambiente (Altenberg Vaz; Inanici, 2021a). Por exemplo, janelas horizontais no comprimento afetam um maior alcance lateral do ambiente, enquanto as janelas verticais (mais altas) impactam diretamente o maior alcance da luz em profundidade no ambiente.

Outras características das janelas afetam a qualidade e a disponibilidade da iluminação, como o tamanho (Jung; Inanici, 2019a; Konis, 2017), tipo do vidro (Jung; Inanici, 2019a) e orientação (Bellazzi et al., 2022a; Jung; Inanici, 2019a; Konis, 2017) (Figura 19).

Ainda que os parâmetros arquitetônicos já estejam sendo discutidos neste subcapítulo, sua relação com os efeitos não visuais da luz é explorada de forma mais aprofundada no subcapítulo a seguir 2.3.3.

Figura 19 – Distribuição da luz natural em diferentes configurações de janelas

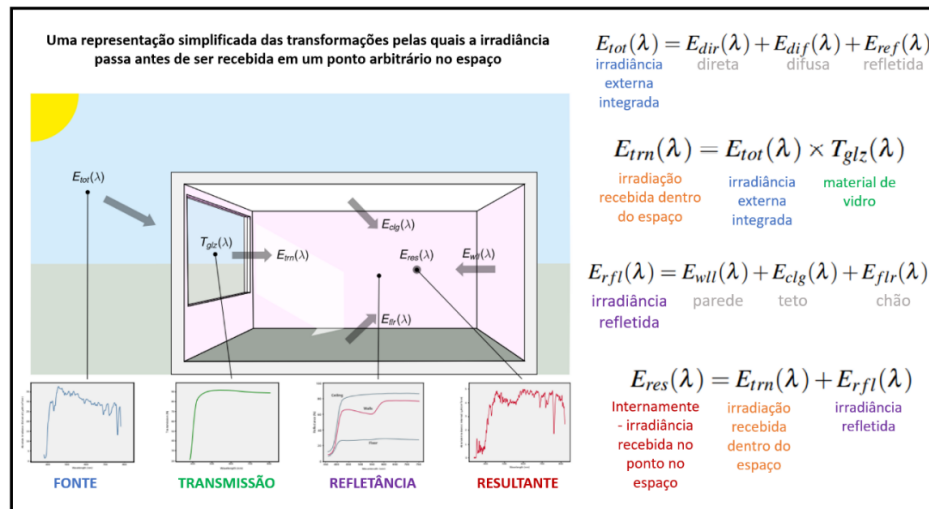


E, por fim, o “Nível do Usuário – Iluminação natural alcançando o nível dos olhos do usuário” (Figura 17) (Bellia, et al., 2020; Gkaintatzi-Masouti, Van Duijnhoven e Aarts, 2022), que envolve estudos do comportamento dos usuários no ambiente, como, por exemplo, o tempo de ocupação no espaço e o direcionamento do olhar.

A posição da janela deve considerar a relação entre o campo de visão do usuário e a possibilidade de vista para o exterior. A orientação da abertura em relação ao nascer e ao pôr do sol também é um fator relevante, pois favorece não apenas a conexão visual com o ambiente externo, mas também a percepção da passagem do tempo ao longo do dia. Esses momentos de transição luminosa contribuem diretamente para a sincronização do sistema claro-escuro pela retina, auxiliando na regulação do ritmo circadiano (Jung; Inanici, 2019a; Knoop et al., 2020a).

Considerando um ambiente interno simples, como o da Figura 20, o trajeto da fonte de luz natural até um determinado ponto no espaço passa por diversas transformações espectrais devido às superfícies refletoras (nuvens do céu, parede, piso, teto) e transmissoras (por exemplo, vidro das janelas), que desempenham um papel importante na influência do espectro resultante e da intensidade da luz recebida (Kenny, 2021) (Figura 20).

Figura 20 - Representação das transformações da fonte luminosa (luz + céu) no ambiente interno



Fonte: Kenny (2021), com adaptação da autora.

A transmissão da luz do dia por uma vidraça diminui conforme aumenta o número de camadas de vidro. Vidros coloridos ou revestidos podem reduzir essa transmissão para até 20%, alterando também a qualidade espectral da luz e a percepção das cores internas.

De modo geral, todas as interferências aqui apresentadas afetam tanto os efeitos visuais quanto os não visuais. Como visto, a iluminação natural no ambiente requer uma análise criteriosa no projeto arquitetônico para potencializar seus benefícios (Lee; Han; Lee, 2017).

2.3.3 Características da Luz x Parâmetros Arquitetônicos

A luz natural possui características, que podem ser divididas em luminosas e temporais, que afetam os efeitos não visuais (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a; Khademagha et al., 2016c; Mardaljevic et al., 2014a). Os trabalhos iniciais de Van Bommel e Van den Beld, em 2004, investigaram a iluminação adequada no ambiente de trabalho (Van Bommel; Van Den Beld, 2004) e, por fim, com Andersen e Mardaljevic (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a; Mardaljevic et al., 2014a), identificaram seis características da luz que influenciam os efeitos não visuais: espectro, quantidade, direcionalidade, tempo, duração e histórico (Figura 21). No entanto, segundo Khademagha et al. (2016), nem todos os seis fatores de luz mencionados apresentam as mesmas características quando a luz natural é a fonte primária de iluminação. Por isso foi adotada a proposta de duas categorias: luminosa e temporal, como mostrado na Figura 21.

Figura 21 - Características da luz que influenciam nos efeitos não visuais



Fonte: Andersen, Mardaljevic, Lockley (2012), Khademagha et al. (2016), Mardaljevic et al. (2014), adaptado pela autora.

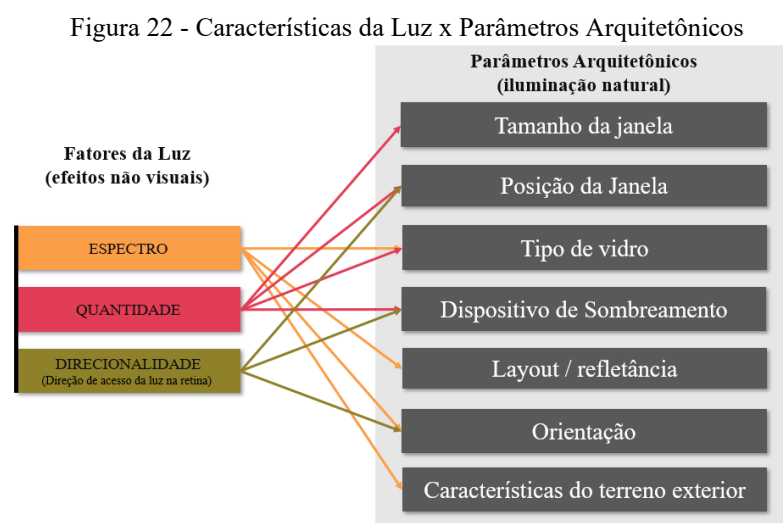
Sendo, segundo Khademagha et al. (2016), o significado de cada característica:

- **Espectro:** A sensibilidade espectral do olho humano varia conforme o comprimento de onda (λ). Para a estimulação do ritmo circadiano, o espectro de ação aproximado das células ipRGCs apresenta pico em $\lambda_{\text{máx}} \approx 479 \text{ nm}$;
- **Direcionalidade (distribuição espacial):** Refere-se à direção da luz que incide sobre o olho humano e à região da retina que é atingida;
- **Quantidade:** Uma quantidade suficiente de luz que atinja os olhos é necessária para estimular as respostas das células ipRGCs em humanos;
- **Tempo:** As células ipRGCs fornecem informações sobre a hora do dia ao relógio biológico, regulando o ciclo claro/escuro. Quando a exposição à luz é devidamente cronometrada, pode sincronizar os ritmos circadianos; no entanto, uma exposição mal cronometrada pode interrompê-los, comprometendo o bem-estar e o desempenho humano;
- **Duração:** A duração da exposição à luz, dentro do espectro de ação das células ipRGCs, pode suprimir a produção de melatonina. Estudos indicam que exposições mais longas (1, 2 ou 3 horas) aumentam a magnitude do atraso de fase do ciclo da melatonina, promovendo maior estado de alerta;
- **Histórico da iluminação:** A exposição à luz antes de experimentos é frequentemente negligenciada, o que pode comprometer os resultados. Como o ritmo circadiano não reage de forma imediata, é necessário considerar, antes de qualquer análise aprofundada, informações detalhadas sobre a rotina prévia de exposição à luz do indivíduo avaliado.

Conforme Khademagha et al. (2016), as características luminosas (fator luminoso) — espectro, direcionalidade e quantidade — é possível replicar a distribuição luminosa. No entanto, as características temporais da iluminação natural (fator temporal) — tempo, duração e histórico da iluminação — dependem principalmente do padrão de ocupação do edifício e variam de pessoa para pessoa (Khademagha et al., 2016). Entre as características mencionadas, a única que dificulta a análise da qualidade dos efeitos não visuais no ambiente construído, e

que não foi avaliada nessa tese, foi o fator temporal *histórico da iluminação*, pois exigiria um estudo mais aprofundado sobre a rotina dos usuários, o que estava fora do escopo desse trabalho.

No estudo de Khademagha et al. (2016), foi criada uma correlação entre as características luminosas e os parâmetros arquitetônicos, considerando a luz natural como fonte de iluminação. O autor relaciona cada característica luminosa a elementos específicos do projeto arquitetônico (Figura 22).



Fonte: Khademagha et. al. (2016), adaptado pela autora.

Observando a Figura 22, é possível compreender como os fatores da luz se relacionam aos parâmetros arquitetônicos, considerando o uso da iluminação natural.

- **Tamanho da janela:** impacta diretamente na quantidade de luz natural no ambiente — quanto maior a janela, maior a entrada de luz.
- **Posição da janela:** afeta a direcionalidade e a quantidade de luz que atinge os olhos do usuário, variando conforme altura e orientação geográfica.
- **Tipo de vidro:** modifica o espectro e a quantidade de luz transmitida — vidros coloridos ou com baixa transmissão luminosa alteram significativamente esses aspectos.
- **Dispositivos de sombreamento:** internos ou externos influenciam a direção da luz e a exposição luminosa nos olhos do usuário. Dependendo de sua cor, alteram a temperatura de cor (em inglês, *Correlated Color Temperature* - CCT) da iluminação do ambiente, impactando os espectros refletidos.
- **Layout/Refletância (propriedades reflexivas do ambiente interno):** a arquitetura de interiores, por meio da definição do layout e da escolha das propriedades reflexivas da

superfície interna. O layout define como o ambiente será utilizado e, consequentemente, a posição do usuário em relação ao espaço — como o uso ou não de mobiliário, por exemplo — e sua distância em relação às janelas para entrada de luz natural. As propriedades reflexivas das superfícies internas, que incluem a sua porcentagem de refletância, cor - razão melanópica pela fotópica – M/P –, afetam a composição espectral da luz refletida que incide no ambiente. Assim, tanto a disposição espacial do usuário em relação às janelas, quanto as propriedades reflexivas adotadas para piso, paredes, teto e objetos, interferem na qualidade e intensidade dos efeitos não visuais da iluminação recebida.

- **Orientação:** influencia a variação espectral ao longo do dia (manhã/tarde) e a direcionalidade da luz, conforme a posição solar em relação à abertura.
- **Características do terreno exterior:** superfícies externas refletem espectros específicos, afetando a luz no interior.

Além do estudo de Khademagha et al. (2016), uma revisão sistemática permitiu identificar diversos parâmetros arquitetônicos que influenciam os efeitos não visuais da luz. Para facilitar a compreensão, a Tabela 2 apresenta um resumo desses parâmetros, suas propriedades e diretrizes extraídas da revisão.

--	--	--

Tabela 3 - Parâmetros arquitetônicos que impactam nos efeitos não visuais da luz em ambientes com uso de iluminação natural

PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS	ESPECIFICIDADE	RECOMENDAÇÕES – Parâmetros Arquitetônicos	REFERÊNCIAS
Ambiente	Profundidade	Reduzindo a profundidade da sala, melhora o potencial circadiano por meio de reflexões, exemplo: prateleira de luz.	(Altenberg Vaz; Inanici, 2021c; Bellia et al., 2020a; Gkaintatzi-Masouti; Van Duijnhoven; Aarts, 2022a; Mathew et al., 2022)
Piso, Parede e Teto	Cor	Paredes neutras, como branco e cinza, azul (espectro)	(Potočnik; Košir, 2020a)
	Refletância	Superfície com alta porcentagem de reflexão.	(Busatto et al., 2020; Cai et al., 2018a; Knoop et al., 2019; Yao et al., 2020a)
Janela	PAF	Altos PAFs, porém adequando-se ao clima local	(Acosta et al., 2019b; Acosta; Leslie; Figueiro, 2015; Alkhatatbeh; Asadi, 2021a; Altenberg Vaz; Inanici, 2021c; Cai et al., 2018a; Yao et al., 2020b)
	Orientação	Sul (para o hemisfério norte), leste são boas orientações	(Amundadottir et al., 2017a; Bellazzi et al., 2022b; Cai et al., 2018a; Kaymaz; Manav, 2022b; Maskarenj; Deroisy; Altomonte, 2022b; Samiou; Doulos; Zerefos, 2022b; Van Creveld; Mansfield, 2020; Zeng et al., 2021a)
	Altura da Janela	Janelas altas permitem maior acesso da luz natural no interior do ambiente	(Alkhatatbeh; Asadi, 2021a; Altenberg Vaz; Inanici, 2021c)
Vidro	Cor	Envidraçamento neutro, seguido de vidros tingidos de azul	(Alkhatib et al., 2021; Potočnik; Košir, 2020a)
	Transmissão Luminosa	Altas transmissões beneficiam efeitos não visuais	(Alkhatatbeh; Asadi, 2021a; Bellia et al., 2020a; Potočnik; Košir, 2020a)
Dispositivos de sombreamento	Tipo	Use dispositivos de sombreamento que não obstruam as vistas para o céu (por exemplo, persianas horizontais)	(Alkhatib et al., 2021; Bellia et al., 2020a; Hosseini; Ansari, 2022a; Jung; Inanici, 2019b; Mathew et al., 2022)
	Refletância	Painéis de sombreamento fosco ampliam o impacto da cor dos painéis na iluminância melanópica	(Parsaee et al., 2020a)
	Orientação	Os painéis de sombreamento horizontais têm mais impacto na iluminância melanópica e fotópica do que os painéis verticais	(Hosseini; Ansari, 2022a; Parsaee et al., 2020a)
	Ângulo (α) (Espaçamento)	A redução da abertura entre os painéis amplia o impacto dos painéis de sombreamento vertical nos efeitos não visuais da luz do dia.	(Alkhatib et al., 2021; Parsaee et al., 2020a)
Móveis e Layout	Localização do móvel (distância p/ a janela)	Quanto mais perto das janelas, é melhor para a estimulação circadiana	(Bellia; Fragliasso, 2021a; Chen; Zhang; Du, 2020; Konis, 2017a, 2018a; Zeng et al., 2021a)
	Orientação do móvel (direção)	A melhor direção de visualização é voltada para a janela, seguida de paralela à janela	(Altenberg Vaz; Inanici, 2021c; Babilon et al., 2021; Bellazzi et al., 2022b; Ezpeleta et al., 2021a; Jung; Inanici, 2019b; Zeng et al., 2021a)
	Refletância	Maior refletância é melhor	(Acosta et al., 2019b)

Fonte: baseado na tabela apresentado por Alkhatib, et. al. (2021) adaptado pela autora.

O parâmetro “dimensão do ambiente”, apesar de ser uma variável passível de investigação (Hoang; Peters, 2022a), geralmente é considerado como dado fixo, utilizando-se a dimensão existente (Bellazzi et al., 2022b; Konis, 2018; Zeng et al., 2021a; Acosta; Leslie; Figueiro, 2017; Konis, 2017).

O principal propósito de análise da “dimensão do ambiente”, em relação aos efeitos não visuais da luz natural, está associado à profundidade do ambiente em relação à janela e/ou abertura. Apesar de os estudos geralmente não modificarem essa dimensão, a profundidade é considerada ao se investigar se os usuários posicionados mais distantes da janela e/ou abertura serão beneficiados ou não pelos efeitos não visuais da luz. (Altenberg Vaz; Inanici, 2021a).

Uma alternativa para intensificar o estímulo circadiano nas zonas mais afastadas das janelas é aproveitar a componente indireta da luz — ou seja, a luz refletida pelas superfícies internas. Modificar os materiais aplicados em paredes, teto e piso costuma ser uma estratégia mais viável do que ampliar vãos, além de reduzir o risco de ofuscamento. Pesquisas indicam que as propriedades reflexivas dos materiais têm impacto mais significativo no estímulo circadiano do que a simples variação no tamanho das janelas (Cai et al., 2018; Yao et al., 2020; Potočnik; Košir, 2020).

Normas e certificações geralmente especificam valores-padrão de refletância e cor neutra para o projeto de interiores (European Committee for Standardization, 2025), mas essa abordagem desconsidera o potencial de influência circadiana de diferentes materiais aplicados às superfícies, ou seja, a influência da componente refletida da luz. É importante destacar que superfícies com a mesma refletância visual (porcentagem de refletância), mas com cor e/ou tonalidades distintas, podem gerar estímulos melanópicos distintos (França, 2024; Potočnik; Košir; Dovjak, 2022a; Potočnik; Košir, 2020b).

Quanto ao tipo de vidro, o artigo que mais se destaca no estudo desse parâmetro arquitetônico é o dos autores Potočnik e Košir (2020), que realizaram testes específicos para avaliar diversos tipos de vidro, a fim de compreender como sua especificação interfere na distribuição da densidade espectral de potência (*spectral power density* –SPD) para o usuário do ambiente e, assim, avaliar o impacto nos efeitos não visuais com o uso da luz natural (Potočnik; Košir, 2020a). De modo geral, os artigos sobre os efeitos não visuais da luz apenas especificam um tipo de vidro utilizado no experimento (normalmente o existente no ambiente). O uso do vidro incolor (*clear*) de alta transmissão luminosa costuma ser adotado justamente para evitar interferências na SPD e, conseqüentemente, nos resultados (Kenny, 2021).

Quanto ao parâmetro arquitetônico dispositivos de sombreamento, observa-se uma situação semelhante à do vidro: os estudos que o utilizam como variável costumam se

concentrar exclusivamente nesse único parâmetro. Ou seja, os artigos tratam especificamente dos diferentes tipos de dispositivos de sombreamento, variando o posicionamento (horizontal e/ou vertical), ângulo entre as peças (brises), propriedades reflexivas dos materiais, entre outros aspectos. São estudos específicos focados na análise do impacto de um único parâmetro arquitetônico (Hosseini; Ansari, 2022a; Parsaee et al., 2020a; França, 2024).

Os parâmetros arquitetônicos mais utilizados nos estudos são: **propriedades reflexivas (piso, teto, parede); janela (PAF, orientação); layout (posição e orientação do usuário); tipo de vidros**. Os artigos não costumam abordar todos os parâmetros em um único estudo, porém estes citados são os mais recorrentes nas análises (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Bellia; Fragliasso, 2021; Bellia; Pedace; Barbato, 2013; Gentile et al., 2022b; Konis, 2017, 2018, 2019; Zeng et al., 2021a; Zeng; Sun; Lin, 2021b).

Nessa tese foram abordados os parâmetros: orientações das fachadas (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Bellia, et al. 2020), PAF (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Cai et al., 2018; Yao et al., 2020), propriedades reflexivas das paredes (Cai et al., 2018; Yao et al., 2020), tipos de vidro (Potočnik; Košir, 2020) e uso de dispositivo de sombreamento (Hosseini; Ansari, 2022a; Parsaee et al., 2020) (ver subcapítulo 3.2.2).

2.4 ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA DO ENSINO SUPERIOR

Este capítulo tem como objetivo apresentar inicialmente a relação da iluminação em salas de aula, por meio de um breve histórico que destaca sua aplicação e benefícios. Em seguida, traz um contexto sobre a origem das universidades e sua chegada ao Brasil, com foco especial no início da Universidade de Brasília. Por fim, conclui com a apresentação de diversos parâmetros essenciais para garantir boa qualidade em salas de aula.

2.4.1.1 Breve Histórico da Iluminação Natural em Salas de Aula

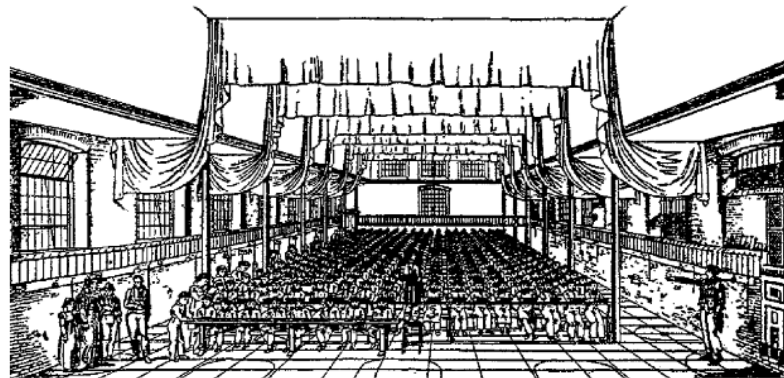
A boa iluminação de um espaço vai além da percepção subjetiva e deve atender às exigências funcionais do ambiente. Em locais como escritórios e escolas, é essencial garantir níveis adequados e constantes de luz natural, sem excessos que causem ofuscamento ou aumento da carga térmica. Como destacam Costanzo, Evola e Marletta (2017), a iluminação natural deve equilibrar quantidade e qualidade, evitando efeitos indesejáveis. Dentro da

história, a luz tem sido um crucial fator projetual de escolas. No artigo “*A review of the development of daylight in schools*” (título original), apresenta uma breve revisão sobre o desenvolvimento das escolas sob o ponto de vista da iluminação natural. A seguir foi apresentado parte deste estudo (Wu; Ng, 2003).

▪ Sala única: início do século XIX

Inicialmente, nas cidades ocidentais, a sala de aula era uma casa de um único cômodo. Com o tempo, passou a ocupar espaços como igrejas e asilos institucionais. Era uma sala única para alunos de todas as idades. O baixo padrão de saúde e segurança das crianças naquela época gerou grande preocupação para o aumento do bem-estar dos usuários (Wu; Ng, 2003) (Figura 23).

Figura 23 - Vista interna da sala do *Southwark Central School* no início do século XIX



Fonte: Wu e Ng (2003).

Desde o século XIX, acreditava-se que a iluminação natural era essencial para o conforto, a saúde e o aprendizado das crianças. Em 1874, Robson destacou sua importância nas salas de aula e sugeriu orientações solares para melhor aproveitamento. Suas recomendações, como a exigência de que a área das janelas fosse equivalente a 1/5 da área do piso, foram adotadas no Reino Unido e no mundo ocidental até a década de 1960 (Bertolotti, 2007; Wu; Ng, 2003).

▪ Movimento de escola ao ar livre: 1900 – 1960

Salas de aula ao ar livre foram uma tendência entre 1900 – 1930. A ideia era enfatizar a maior ventilação e o aumento do recebimento da luz natural. A escola ao ar livre possuía um jardim e salas de aula com um dos lados completamente abertos, sem parede. Para criar uma ventilação cruzada, também era usado corredores e varandas para separar as salas, desta forma,

a sala de aula iluminada bilateralmente se tornou uma forma padrão (Wu; Ng, 2003) (Figura 24).

Figura 24 - Uma escola ao ar livre dos anos 1930 com janelas dobráveis



Fonte: Wu e Ng (2003).

A preocupação em garantir uma contribuição mínima da luz natural para o brilho dos ambientes internos que levou o governo do Reino Unido a implementar a exigência de um **fator de luz natural** mínimo de 2%, mas, por outro, levou à construção de edifícios com **excesso de envidraçamento e pouca isolamento térmica**. Esta situação causou problemas no verão, como ofuscamento e superaquecimento. A partir de 1960, a iluminação elétrica passou a predominar nas escolas. A maior parte das salas de aula era **iluminada artificialmente por longos períodos** para reduzir a variação de brilho e aumentar a uniformidade da iluminação (Wu; Ng, 2003).

▪ Eficiência energética: 1960

No final do século XIX, Edison instalou a primeira central elétrica comercial nos EUA, marcando o início da iluminação elétrica, embora sua adoção tenha sido gradual. A invenção da lâmpada fluorescente, antes da Segunda Guerra Mundial, e sua popularização a partir de 1955, impulsionaram esse processo. Antes disso, escolas na Califórnia eram exemplos de bom uso da iluminação natural, com salas projetadas com janelas em ambos os lados (Butera, 2009; Bertolotti, 2007; Heschong, 1999).

A partir de 1960, a popularização da iluminação elétrica e do ar-condicionado levou à redução do tamanho das janelas nas salas de aula, visando controlar luz e calor, reduzir custos e permitir construções mais compactas (Wu & Ng, 2003; Heschong, 1999). Após 1970, muitas escolas, especialmente na Flórida, foram construídas sem janelas por determinação legal. Estudos revelaram que alunos preferiam ambientes com janelas e que a ausência delas podia gerar desconforto e até comportamentos psicopatológicos. A luz natural foi valorizada novamente após a crise do petróleo, embora com foco em eficiência térmica, mantendo janelas

pequenas. Na década de 1980, os benefícios da iluminação natural ganharam destaque devido à crescente preocupação com a economia de energia (Bertolotti, 2007).

▪ Hoje

Após a década de 1980, houve um avanço nos projetos escolares, com arquitetos e educadores incorporando a iluminação natural para atender às novas necessidades educacionais. Hathaway (1992), em uma pesquisa no Canadá, comparou os efeitos de diferentes tipos de iluminação elétrica com a natural e concluiu que a luz natural é crucial para o desenvolvimento e bem-estar dos alunos, alertando sobre os efeitos negativos da ausência dela nas salas de aula. A iluminação passou a ser reconhecida como um fator essencial no ambiente de aprendizagem, influenciando a percepção, emoções e o desempenho escolar (Licht.de, 2012). Nos Estados Unidos, houve um esforço significativo para implementar essas mudanças, com a colaboração de diversos órgãos e universidades (Bertolotti, 2007).

No Brasil, a realidade de parte das escolas públicas brasileiras, historicamente, prioriza o número de vagas por estudante em lugar da qualidade do edifício (Kowaltowski, 2011). O documento de referência em arquitetura escolar mais recente é o “Manual de Orientações Técnicas – Volume 3 – Elaboração de projetos de edificações escolares: ensino fundamental” fornecido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação - FNDE (Brasil, 2023), aborda aspectos de conforto visual, mas não contempla a respeito dos efeitos não visuais da luz.

2.4.2 Universidades

A universidade surgiu entre os séculos XI e XV, no final da Idade Média e durante a Reforma, refletindo a sociedade e cultura da época, tornando-se um centro do pensamento medieval. A Igreja Católica teve um papel fundamental na criação do sistema de ensino superior, com o objetivo de apoiar sua atuação política e religiosa e formar clérigos (Sucupira, 1972). No entanto, alguns historiadores consideram que as universidades têm suas raízes na Grécia Antiga, antes de sua estrutura institucional (Mahler, 2015).

O planejamento físico de um campus universitário abrange a infraestrutura, os edifícios, as vias, as áreas verdes e os espaços livres. Esses ambientes devem estar alinhados às políticas educacionais e sociais, visando à promoção da sustentabilidade (Dias, 2017), saúde e qualidade de vida dos usuários (Castro; Amorim, 2020).

Nessa tese, a escolha pelo recorte da investigação centrado nas universidades federais justifica-se pela relativa uniformidade de diretrizes e modelos de gestão adotados por essas instituições. Esses aspectos, ainda que de forma indireta, influenciam tanto as práticas pedagógicas quanto a configuração dos espaços físicos, como as salas de aula. Parte-se também do pressuposto de que esses ambientes refletem, em certa medida, características comuns a diversas salas de aula no Brasil.

Outro fator relevante é a expressiva representatividade das universidades federais nos principais rankings acadêmicos. No Ranking Universitário da Folha de São Paulo 2024 (Folha de São Paulo, 2024), no *Webometrics Ranking of World Universities* 2025 e no *Center for World University Rankings* (CWUR), sete das dez primeiras posições são ocupadas por instituições federais (Ministério da Educação, 2025). Logo, são instituições representativas no ensino superior. Portanto, investigar os ambientes de ensino nesse grupo permite considerar sua importância estratégica no ensino superior brasileiro, ao mesmo tempo em que oferece um recorte mais objetivo e consistente para a análise.

No Brasil, as universidades surgiram no século XX, de forma tardia em relação ao Ocidente, com o objetivo de reunir as escolas superiores da época. A primeira universidade foi a Universidade do Brasil, criada em 1920, que originou a UFRJ, a partir da fusão de várias instituições, como a Escola Politécnica, a Faculdade de Medicina e a Faculdade de Direito (Oliveira, 2023; UFRJ, 2025). As universidades brasileiras têm raízes no período colonial, com a criação de escolas profissionais, academias militares e outras instituições de ensino que em seguida se transformou em instituições de ensino técnico e superior, que a princípio não tinham criado um modelo arquitetônico próprio, pois apenas assumiam os repertórios americanos e dos países europeus no século XIX e XX. O Campus Universitário da Praia Vermelha, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, foi construído século XIX originalmente como hospício, é um prédio de estilo neoclássico (Figura 25) (Mahler, 2015).

Figura 25 - Campus Universitário da Praia Vermelha em 2013



Fonte: Mahler, 2015, p.116.

A Escola de Enfermagem Anna Nery da UFRJ, localizada em um edifício de 1927, atualmente tombado pelo Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), exemplifica uma arquitetura que se integra ao contexto vivido pelo Brasil, marcado, na época, pelo movimento sanitarista (Correia, 2023) (Figura 26). É possível observar salas de aula amplas e diversas janelas para a entrada de luz natural.

Figura 26 - Escola de enfermagem Anna Nery da UFRJ, Rio de Janeiro/RJ. 1 - Pavilhão de aulas, 2 e 3 – Sala de aula



Fonte: Correia, 2023, com adaptação da autora.

O campus ou cidade universitária, no quesito localização e espacialidade, desde seus modelos originais (europeus), a separação era vista como fundamental para a introspecção e segregação das *universitas*. Os territórios universitários passaram por diferentes configurações desde sua origem, a partir dos complexos religiosos e seus claustros. Os edifícios de planta proximamente quadrangular foram as primeiras manifestações de sua espacialidade. A presença física da universidade no ambiente urbano originou alguns modelos de organização espacial, como os bairros universitários, os *colleges*² (faculdades ou unidades acadêmicas como sua espacialidade) e os palácios urbanos. Com o tempo, as universidades foram se distanciando de seu caráter religioso. O avanço científico e tecnológico exigiu a criação de novos programas e a adaptação às demandas específicas, visando atender à complexidade das atividades emergentes (Mahler, 2015).

O estudo dos territórios universitários, em sua fase mais recente, deve considerar a influência do movimento moderno, que rompeu com as concepções arquitetônicas e urbanísticas anteriores. Durante a década de 1920, projetos de habitação e outros edifícios aplicaram conceitos voltados para aspectos sociais, como os cinco pontos da arquitetura moderna de Le Corbusier, que refletiam a sociedade pós-industrial e priorizavam a funcionalidade sobre a ornamentação. Novos programas, como aeroportos e indústrias, passaram a integrar as cidades com novas formas. Os projetos universitários, grandes e

² Segundo Will e Clark, em 1886, surgiram, sem uma forma definida, como internatos para estudantes pobres e seguiram, em sua organização, o modelo dos mosteiros. Não se pode esquecer que a palavra colégio (collegium) é um termo que designa propriamente um número de pessoas incorporadas como colegas para certos propósitos comuns (Mahler, 2015).

imponentes, também seguiram essas diretrizes, com edifícios distribuídos livremente na paisagem, sem a necessidade de seguir os limites dos bairros, criando espaços específicos e simbólicos, organizados de forma mais flexível (Mahler, 2015).

A ideia da criação de campus universitário no Brasil já estava sendo consolidada no meio acadêmico. Em 1945, Ernesto Souza Campos publica o livro “Universidades: Cidades Universitárias”, assim como Maurício da Silva, em 1950, o livro “Cidades Universitárias”. Durante o Estado Novo no Brasil, na gestão de Eurico Gaspar Dutra, entre 1946 e 1951, foram criadas instituições. Neste período foram criadas as seguintes universidades: UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais (1949), UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1950), UFBA – Universidade Federal da Bahia (1950) e UFPR – Universidade Federal do Paraná (1950) (Mahler, 2015).

Um grande salto para a criação de universidades ocorreu na gestão de Juscelino Kubitschek. Até então, o Brasil possuía sete universidades federais. Entre 1956 e 1961, foram criadas mais dez, sendo que cinco delas surgiram da federalização de instituições já existentes. Destacam-se, nesse contexto, as universidades de Goiás e do Pará, com o objetivo de promover a interiorização do país.

Segundo Alberto (2008), a criação da Universidade de Brasília (UnB) em 1961 foi a principal contribuição de Juscelino Kubitschek ao modelo de campus universitário no Brasil, consolidando-se como referência na década de 1960. Após a Universidade do Brasil (atual UFRJ), a UnB marcou o segundo grande momento na história das cidades universitárias brasileiras. No subcapítulo seguinte, foi abordada a implantação da UnB em mais detalhes. Destaca-se ainda a Universidade Federal de Roraima, criada em 1989, como a primeira universidade federal sem instituições preexistentes a serem incorporadas.

A UNIFESP | Universidade Federal de São Paulo foi criada oficialmente em 1994 no governo do presidente Itamar Franco. Porém, é uma das mais antigas do Brasil, visto que a instituição é originada da Escola Paulista de Medicina, criada em 1933. Atualmente, o Brasil tem 60 universidades federais, sendo que 20 delas foram fundadas nos últimos 25 anos. A região Sudeste concentra a maior parte das instituições de ensino superior (Brasil, 2025).

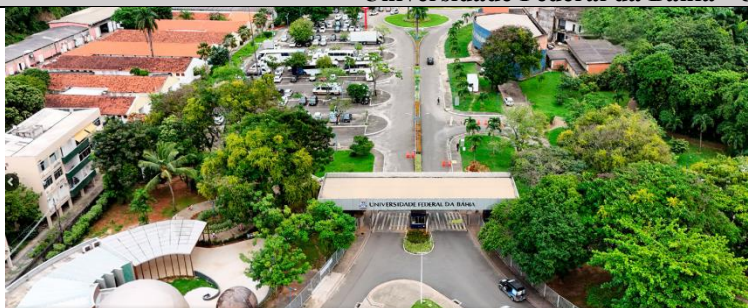
A expansão das universidades ocorre até os dias atuais, sejam elas públicas ou particulares. O crescimento dos campi no Brasil segue um padrão semelhante com relação ao resto do mundo, com algumas variações pontuais; o que se observa, na maioria dos casos, é um ambiente de ensino que inclui basicamente a administração, refeitórios, biblioteca e bancos (Dias, 2017).

"O Estado desapropria ou, às vezes, ganha uma determinada área, geralmente distante da cidade, por ser menos onerosa, solicita a contribuição de alguns profissionais para a elaboração de um plano e de um projeto arquitetônico [...]. As verbas terminam e a obra de construção do câmpus para. Nova administração, [...] novas verbas e uma nova equipe, dessa vez, geralmente composta de docentes altamente titulados: um novo plano é realizado, novas metas são definidas. Realiza-se o que a verba permite. Fim da verba, fim da equipe, fim do plano e, quase sempre, fim das obras" (Pinto; Buffa, 2009, p. 47)

Pinto e Buffa (2009) relatam o processo de escolha dos terrenos para a implantação dos campi e como muitos tiveram seus projetos interrompidos por diversos motivos, como mudanças nas administrações e/ou falta de verbas para a concretização das metas. A seguir, apresenta-se uma compilação de imagens extraídas de sites oficiais de universidades públicas federais, localizadas em diferentes regiões do Brasil, que evidenciam a diversidade de campi, edifícios e salas de aula — com características arquitetônicas variadas.

Tabela 4 - Campi e salas de aula - universidades federais

Universidade Federal da Bahia - UFBA



Fonte: <https://www.ufba.br/> (esq.) e <https://www.ims.ufba.br/sites/ims.ufba.br/> (dir.)



Fonte: <https://www.edgardigital.ufba.br/?p=26138> (esq.) e <https://ims.ufba.br/noticias> (dir.)



Fonte: https://www.ufba.edu.br/ufba_em_pauta/um-bom-clima-para-ufba (esq.) e https://www.ufba.br/ufba_em_pauta/retorno-%C3%A0s-aulas-na-ufba (dir.)

Universidade Federal de Uberlândia -UFU



Fonte: https://comunica.ufu.br/sites/comunica.ufu.br/files/conteudo/noticia/imagem_chamada_img_3386.jpg (esq.) e https://comunica.ufu.br/sites/comunica.ufu.br/files/conteudo/noticia/imagem_destaque_imagem_galeria_dsc_5710.jpg (dir.)

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG



1958



Fonte: <https://www.ufmg.br/90anos/historia-da-ufmg/> (esq.) e https://www.ufmg.br/boletim/bol1901/img/3_1_g.jpg (dir.)



1960



Fonte: <https://ufmg.br/comunicacao/eventos/inauguracao-de-novos-espacos-na-faculdade-de-medicina> (esq.) e <https://www.medicina.ufmg.br/ministerio-publico-alerta-para-medidas-contra-intimidacao-de-professores/> (dir.)



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/940256/centro-de-atividades-didaticas-cad-3-dpfp-ufmg> (esq.) e <https://www.archdaily.com.br/br/940256/centro-de-atividades-didaticas-cad-3-dpfp-ufmg> (dir.)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS



Fonte: <https://www.ufrgs.br/faced/faced-busca-recursos-para-adequacao-de-ppci-e-de-ampliacao-do-predio/> (esq.) e <https://www.ufrgs.br/eduportal/index.php?p=quadro&menu=10&pag=5> (dir.)

Universidade Federal do Paraná - UFPR



Fonte: <https://www.leme.pt/magazine/efemerides/1219/0300.jpg> (esq.) e <https://direito.ufpr.br/wp-content/uploads/2022/05/SetorJur-44-1000x800.jpg> (dir.)



Fonte: <https://ufpr.br/aulas-na-ufpr-recomecam-segunda-feira/> (esq.) e <https://ufpr.br/aulas-tem-inicio-nesta-segunda-feira-23/> (dir.)



Fonte: <https://direito.ufpr.br/wp-content/uploads/2022/05/SetorJur-44-1000x800.jpg> (esq.) e <https://ufpr.br/wp-content/uploads/2012/12/vestibular-2013-b.jpg> (dir.).



Fonte: <https://sociaisaplicadas.ufpr.br/decigi/departamento/institucional/infraestrutura/>
Universidade Federal do Pará - UFPA

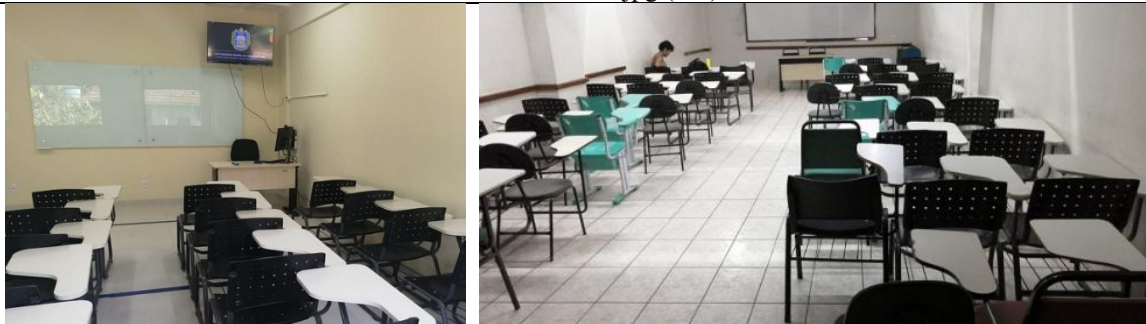


Fonte: <https://ufpa.br/ufpa-convoca-alunos-prestes-a-serem-desligados/> (esq.) e <https://ufpa.br/projeto-universidade-aberta-inicia-inscricoes-para-curso-pre-vestibular-gratuito/> (dir.)

Universidade Federal Oeste do Pará - UFOPA



Fonte: https://www.ufopa.edu.br/media/file/site/ufopa/imagens/2024/a4ea5c653ea2ba4b386fbff7ad3f4177_540x360.jpg (esq.) e <https://www.ufopa.edu.br/media/file/site/ufopa/imagens/2023/ff836e71dc04b5f06e59f62f42e6fcdd.jpg> (dir.)



Fonte:
<https://www.ufopa.edu.br/media/file/site/ufopa/imagens/2021/45f0666428a02f09fe299da2fb81a857.jpg> (esq.)
 e <https://www.ufopa.edu.br/media/file/site/ufopa/imagens/2021/06ffd0ce16ccf78489700256bd4ce643.jpg>

Universidade Federal de Roraima



Fonte: <https://antigo.ufrb.br/ultimas-noticias/8511-ufrr-concentrara-no-bloco-vii-atendimento-aos-academicos> (esq.) e Ayana Medeiros, acervo pessoal da autora (dir.).

Universidade de Brasília - UnB



Fonte: <http://arquivo.fe.unb.br/> (esq.) e arquivo pessoal autora (dir.).



Fonte: <http://unbimagens.unb.br/index.php/espacos-unb/campus-darcy-ribeiro/category/77-fd> (esq.) e arquivo pessoal autora (dir.).



Fonte: https://face.unb.br/images/Imagens/FACE_1.jpg (esq.) e arquivo pessoal autora (dir.).

Fonte: autora.

Segundo Mahler (2015), a universidade ocupa um lugar de destaque na história das instituições. No entanto, a utopia dos conjuntos universitários — campi ou cidades universitárias —, enquanto formas urbanas complexas, não se concretizou por completo. As universidades do século XXI apresentam fragmentação espacial na dimensão urbana (centro e periferia), e a composição de seus conjuntos universitários é afetada pela dinâmica descontínua dos processos construtivos. Observa-se, assim, a coexistência de diversos estilos arquitetônicos e, segundo o autor, “a ausência de um pensamento autoral na gestão agride e polui a identidade arquitetônica das universidades, já que um dos traços que agrega valor às mesmas é sua permanência temporal, histórica e cultural nas sociedades” (Mahler, 2015, p. 291).

No Brasil, os campi universitários reúnem edificações construídas em diferentes épocas, refletindo, nas salas de aula, estilos arquitetônicos e acabamentos característicos de cada período. Os prédios mais antigos, por exemplo, adotavam piso de madeira ou tonalidades beges, como o edifício da Universidade Federal do Paraná, construído em 1914 (UFPR, 2021), e o da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, datado da década de 1960 (Tonioli, 2014), ou ainda elementos de parede, como na sala de aula do prédio da Faculdade de Educação (FE5) da UnB, de 1962 (UnB, 2018). Atualmente, as salas de aula, de modo geral, utilizam tons neutros, com paredes e tetos predominantemente brancos.

Embora o formato retangular seja o mais comum, as salas de aula apresentam grande variedade de dimensões (largura e comprimento), assim como diferenças no posicionamento e nas dimensões das janelas. Em alguns casos, nota-se uma preocupação com a entrada de luz natural direcionada aos alunos; em outros, a configuração parece priorizar apenas a capacidade de acomodar um número adequado de estudantes para as aulas.

2.4.3 Universidade de Brasília

A criação da Universidade de Brasília - UnB, no contexto das reformas educacionais da década de 1960, refletiu a revisão do modelo educacional superior brasileiro, que incluiu a extinção das cátedras³ e a criação de departamentos, reorganizando a estrutura universitária (Mahler, 2015). A UnB se caracteriza como inovadora não apenas por ter sido concebida a partir de projetos originais, não de escolas que já existiam, mas também pelo programa idealizado por Darcy Ribeiro, Anísio Teixeira e sua equipe, que propôs a construção do campus em consonância com o projeto pedagógico da universidade.

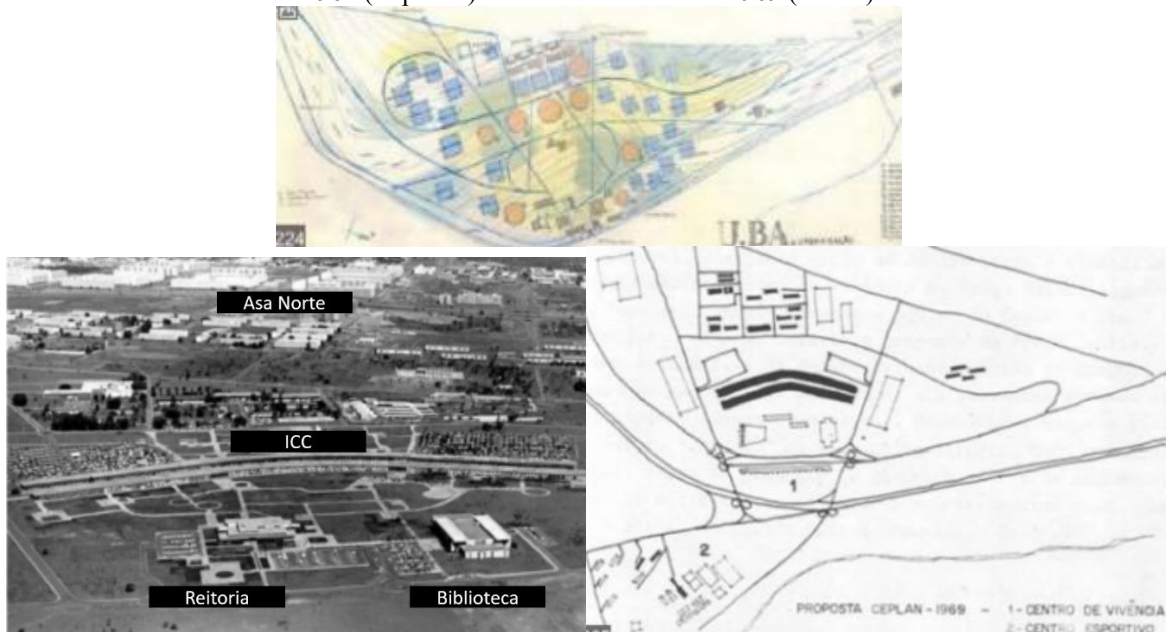
Sob a perspectiva física, foram adotados os conceitos urbanísticos e arquitetônicos do modernismo. Os planos diretores da época buscavam dar autonomia aos edifícios, uma característica do urbanismo modernista, o que acabou gerando problemas na gestão dos espaços dos campi, devido à independência das partes. Como consequência desse modelo, observam-se linguagens arquitetônicas distintas, representativas de diferentes períodos de construção e reformas individuais (Mahler, 2015).

O Plano Orientador de 1962 estabeleceu que a universidade seria organizada em torno de uma praça central, a qual integraria os principais edifícios (Reitoria, Biblioteca, Museu Universitário e Auditório), enquanto os "departamentos e faculdades seriam implantados gradualmente à medida que a instituição crescesse" (Pinto; Buffa, 2009, p. 121). No entanto, apenas parte desse projeto foi concretizada, com a construção da Biblioteca Central, projetada por José Galbinski e sua equipe, e da Reitoria, de Paulo Zimbres e sua equipe. Com essa modificação, a unidade estilística desejada para os edifícios foi abandonada, e os prédios mais representativos da universidade passaram a ter uma expressão individualizada, com variações do estilo brutalista e o uso do concreto aparente (Mahler, 2015) (Figura 27).

No que diz respeito ao plano arquitetônico, a fusão de quatro dos oito institutos centrais previstos em uma única edificação – o Instituto Central de Ciências (ICC), também conhecido como Minhocão – alterou a configuração original e passou a ser o elemento central do campus, conforme o projeto dos arquitetos Oscar Niemeyer e João Filgueiras (Dias, 2017) (Figura 27).

³ Sistema de cátedra: um professor vitalício era responsável por uma matéria ou área do conhecimento, decidia sobre os auxiliares e tinha controle total sobre contratações e demissões, era visto como um empecilho para a organização de uma carreira acadêmica (Sampaio, 2020).

Figura 27 - Plano de Urbanização da UnB por Lucio Costa em 1962 (acima). Foto aérea campus Darcy Ribeiro, 1961 (esquerda) Estudo urbanístico em 1969 (direita)



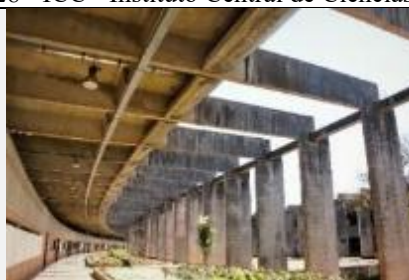
Fonte: Mahler (2015), p.256, com adaptação da autora.

O impacto das novas construções transformou e adensou algumas áreas do campus. Atualmente, é possível perceber os efeitos desse processo, com as edificações buscando uma articulação setorial entre os edifícios vizinhos, o que contribuiu para a eliminação de grandes áreas ociosas e vazias, além de evitar o adensamento excessivo. Contudo, os projetos adotados, embora coerentes esteticamente com o conjunto, mantêm o modelo de edifícios isolados (Mahler, 2015).

Segundo pesquisa de Mahler (2015), a arquitetura da UnB pode ser dividida em quatro fases:

- 1) Construção dos primeiros edifícios, em meados de 1960 (Figura 28);

Figura 28 - ICC - Instituto Central de Ciências / 1963



Fonte:
http://www.unbimagens.unb.br/images/phocagallery/thumbs/phoca_thumb_1_20220429_icc-corredor_betomonteiro_.jpg

Fonte: http://www.unbimagens.unb.br/images/phocagallery/espacos-icc/thumbs/phoca_thumb_1_20230629_ipe-icc_betomonteiro%206.jpg



Fonte:
<https://www.researchgate.net/publication/365741186/figure/fig1/AS:11431281136375574@1680526896668/FIGURA-1-Vista-aerea-do-Instituto-Central-de-Ciencias-ICC-UnB-em-foto-de-1972.jpg>

Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/c3/4a/1c/c34a1ce4317adb68382ccfa2b8bedc7a.jpg>

- 2) Desenvolve-se nos anos 1970, com projetos dos professores que chegaram à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo a partir de 1968 (Figura 29);

Figura 29 - FT - Faculdade de Tecnologia / 1977



Fonte: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRBvIVYsuAxEfqg5z95sdNzHTblJYcCB5sVpA&s>

Fonte: http://medicinatropical.unb.br/images/phocagallery/thumbs/phoca_thumb_1_20190503_145042.jpg

Fonte: Acervo pessoal, 2023

3) Entre 1980 e o ano 2000, compreende o período de abertura política da Universidade (Figura 30);

Figura 30 - FACE - Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia / 1994



4) A fase atual é caracterizada pela expansão da UnB no Distrito Federal. Na UnB, após os anos 2000, surgiu uma categoria específica de uso de edificação: o prédio especializado em salas de aula, conhecido como Bloco de Salas de Aula (Figura 31).

Figura 31 - Blocos de salas de aula da UnB



Fonte: autora.

As primeiras edificações nessa categoria foram os blocos de sala de aula PAT - Pavilhão Anísio Teixeira e PJC - Pavilhão João Calmon, ambos edifícios idênticos e com um único pavimento térreo, inaugurados no ano de 2000. Posteriormente, foram construídos o Bloco de Sala de Aula Sul, em 2012, e o Bloco de Sala de Aula Norte, em 2015, que possuem, respectivamente, 3 e 2 pavimentos superiores.

Essas diferenças de épocas e estilos arquitetônicos entre as edificações refletem a visão de Ficher et al. (2001) e Mahler (2015) sobre o campus Darcy Ribeiro da UnB, que, apesar de contar com numerosos estudos, nunca seguiu integralmente nenhum deles. A Figura 32 exemplifica construções recentes do campus Darcy Ribeiro, evidenciando distintas adoções projetuais.



Mahler (2015) entende que suas instalações foram construídas de acordo com as necessidades de cada momento e em função de circunstâncias políticas.

2.4.4 Parâmetros para Qualidade do Ambiente Construído em Salas de Aula

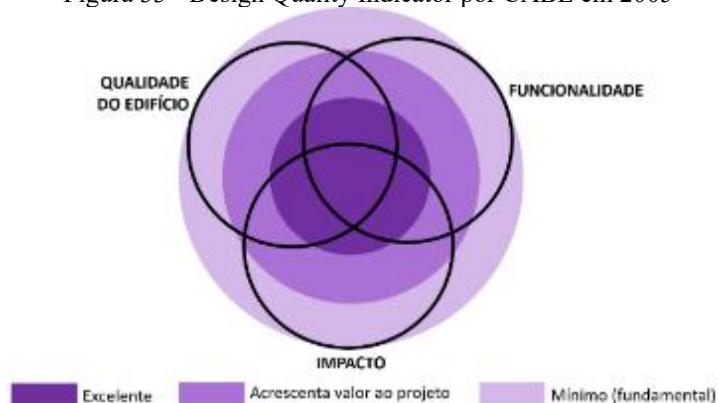
No livro *Arquitetura Escolar*, Kowaltowski (2011) menciona o *Design Quality Indicator* - *DQI*, desenvolvido pela *Commission for Architecture and the Built Environment* – CABE (Comissão de Arquitetura e Ambiente Construído, tradução nossa) em 2005 (OECD, 2006), no Reino Unido, como exemplo de ferramenta que permite avaliar a qualidade do projeto de edifícios escolares a alcançar a excelência no projeto de novos edifícios escolares ou de escolas reformadas, incluindo seus espaços externos. A estrutura do DQI foi desenvolvida pelo *Department for Education and Skills* (Departamento de Educação e Habilidades - tradução nossa) e pelo *Construction Industry Council* (Conselho da Indústria da Construção – tradução nossa), que propõe três indicadores de qualidade: edifício, funcionalidade e impacto.

A qualidade ambiental é vista por alguns autores como um investimento, por contribuir com a produtividade, saúde dos usuários (Xie; Clements-Croome; Wang, 2017), sustentabilidade e outros princípios desejáveis em instituições de ensino, como universidades.

A “qualidade do edifício” refere-se aos aspectos construtivos e sistemas que asseguram seu bom funcionamento. A “funcionalidade” diz respeito à adequação espacial ao uso

pretendido. Já o “impacto” está relacionado à capacidade do edifício de inspirar, agradar e gerar pertencimento, além de sua contribuição arquitetônica e artística (Figura 33).

Figura 33 - Design Quality Indicator por CABE em 2005



Fonte: Kowaltowski (2011), adaptada pela autora.

A arquitetura de ambientes de aprendizagem deve ser projetada conforme o uso específico e as necessidades dos usuários. No caso das salas de aula, o projeto deve contemplar princípios de qualidade da iluminação, atendendo tanto às tarefas visuais quanto aos efeitos não visuais da luz. Segundo Bian et al. (2022), quatro fatores de desempenho são essenciais: nível adequado de iluminação no plano de trabalho, ausência de ofuscamento, boa legibilidade de elementos visuais (como quadro ou projeções) e atenção aos efeitos não visuais. De acordo com Bertolotti (2007), os três primeiros estão ligados ao conforto visual, enquanto o quarto se refere à influência da luz sobre o bem-estar e o ritmo biológico dos usuários.

- **Níveis mínimos de iluminância:** quantidade mínima de luz no plano de trabalho. A NBR ISO/CIE 8995-1 (iluminação natural e/ou elétrica) (ABNT, 2013) estabelece que as salas de aula devem ter uma iluminância mínima (E_m) de 300 lx. Já a ABNT NBR 15215-3:2024, voltada à iluminação natural, define uma iluminância-alvo (E_A) de 250 lux (edificações não residenciais), com cobertura mínima de 40% do espaço (F_{plano}) e 50% do tempo de uso (F_{tempo}) no nível I, o mais básico da norma.
- **Ausência de ofuscamento:** o ofuscamento pode ser minimizado com ajustes na orientação das janelas durante o projeto, assim como com o uso de elementos de sombreamento (Costanzo; Evola; Marletta, 2017). A recomendação mínima para a ABNT 15215-3:2024 é que a probabilidade de ofuscamento pela luz natural - DGP para o espaço ocupado não exceda um valor de 0,45 em mais de 5% do tempo de ocupação dos ambientes pertinentes.

- **Boa qualidade e distribuição espectral da luz:** a luz tem impacto no ritmo circadiano. É necessária uma distribuição espectral da luz, capaz de alcançar os olhos do aluno (Costanzo; Evola; Marletta, 2017).

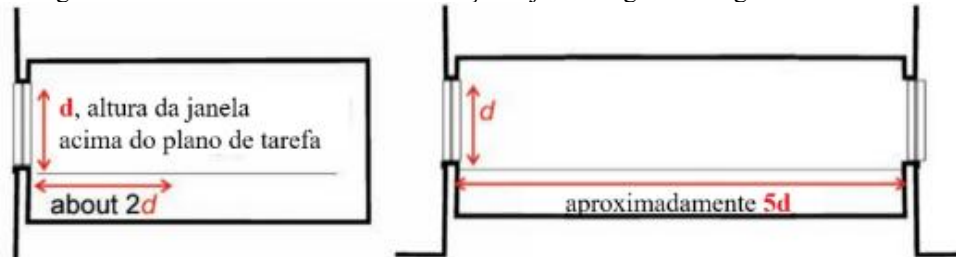
Todas as indicações acima facilitam o processo de aprendizagem do aluno (Bertolotti, 2007; Kowaltowski, 2011; Costanzo; Evola; Marletta, 2017). No entanto, outras medidas podem potencializar os resultados mencionados, como, por exemplo, atender à ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 no que diz respeito à refletância das superfícies internas do ambiente (porcentagem de refletância). Embora não seja uma exigência específica para salas de aula, é importante que todos os ambientes internos que demandam qualidade ambiental atendam a essas orientações (ABNT, 2013):

- Teto: 0,6 – 0,9
- Paredes: 0,3 – 0,8
- Piso: 0,1 – 0,5

Apresentam-se, conforme Tregenza e Wilson (2011), indicações para uma boa iluminação em salas de aula (Tregenza; Wilson, 2011a). Dentre as orientações, destacam-se:

- A razão entre a área da janela e a área do piso deve variar entre 17% e 25%.
- Quando a sala de aula depender exclusivamente de luz natural, é essencial que tenham uma visão clara do céu. Além disso, a área total das janelas deve ser suficientemente grande, e a refletância das superfícies internas deve ser de alta porcentagem, o suficiente para garantir uma quantidade significativa de luz refletida no ambiente.
- Em salas de aula retangulares padrão, as janelas devem ser localizadas em uma ou duas paredes adjacentes. Para espaços maiores, as janelas devem ser distribuídas também em paredes opostas.
- Evitar o ofuscamento direto e refletido;
- Evitar grandes contrastes de iluminação;
- Manter a profundidade da sala em aproximadamente cinco vezes a altura da abertura da janela (localizada acima do plano de tarefas – mesa de trabalho) (Figura 34);

Figura 34 - Profundidade da sala em relação a janela segundo Treguenza e Wilson



Fonte: Treguenza e Wilson (2011), adaptado pela autora.

- Proporcionar vista para o ambiente exterior.

A valorização das vistas externas reflete uma tendência atual de melhorar a qualidade do ambiente interno, destacada pela inclusão do critério “Vistas Externas” na norma europeia (CEN, 2018) e na norma brasileira ABNT NBR 15.215-3:2024. Ambas as normas estabelecem recomendações sobre a qualidade da visão para o exterior. A norma europeia exige que ao menos 75% da área ocupada tenha visibilidade de elementos externos. Já a norma brasileira varia os níveis de visibilidade conforme o ângulo de visão horizontal, a distância até a paisagem externa e a complexidade visual da área externa (ABNT, 2024).

No Brasil, não existe um padrão único para salas de aula em universidades. No entanto, no ensino fundamental, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), responsável pela elaboração de projetos para escolas públicas, recomenda uma relação entre as áreas das janelas e áreas de piso de 1/5 (20%) para salas de aula (FNDE, 2023). Em um projeto mais recente, voltado ao ensino médio, foi adotada uma razão de 1/10 (10%) (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2025). Isso evidencia a ausência de um padrão consolidado.

2.5 DISCUSSÃO METODOLÓGICA

Este subcapítulo tem como objetivo apresentar diferentes métodos utilizados nos artigos analisados na revisão teórica, os quais serviram de base científica para a definição do método de pesquisa adotado nessa tese.

O processo de ensino nas universidades tem passado por transformações, impulsionado pela incorporação de novas abordagens pedagógicas e pelo uso crescente de tecnologias. Essas transformações resultam em demandas mais complexas para os ambientes de aprendizagem, exigindo adaptações nos espaços físicos. As salas de aula, ao abrigarem uma variedade de

atividades e tarefas visuais, necessitam de diretrizes de iluminação adequadas às novas exigências funcionais (Castilla et al., 2018).

Segundo Castilla et al. (2018), é fundamental que os estudos sejam conduzidos em salas de aula reais, uma vez que esses ambientes são utilizados por longos períodos ao longo do dia, sob condições variáveis de iluminação. Destaca ainda a relevância de considerar a multiplicidade de fatores que caracterizam esses espaços, entre eles, a incidência e a variabilidade da luz natural.

Na literatura, as simulações computacionais são amplamente utilizadas em estudos de iluminação natural. Servem para validar fórmulas matemáticas e testar aplicativos (Cai et al., 2018b; Zeng et al., 2021a; Aguilar-Carrasco; Acosta; Domínguez-Amarillo, 2023). E úteis quando a medição *in loco* não é viável, sendo aplicadas na análise de intervenções projetuais (Hosseini; Ansari, 2022a; Zeng et al., 2021d).

Entre os ambientes analisados, os escritórios foram os mais estudados, provavelmente por permitirem o monitoramento de múltiplos usuários em uma rotina mais padronizada. Já os estudos em ambientes educacionais voltados para o tema dos efeitos não visuais foram limitados — apenas seis —, indicando que, embora haja ampla pesquisa sobre eficiência energética e efeitos visuais da luz, os efeitos não visuais da luz natural nesses espaços ainda são pouco explorados, considerando pesquisas até 2023, período da revisão de literatura desta tese.

No estudo de Hoang e Peters (2022), foram analisados os impactos de parâmetros arquitetônicos na iluminação, considerando efeitos visuais e não visuais, em um edifício residencial típico do Canadá. Utilizando premissas e modelos predefinidos, os autores realizaram simulações combinando diferentes variáveis: oito orientações cardeais, porcentagens de PAF (40%, 60%, 80% e 100%), distintos tipos de layout e variações nos acabamentos internos (cores claras e escuras). Os resultados mostraram que, mesmo em unidades habitacionais compactas, melhorias eram viáveis. Os fatores mais influentes para a otimização da luz natural e do bem-estar dos usuários foram a proporção da planta (largura x comprimento) e a porcentagem de área de abertura da fachada (PAF).

Algumas limitações deste artigo (Hoang; Peters, 2022), que também se aplicam a esta tese, incluem a ausência de levantamento *in loco* e a falta de questionários. Além disso, o foco em uma arquitetura voltada para a realidade canadense e a não consideração de uma rotina específica dos ambientes limitam a compreensão dos resultados. Isso evidencia a necessidade de adaptar os achados para a realidade brasileira, utilizando uma tipologia de sala de aula do ensino superior, e de entender a rotina de uso da sala a ser estudada. Esses são pontos relevantes a serem definidos no método desta tese.

O artigo de Zeng, Sun e Lin (2021a) tem como foco principal o consumo energético, mas apresenta conclusões relevantes sobre a relação entre parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais da luz, ao incluir, em seus cálculos, a necessidade de atendimento a esses efeitos. Em escritórios reais estudados em Pequim (39°55'N, 116°23'E) e em outra cidade chinesa (29°33'46"N, 106°33'10"E), os melhores resultados foram associados à maior disponibilidade de luz natural. Especificamente, fachadas com 56% de PAF apresentaram melhor desempenho em comparação com aquelas com 38% de PAF (Zeng; Sun; Lin, 2021b).

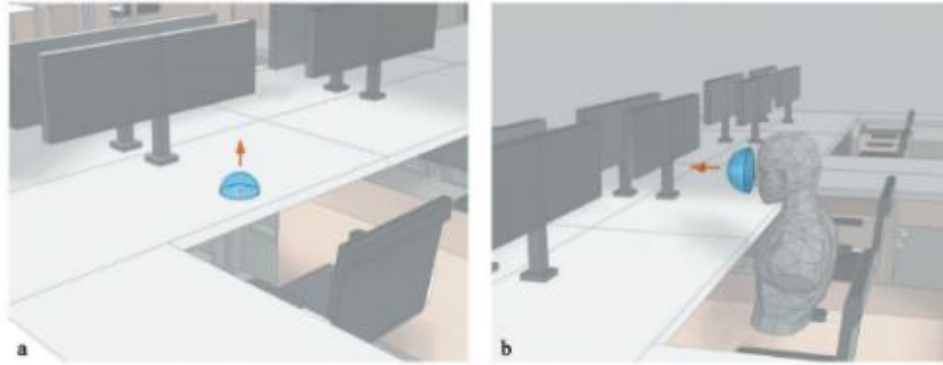
Em outro estudo, os mesmos autores analisaram condições de iluminação integrativa e observaram que os melhores resultados ocorreram quando os usuários estavam com a linha de visão paralela às janelas ou posicionados próximos a elas. Por outro lado, em estações de trabalho localizadas a 4,5 metros de distância das janelas, sob céu nublado, os efeitos não visuais da luz não foram satisfatórios. Os autores destacam que ainda é prematuro recomendar um método amplamente aceito para avaliar os efeitos não visuais da luz em larga escala em ambientes de escritório, especialmente devido às limitações dos modelos atuais de cálculo e à necessidade de mais estudos para aprofundar a compreensão desses efeitos em espaços internos (Zeng et al., 2021b).

Mathew et al. (2022) destacam que a iluminação natural, por si só, nem sempre é suficiente para atender às exigências de qualidade lumínica nos aspectos visuais e não visuais. Em estudo realizado em um escritório de planta aberta (*living lab*) no Manipal *Institute of Technology*, na Índia, os autores utilizaram um sistema integrado de controle de iluminação natural e elétrica, aliado a persianas automatizadas. O estudo demonstrou que a ausência de controle da luz natural pode provocar ofuscamento e falta de uniformidade, comprometendo o conforto visual e os estímulos não visuais. Nesses casos, os autores recomendam o uso combinado de iluminação elétrica como complemento. Além disso, o artigo enfatiza a importância da simulação computacional nos projetos arquitetônicos, como ferramenta para otimizar a performance luminosa por meio da definição de elementos de sombreamento, ajustes às condições climáticas locais, organização dos assentos e direções de visualização.

Tanto Konis (2018) quanto Mathew et al. (2022) ressaltam que o ofuscamento, além de comprometer o conforto visual, também afeta negativamente os efeitos não visuais, pois leva frequentemente à obstrução das janelas para evitar o brilho, reduzindo, assim, o potencial de estimulação circadiana que o ambiente poderia proporcionar. Reconhece a necessidade de um dispositivo de sombreamento que permita a entrada de luz natural, buscando um equilíbrio que maximize seu aproveitamento sem gerar desconforto visual ou demandar antecipadamente o uso de iluminação elétrica (Altenberg Vaz; Inanici, 2021).

Altenberg Vaz e Inanici (2021) realizaram simulações computacionais para analisar o comportamento da luz natural em ambientes internos, produzindo dados de iluminância fotópica e melanópica (Figura 35).

Figura 35 - Sensor de captação da iluminação na simulação: a) plano horizontal – efeito visual; b) plano vertical – efeito não visual.

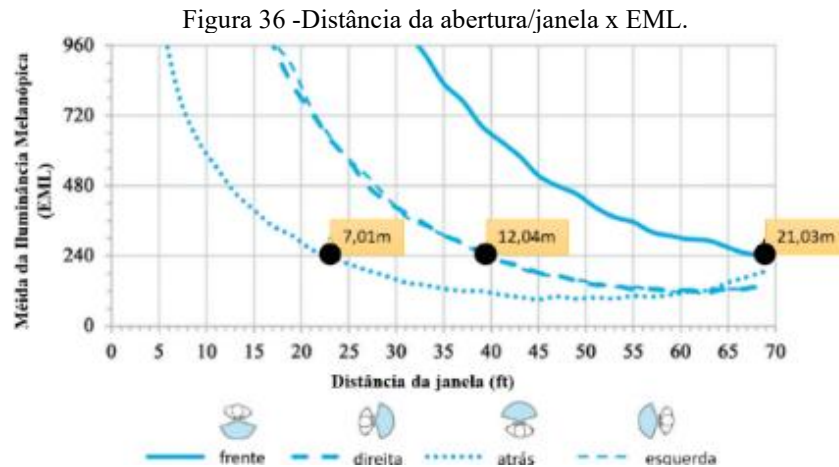


Fonte: Altenberg Vaz e Inanici (2021).

- A aferição para efeitos visuais deve ocorrer no plano horizontal. Exceção: análise de ofuscamento;
- A aferição para efeitos não visuais deve ocorrer no plano vertical.

A medição no plano vertical adotada nessa tese foi na altura de 1,20m (nível a ser considerado a altura dos olhos), conforme adotada por Brown (2020), um importante pesquisador quanto à mediação dos efeitos não visuais da luz. Quanto ao plano horizontal, foi usada a altura padrão das mesas, 75cm acima do piso.

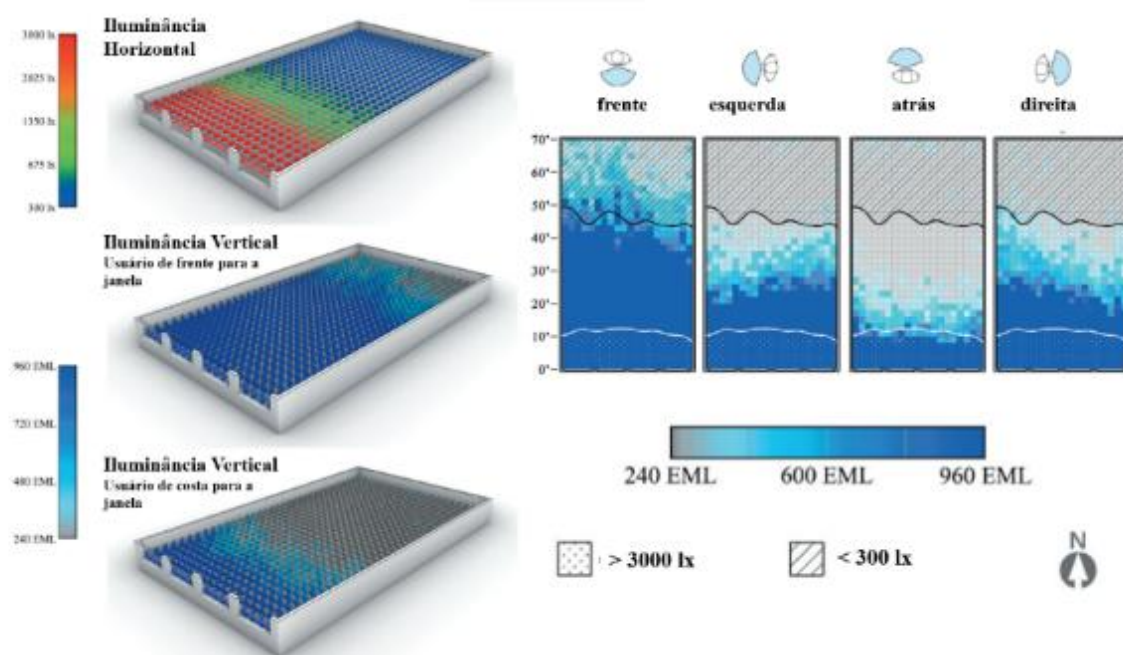
A Figura 36 apresenta os resultados da simulação em quatro diferentes distâncias entre o usuário e a janela, evidenciando, por meio do gráfico, o declínio do estímulo circadiano (medido em EML) à medida que o afastamento aumenta. Os pontos indicados mostram a distância máxima da janela em que ainda se atinge a dose mínima recomendada de 240 EML durante quatro horas, conforme critérios da versão anterior da certificação WELL (2019).



A posição do usuário em relação à janela (frontal, posterior ou paralela — à direita ou à esquerda) e sua distância em relação a ela resultam em diferentes níveis de estímulo circadiano. Assim, o layout da sala torna-se um fator determinante na qualidade do ambiente, especialmente em salas de aula. No mesmo estudo, Altenberg Vaz e Inanici (2021a) simularam o comportamento da luz em planta, sobrepondo métricas visuais (UDI — Useful Daylight Illuminance) (Nabil; Mardaljevic, 2006) e métricas não visuais - EML (Al Enezi et al., 2011b), conforme apresentado na Figura 37.

As variações de desempenho estão diretamente relacionadas à orientação da fachada em que a janela está localizada e à posição do usuário em relação a ela, devido às diferentes formas de incidência da luz (como espectro e intensidade) e à maior ou menor facilidade com que essa luz alcança a retina. Quanto mais facilmente a luz atinge a retina, facilita o estímulo circadiano. A dose mínima adotada foi de 240 EML, conforme a certificação WELL (2019), e a dose máxima considerada foi de 960 EML — quatro vezes maior — com base na justificativa de que níveis elevados de estímulo melanópico não apresentaram efeitos adversos nos estudos analisados. Essa escolha é também respaldada por Cajochen et al. (2000), que identificaram uma correlação entre o aumento da intensidade e o fortalecimento do arrastamento circadiano (Figura 37).

Figura 37 -Planta com superposição do comportamento visual (UDI) e não visual (EML) em relação ao usuário.

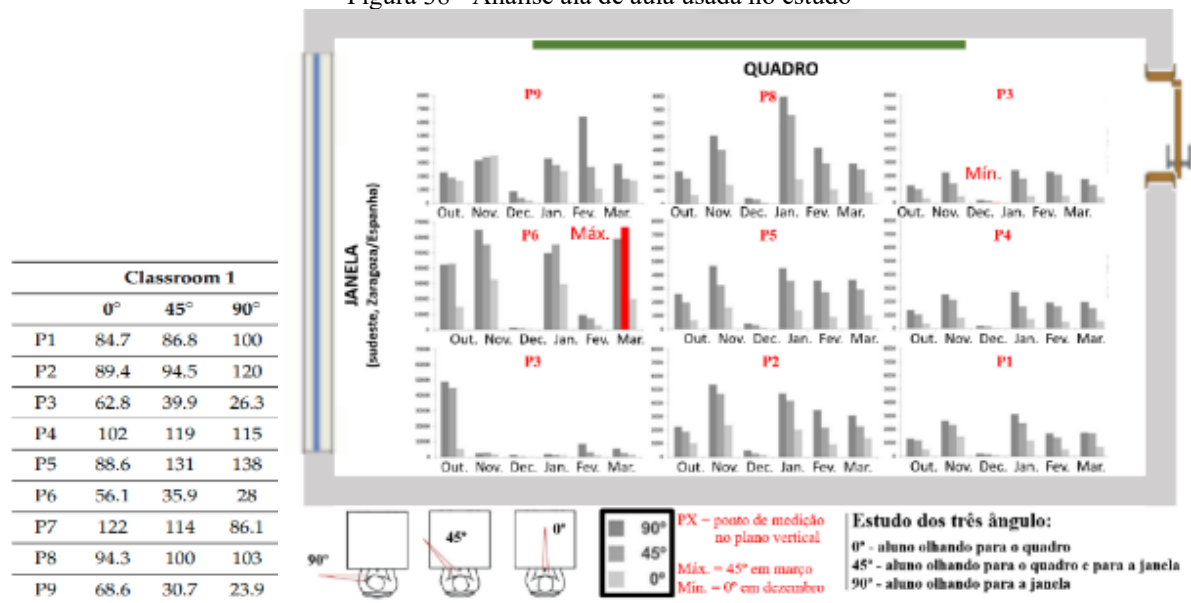


Fonte: Altenberg Vaz e Inanici (2021), adaptado pela autora.

Tanto a Figura 36 quanto a 37 ilustram como a orientação e a distância em relação à janela influenciam diretamente o estímulo circadiano do usuário. As simulações demonstram que a maior profundidade com desempenho satisfatório segundo a métrica UDI (iluminância útil entre 300 e 3000 lux) (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a; Nabil; Mardaljevic, 2006) ocorre até cerca de 15 metros. No entanto, para o estímulo circadiano, os resultados são mais heterogêneos e variam ao longo do espaço. O estudo contribui para uma análise integrada, evidenciando em quais áreas da sala é possível atender simultaneamente aos requisitos visuais e não visuais da iluminação.

Ezpeleta et al. (2021), por sua vez, investigaram os efeitos não visuais em salas de aula com iluminação natural e com sistemas integrados de luz natural e elétrica. Diferentemente do modelo com múltiplos sensores adotado por Altenberg Vaz e Inanici (2021), este estudo utilizou pontos fixos representando a posição dos alunos em sala (Figura 38), possibilitando uma avaliação mais direta do impacto da iluminação conforme a ocupação real do ambiente.

Figura 38 - Análise ala de aula usada no estudo



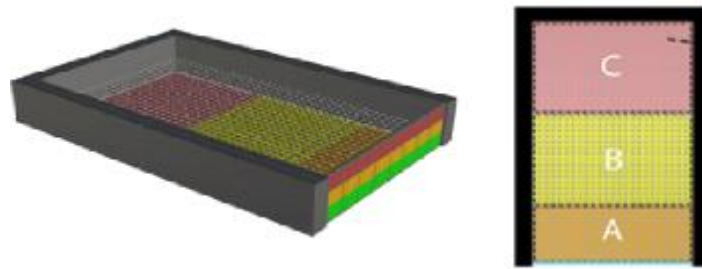
Fonte: Ezpeleta et al. (2021).

A metodologia adotada por Ezpeleta et al. (2021) consistiu na análise pontual de sensores, simulando a posição de alunos em uma sala de aula existente. A avaliação considerou três direções de visão: 90° em relação ao quadro (olhando diretamente para a janela), 45° (visão diagonal entre quadro e janela) e 0° (olhando diretamente para o quadro, com a janela lateral). Os resultados, apresentados na Figura 38, indicam que a posição P6 obteve o melhor desempenho no mês de março, com o olhar direcionado a 45°. Por outro lado, o pior desempenho foi observado na posição P3, no mês de dezembro, quando o aluno estava voltado exclusivamente para o quadro (0°), com menor exposição à luz natural (Ezpeleta et al., 2021). Neste tipo de análise, é interessante observar detalhadamente a situação de cada aluno, porém, para esta tese, tantos pontos como estes não seriam possíveis pela quantidade de variáveis a serem utilizadas para a avaliação dos parâmetros arquitetônicos para três cidades distintas.

Embora esse tipo de abordagem proporcione uma análise detalhada por ocupante, sua replicação nessa tese seria inviável devido à quantidade de variáveis arquitetônicas consideradas, além da aplicação em três cidades distintas.

Como alternativa metodológica, destaca-se o estudo de Saiedlue et al. (2019), que propõe a divisão do ambiente em zonas de análise para avaliar o potencial de estímulo circadiano, o conforto visual e o desempenho em tarefas. Essa abordagem, mais viável para o escopo da presente tese, avalia o efeito da luz natural de forma setorizada (Figura 39), facilitando a comparação entre diferentes configurações de envidraçamento e condições arquitetônicas (Saiedlue et al., 2019a).

Figura 39 - Esquema de Análise do Espaço Estudado.

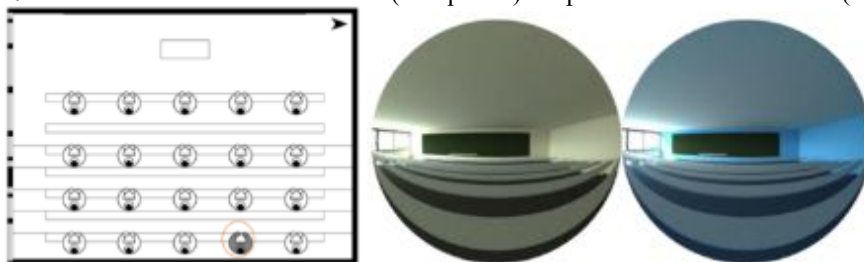


Fonte: Saiedlue et al. (2019).

No estudo de Saiedlue et al. (2021), o ambiente foi dividido em três grandes áreas para avaliar o desempenho da luz natural em termos de estímulo circadiano, conforto visual e desempenho em tarefas. Apesar de o foco dos autores estar em vidros eletrocromáticos — fora do escopo desta tese —, a metodologia de setorização do ambiente mostra-se pertinente. A abordagem de Saiedlue et al. representa uma alternativa metodológica viável, considerando que o método de Ezpeleta et al. (2021) é, desta forma, adequado ao escopo desta tese.

Pierson et al. (2021) analisaram os efeitos da luz em uma sala de aula real (46°N) ($2,8 \times 10 \times 14\text{m}$), buscando subsidiar decisões de projeto voltadas ao bem-estar dos ocupantes. As simulações foram realizadas no software Lark para dois equinócios, considerando condições de céu claro (24 de setembro) e céu nublado (22 de março), com intervalos de 6 minutos entre 9h e 17h. O ambiente externo foi modelado sem edificações ou vegetação no entorno. Internamente, foram avaliados dois cenários: um com superfícies originais e outro com piso e paredes em tons azulados, visando aferir impactos no nível de alerta dos usuários (Figura 40).

Figura 40 - Ponto de análise da sala de aula (à esquerda) e o ponto de vista do usuário (à direita).



Fonte: Pierson et al. (2021), com adaptação da autora.

Os resultados indicaram que o cenário com materiais de superfície na cor azul proporcionou maior resposta de alerta, considerando a posição da mesa estudada, sob ambas as condições de céu. Isso demonstra o potencial de realizar variações no ambiente, por meio de estratégias de iluminação natural, para a regulação psicofisiológica. Os autores planejam, no futuro, comparar múltiplas variantes de um projeto de design para identificar qual variante tem o impacto mais positivo no nível de alerta dos ocupantes (Pierson et al., 2021).

No campo teórico, a tese de Kenny (2021), orientada por Mardaljevic, apresenta uma análise detalhada dos efeitos não visuais da luz, incluindo métricas e discussões sobre os principais produtores de conhecimento sobre o assunto. Seu material contribui com a sua revisão e histórico das métricas dos efeitos não visuais até a atualidade.

Artigos como os de Inanici, Abboushi e Safranek (2023) e Bellia et al. (2020) discutem aspectos da composição do tipo de céu e como mapeá-lo. Esses estudos mostraram que ao analisar cidades em diferentes latitudes na Europa, cada localidade — urbana ou rural —, apresentam particularidades climáticas e níveis próprios de poluição que podem impactar a disponibilidade de luz natural, desta forma, afetando o estímulo circadiano de forma mais expressiva do que a latitude da cidade (mais distante ou mais próximo da linha do Equador). Porém, estes estudos ainda são iniciais, além de as cidades estudadas se encontrarem no hemisfério norte, e foram realizados estudos com altas latitudes não presentes no Brasil. Pacotes de dados como o SKYSPECTRA vêm sendo propostos para abranger medições tanto de locais com monitoramento de longo prazo quanto de períodos ou experimentos específicos com dados espectrais do céu, incluindo a cidade de São Paulo – 23° sul (Balakrishnan et al., 2023). No entanto, essas ferramentas ainda não foram disponibilizadas. A presente tese investigou e avaliou o impacto da latitude nos efeitos não visuais; seu resultado se encontra no Capítulo 4 (subcapítulo 4.2).

No contexto brasileiro, a revisão sistemática de literatura (em 2023) identificou apenas um estudo de caso: Gentile et al. (2022a), realizado no âmbito da International Energy Agency (IEA). Este estudo aplica o protocolo da IEA com o objetivo de equilibrar o uso de energia de iluminação com os requisitos visuais e não visuais dos ocupantes (Gentile et al., 2022b).

Além disso, dois trabalhos de dissertação no Brasil contribuíram com informações relevantes para esta tese. Chaves (2020) estuda iluminação integrativa, considerando as necessidades do usuário em relação aos efeitos visuais e não visuais da luz, integrando a iluminação natural e elétrica. Monteiro (2023) foca na iluminação natural e discute a incorporação da luz natural em salas de aula de ensino superior, sob a perspectiva das normas existentes.

Chaves (2020) utiliza simuladores para as métricas EML e CS, considerando diferentes orientações e horários. Seus resultados demonstram que fatores como orientação e horário geram impactos nos resultados. Em um estudo de caso em um escritório no Rio Grande do Sul, observou-se que nem todos os cenários atenderam simultaneamente aos efeitos visuais e não visuais da luz. Além disso, apesar de utilizar as mesmas métricas, os resultados não foram iguais, indicando a necessidade de padronização para quantificar os efeitos não visuais da luz.

Monteiro (2023) explora o estudo de salas de aula no ensino superior, focando na adequação às normas vigentes em relação à iluminação natural. Utilizando o software ClimateStudio, constatou que a autonomia da luz natural e a vista são prejudicadas sempre que o usuário se sente desconfortável no espaço, levando ao uso inadequado de soluções, como bloqueios nas janelas, reduzindo a disponibilidade de luz natural e limitando a vista exterior, o que resulta no uso excessivo da iluminação elétrica como única opção.

Outro estudo relevante é a tese de Fernandes (2016), que utiliza a estatística como metodologia para a extração de resultados obtidos em simulações computacionais, parâmetros arquitetônicos aplicados à qualidade de vista externa de edificações. Foi uma forma interessante de verificar se sua hipótese se relaciona com os dados extraídos das suas simulações.

2.6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Este subcapítulo apresenta a análise do software, das métricas e das recomendações que orientam uma abordagem adequada para a quantificação dos efeitos não visuais da luz, com foco em simulações computacionais — ferramenta adotada nessa tese.

2.6.1 Softwares – efeitos não visuais da luz

O *Lark Spectral Lighting* - LARK (Konis, 2017a), desenvolvido em 2015, e o *Adaptive Lighting For Alertness* – ALFA (Bellia et al., 2023b), em 2019, são duas ferramentas de rastreamento de raios espectrais para simular a iluminação circadiana. Segundo esta revisão sistemática apresentada nessa tese, na revisão apresentada pelos autores em Alkhatib, et al. (2021), o ALFA é o software mais utilizado (Aguilar-Carrasco; Acosta; Domínguez-Amarillo, 2023a; Altenberg Vaz; Inanici, 2021c; He; Yan; Cai, 2022a; Potočnik; Košir, 2020a).

Bellia, et al. (2023) apresenta diferenças entre eles: LARK é um plug-in de código aberto no *Grasshopper* que fornece seleções de materiais espectrais e modelos de céu espectral, com o cálculo baseado em nove canais; e o ALFA também é um plug-in para o software *Rhinoceros*, mas com 81 canais, proporcionando iluminação espectral mais manipulável no modelo de simulação.

Ambos os softwares podem definir a distribuição de energia espectral - SPD (ALFA) ou temperatura de cor correlacionada - CCT (LARK) do céu, e a distribuição de refletância/transmissão espectral (SRD/STD) das superfícies da sala para obter a interação da

luz do dia e da superfície do objeto. Segundo Bellia et al. (2023), conclui que um dos motivos do ALFA não ser tão usado entre os projetistas tem relação com seu valor de aquisição, porém, destaca que este software que menor apresentou erro entre as simulações e medições *in loco* (Bellia et al., 2023; Bellia; Fragliasso, 2021).

Além de softwares tradicionais, novas ferramentas surgiram para simulações dinâmicas de efeitos não visuais da luz. Um exemplo é o CircaLight, analisado por Aguilar-Carrasco, Acosta e Domínguez-Amarillo (2023), um plugin de código aberto para o Grasshopper, no ambiente Rhino. Ele calcula métricas que avaliam os efeitos da luz natural e elétrica nos ritmos circadianos, considerando a refletância espectral das superfícies internas (porcentagem, cor, textura, M/P).

Portanto, nessa tese, o **ALFA** foi selecionado como software de simulação computacional dos efeitos não visuais da luz natural, com base em artigos de referência na área (Altenberg Vaz & Inanici, 2023; Bellia et al., 2023; Xu; Gao; Wu, 2025).

Outros exemplos são as calculadoras desenvolvidas pelos criadores das métricas **CS** e **EML**: o **CS Calculator** (Lighting Research Center, 2023) e o **Lucas Toolbox** (CIE, 2020). Essas ferramentas são utilizadas, principalmente, em estudos com medições *in loco*, obtidas por dispositivos como luxímetros e espectrômetros, baseando-se na temperatura de cor correlata (CCT) e na distribuição espectral de potência (SPD) (Trinh et al., 2022a; Zeng et al., 2021).

O Lucas Toolbox, atualmente denominado **CIE S 026 α -opic Toolbox**, é uma ferramenta que, a partir de medições em iluminância ou irradiância, converte os dados em **Mel-EDI**. O **ALFA** utiliza a métrica EML; entretanto, a conversão entre EML e Mel-EDI pode ser feita por meio de uma fórmula simples: **Mel-EDI = EML \times 0,9058** (Bellia et al., 2023; CIE, 2018). A principal vantagem dessa ferramenta é que suas unidades estão em conformidade com o Sistema Internacional de Unidades (SI) (CIE, 2018).

Na planilha CIE S 026, é possível inserir dados em lux, obtidos com luxímetro, embora o método mais adequado seja a medição direta da SPD por espectrofotômetro, a partir da irradiância (Amorim et al., 2021b). Quando utilizados dados de luxímetro, seleciona-se a fonte **D65**, o tipo de medição **iluminância** e insere-se o valor mensurado. Já para dados obtidos por espectrofotômetro, seleciona-se a fonte **user**, o tipo de medição **irradiância** e inserem-se os valores de cada intervalo de 5 nm entre 380 e 780 nm. Como resultado, a planilha gera uma aba com a SPD e a iluminância equivalente à luz do dia (D65) α -ópica, apresentando os valores de α -opic EDI para os cinco fotorreceptores do olho humano: S-cone-opic, M-cone-opic, L-cone-opic, rodópico e melanópico.

2.6.2 Métricas para efeitos não visuais da iluminação natural

As principais métricas utilizadas em simulações para avaliar os efeitos não visuais da luz são o *Circadian Stimulus* (CS), o *Equivalent Melanopic Lux* (EML) e, mais recentemente, a *Melanopic Equivalent Daylight Illuminance* (Mel-EDI). A adoção das métricas EML e Mel-EDI em diferentes estudos pode ser atribuída, em parte, às diretrizes da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) e à incorporação dessas métricas por certificações ambientais, como a WELL (WELL, 2023a), que as utiliza como critérios de avaliação da qualidade ambiental em edificações.

No entanto, a métrica EML não é reconhecida pelo Sistema Internacional de Unidades (SI). Em resposta a essa limitação, a CIE propôs a Mel-EDI, uma grandeza compatível com o SI, formalizada com a publicação da norma CIE S 026:2018 (CIE, 2018b). A partir dessa publicação, a Mel-EDI passou a ser mais utilizada nos anos seguintes.

Como dito anteriormente, nessa tese foi usada a métrica EML, devido ao software ALFA; em seguida, foi convertida para Mel-EDI.

2.6.3 Recomendações para período de simulação

O software ALFA necessita que se insira dados do dia exato para simulação. Portanto, o período foi definido com base na IEA Task 61 – D.2 (Amorim et al., 2021) e na NBR 15.125-4:2023 (ABNT, 2023a) (Figura 41).

Figura 41 - Recomendações para Período do Ano

IEA Task 61 – D.2	NBR 15.125-4:2023
Idealmente, o dia deve estar dentro de ± 1 semana dos equinócios ou solstícios.	Dia próximo ao solstício de verão (22 de dez.) Dia próximo ao solstício de inverno (22 de jun.)

Fonte: Amorim et al. (2021) e ABNT, 2023, com adaptação da autora.

Segundo a IEA Task 61 – D.2 (Amorim et al., 2021a), as medições durante os solstícios são menos relevantes para edifícios próximos à linha do Equador. No entanto, nessa tese, esses períodos serão utilizados como base de análise, tanto por sua recorrência em diversos estudos (Bellazzi et al., 2022; Hosseini; Ansari, 2022; Leccese et al., 2020; Maskarenj; Deroisy; Altomonte, 2022; Zeng et al., 2021a; Zeng; Sun; Lin, 2021b), mas também por permitirem comparações entre cidades brasileiras com latitudes distintas e representativas no território nacional. A escolha por incluir os equinócios e solstícios visa garantir uma cobertura mais abrangente das condições de iluminação natural ao longo do ano.

2.6.4 Recomendações quanto ao horário

O software ALFA requer que o usuário insira o horário desejado para a simulação. Além disso, é necessário definir quais e quantos horários serão considerados para a simulação dos efeitos não visuais.

Não há um consenso entre os pesquisadores sobre quais horários e duração são mais adequados. Diversas abordagens têm sido propostas na literatura. Por exemplo, Andersen et al. (2012) sugerem dividir o dia em três faixas horárias: das 6h00 às 10h00 (reinicialização do ritmo circadiano), das 10h00 às 18h00 (efeitos de alerta da luz do dia) e em horário noturno, que não é abordado neste estudo (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a; Konis, 2017a; Saiedlue et al., 2019a).

Outro método amplamente utilizado é o adotado pela *International Energy Agency* (IEA), especialmente em projetos de iluminação integrada. Nesses casos, quando se trata de medições do tipo *point-in-time*, ou seja, em horários específicos do dia, é necessário o uso de métricas estáticas, como as aplicadas na avaliação de efeitos não visuais da luz. A IEA recomenda que as análises sejam realizadas às 9h00, 12h00 e 15h00 (Amorim et al., 2021a).

No contexto de certificações, a versão mais recente do sistema WELL (WELL, 2023a; 2023b) determina que o levantamento de dados deve contemplar um período mínimo de quatro horas, com início até, no máximo, o meio-dia. Já o guia UL 24480, publicado pela Underwriters Laboratories (2019), estabelece que as medições devem ocorrer por pelo menos duas horas no período da manhã, sugerindo a janela entre 7h00 e 16h00.

Brown (2020), por sua vez, propõe que os dados sejam coletados entre 6h00 e 19h00. No entanto, em um estudo mais recente sobre o uso da luz natural, o autor não especifica intervalos de tempo definidos para a coleta de dados (Brown, 2020). Porém, em seu artigo mais recente, quanto ao uso da luz natural, não estabelece horários específicos (Brown et al., 2022).

Acosta et al. (2017), ao investigar a influência da luz natural no arrastamento circadiano em ambientes educacionais (Mohamed et al., 2023; Thayer, 2020), sugerem que o cálculo seja realizado preferencialmente no período da manhã, entre 11h00 e 12h00, quando a luminância do céu tende a ser mais elevada (Acosta et al., 2019a), conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Recomendações para Horários e Duração ao Dia

Fonte	Horários (referente horários diurnos e vespertinos)	Duração ao dia
Andersen et al (2012)	6h00-10h00 (reinicialização circadiana), 10h00-18h00 (alertas sobre os efeitos da luz do dia)	n/a
IEA Task 61 Amorim, et al. (2021)	9:00h, 12:00h e 15:00h	Pela manhã e tarde no mesmo dia
WELL v2, Q2 2025 (2025)	Começando ao meio-dia, no máximo.	Pelo menos durante 4 horas ao dia
UL 24480 (2019)	7:00h às 16:00h	Mínimo 2 horas pela manhã
Brown (2020)	6:00h às 18:00h	n/a
Acosta et al. (2017)	Preferencialmente entre 11:00h e 12:00h	n/a

Fonte: Autora

Conforme pode ser observado, a falta de consenso dificulta a pesquisa, uma vez que os estudos apresentam grande variação metodológica, o que compromete a comparabilidade dos dados. Nessa tese, optou-se pelo método do *IEA Task 61* (Amorim et al., 2021), adotando-se os horários de 9h, 12h e 15h, por estarem contemplados nas demais propostas — ou seja, são períodos também presentes nas análises realizadas por outros pesquisadores.

2.6.5 Tipo De Céu

Para a simulação no ALFA, é necessário adotar um tipo de céu para a simulação. O software possui quatro tipos principais de céu para simular condições externas de iluminação natural (Inanici, M.; Abboushi, B.; Safranek, S., 2022):

- **Clear sky** (céu limpo) – representa dias ensolarados, sem nuvens.
- **Hazy sky** (céu com neblina/névoa) – simula um ar mais turvo, sem cobertura significativa de nuvens.
- **Overcast sky** (céu nublado/encoberto) – imita condições de céu completamente coberto.
- **Heavy rain clouds** (céu com nuvens densas de chuva) – usado para dias com cobertura muito densa, indicando chuva ou tempestade.

De acordo com a norma ABNT NBR 15215-2:2022, que trata dos procedimentos de cálculo para estimar a disponibilidade e a distribuição espacial da luz natural, o céu padrão é classificado em três condições genéricas com base na porcentagem de nebulosidade: céu claro (0% a 25%), céu parcialmente encoberto (26% a 74%) e céu encoberto (75% a 100%). Essas

condições referem-se à aparência da abóbada celeste observada da superfície terrestre e estão diretamente relacionadas à distribuição da emissão luminosa.

Nessa tese, adotam-se essas mesmas categorias. O céu claro, caracterizado por ausência ou baixa presença de nuvens, permite a predominância de comprimentos de onda mais curtos, como a porção azul do espectro solar. O céu parcialmente encoberto representa uma condição intermediária, em que a luminância varia conforme a posição solar e a cobertura parcial de nuvens. Já o céu encoberto ocorre quando nuvens ocupam a totalidade da abóbada celeste, resultando em uma distribuição mais difusa da luz natural.

Logo, no ALFA aplica-se os tipos *clear sky* (ALFA) \approx céu claro (ABNT NBR 15215-2:2022), *hazy sky* (ALFA) \approx céu parcialmente encoberto (ABNT NBR 15215-2:2022), *overcast sky* (ALFA) \approx céu encoberto (ABNT NBR 15215-2:2022).

A definição de qual tipo de céu foi adotado para cada simulação foi explicado no método de pesquisa, no capítulo 3.

2.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A Estatística é a ciência responsável pela coleta, organização, análise e interpretação de dados (Portella et al., 2015). Está presente em diversas áreas, desde situações cotidianas, como registros demográficos, até aplicações técnicas, como avaliação de produtos e previsões meteorológicas. Também tem ampla presença nos meios de comunicação, contribuindo para a interpretação de informações em larga escala. A seguir, apresentam-se os principais conceitos utilizados.

A **análise descritiva** resume e organiza os dados por meio de medidas como médias, desvios-padrão, percentuais, gráficos e tabelas, permitindo uma compreensão geral das tendências e padrões observados (Portella et al., 2015).

A **correlação** verifica a relação entre variáveis, sendo os coeficientes de **Pearson** e **Spearman** os mais utilizados. Pearson é indicado para variáveis contínuas com distribuição normal (dados paramétricos), enquanto Spearman é apropriado para dados ordinais ou com relações monotônicas (dados não paramétricos) (Fernandes, 2016). A normalidade é avaliada com o **teste de Shapiro-Wilk**, que orienta a escolha do método estatístico adequado (Hollander; Wolfe; Chicken, 2014; Montgomery; Runger, 2018).

A **regressão logística** modela a relação entre uma variável dependente categórica e variáveis independentes, permitindo estimar a probabilidade de ocorrência de determinados resultados (Agresti, 2019; Bilder; Loughin, 2014).

O **teste de hipóteses** é empregado para avaliar se variáveis arquitetônicas influenciam significativamente o valor do **Mel-EDI**. A decisão baseia-se no valor de p :

- $p < 0,05$: rejeita-se a hipótese nula (H_0), indicando efeito significativo;
- $p \geq 0,05$: não há evidências suficientes para rejeitar H_0 .

Essa abordagem permite quantificar a significância estatística das relações observadas, contribuindo para a análise do impacto de parâmetros arquitetônicos sobre o estímulo não visual da luz natural.

A aplicação detalhada desses métodos encontra-se na seção **3.2.5 – 6ª Etapa: tratamento estatístico, análise dos resultados e discussões**.

2.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

Os estudos analisados demonstram que a arquitetura influencia os efeitos não visuais da luz. No entanto, nenhum deles contempla todos os parâmetros arquitetônicos em um único modelo de análise. Em geral, as investigações focam em elementos isolados, sem estabelecer correlações mais amplas que subsidiem decisões projetuais integradas.

No contexto nacional, os estudos acadêmicos ainda são limitados, o que dificulta a consolidação de uma base científica voltada à realidade brasileira (Chaves, 2020; Medeiros, 2018; Monteiro, 2023).

A metodologia para aplicação e avaliação dos efeitos não visuais ainda carece de amadurecimento e padronização, sem um consenso claro na literatura (Zeng et al., 2021a). Nesse cenário, esta tese propõe contribuir com uma abordagem metodológica voltada à análise do ambiente interno — especialmente em edificações com salas de aula no ensino superior — considerando as particularidades de latitudes compatíveis com o território brasileiro. Portanto, os autores aqui discutidos, de forma resumida, sugerem:

- O **software ALFA** foi o mais utilizado nos estudos analisados (APÊNDICE C), destacando-se por oferecer maior número de canais para análise espectral (Bellia et al., 2023b).
- As **métricas EML, CS e Mel-EDI** são amplamente aplicadas, com tendência crescente de adoção do Mel-EDI, reconhecido pela CIE (Bellia et al., 2023b).

- A **definição dos horários de medição** varia entre os estudos, sendo geralmente condicionada ao uso real do ambiente, sem consenso estabelecido. Esta tese adotou os horários de medição recomendados pela IEA (Amorim et al., 2021; Gentile et al., 2022a), a saber: 9h00, 12h00 e 15h00. Esses intervalos atendem aos principais critérios identificados nas demais diretrizes analisadas, tanto em relação à adequação dos horários quanto à sua distribuição ao longo do dia (Acosta et al., 2019; Brown, 2020; Hartmeyer; Webler; Andersen, 2022; Underwriters Laboratories INC., 2019; WELL, 2023b).
- A **análise em solstícios e equinócios** é prática comum nos estudos (ABNT, 2023a; Amorim et al., 2021; Gentile et al., 2022a; Zeng et al., 2021a).
- Os estudos revisados apontam como mais recorrentes os seguintes parâmetros arquitetônicos na análise dos efeitos não visuais da luz: propriedades reflexivas de superfícies (piso, teto e/ou paredes), tipo de vidro, percentual de abertura da fachada (ou a proporção da janela em relação à área do piso), orientação da janela, uso e desempenho de dispositivos de sombreamento, profundidade do ambiente (distância entre o ponto analisado e a janela), além da posição e orientação do usuário em relação à abertura (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Ezpeleta et al., 2021; Hoang; Peters, 2022a; Konis, 2018a; Barrett et al., 2017; Cai et al., 2018a; Potočnik; Košir, 2020; Amundadottir et al., 2017a; Busatto et al., 2020).
- A compreensão da **rotina de uso do espaço** (horários e padrões de ocupação) é essencial para análises mais realistas (Hoang; Peters, 2022a; Thayer, 2020; Zeng et al., 2021a; Zeng; Sun; Lin, 2021b).
- PAF (Percentual de Abertura da Fachada) em média variando entre 40-80%. (Ezpeleta et al., 2021b; Hoang; Peters, 2022a; Zeng; Sun; Lin, 2021b).

3 MÉTODO DA PESQUISA

Neste capítulo foi apresentada a classificação da pesquisa e suas etapas de forma detalhada para o atendimento dos objetivos propostos desta tese.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa científica visa compreender e explicar fenômenos, respondendo a questões relevantes sobre a natureza, conforme Prodanov e Freitas (2013). Embora compartilhem procedimentos comuns, as pesquisas apresentam particularidades conforme seus objetivos e métodos.

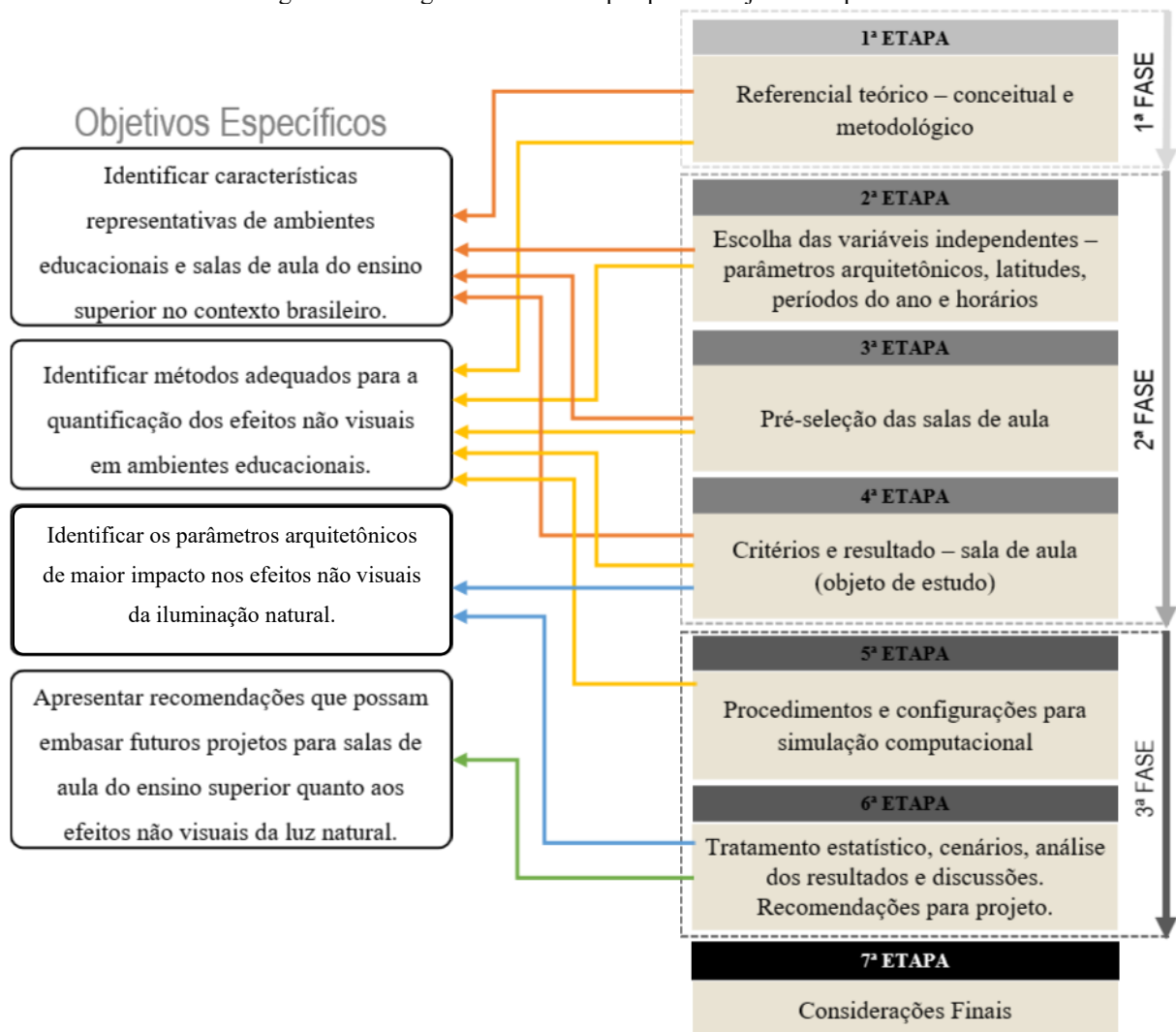
Adota-se uma **abordagem quantitativa**, pois busca relacionar parâmetros arquitetônicos com os efeitos não visuais da iluminação natural em salas de aula, por meio de simulações computacionais e análise estatística (Severino, 2013). Objetivou-se descrever fenômenos observáveis e estabelecer relações entre variáveis (Prodanov; Freitas, 2013; Gil, 2002).

Quanto aos **procedimentos metodológicos, foram adotados: levantamento e análise documental, simulação computacional e análise estatística**. Esta pesquisa combina levantamento documental, incluindo uma revisão sistemática que envolve a interpretação e extração de informações de documentos para obter conhecimento e tomar decisões embasadas. Em seguida, a realização de simulações computacionais, em que seus dados foram organizados em planilhas Excel para a realização do tratamento estatístico. É uma pesquisa do tipo aplicada, pois visa oferecer soluções práticas para problemas específicos no contexto da arquitetura (Prodanov; Freitas, 2013).

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa está estruturada em sete etapas, organizadas em três fases principais e seguidas das considerações finais. A Figura 42 apresenta o diagrama que sintetiza o método de pesquisa adotado nessa tese, relacionando-o aos objetivos específicos.

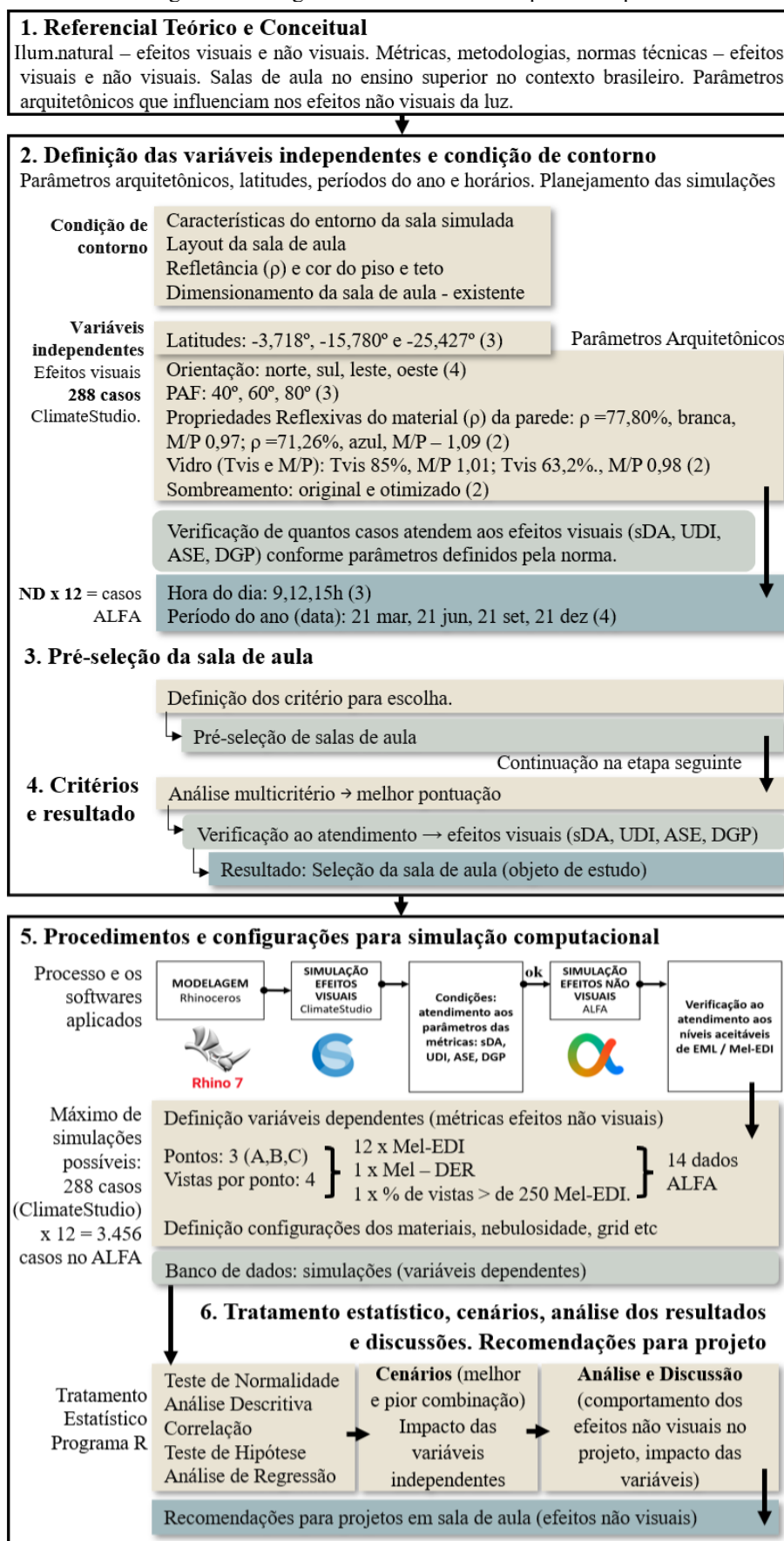
Figura 42 – Diagrama método de pesquisa x objetivos específicos



Fonte: Autora

A Figura 43 apresenta um diagrama do método de pesquisa, elaborado com o objetivo de facilitar a visualização das etapas realizadas ao longo do processo.

Figura 43 - Diagrama do Método de Pesquisa - Etapas



Fonte: autora.

Nos subcapítulos a seguir, serão descritas as etapas para atingir os objetivos desta tese.

3.2.1 1ª Etapa: referencial teórico-conceitual e metodológico

A etapa inicial desta pesquisa consistiu em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com o objetivo de identificar os avanços mais recentes sobre os efeitos não visuais da luz natural em ambientes construídos, especialmente em salas de aula. A RSL buscou compreender três aspectos centrais:

- A relação entre parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais da luz;
- As métricas mais utilizadas para avaliação desses efeitos;
- Os métodos de aferição aplicados em estudos baseados em iluminação natural.

A revisão abrangeu tanto documentos internacionais quanto teses e dissertações nacionais, que serviram como base para a identificação de materiais complementares como artigos, livros e normas técnicas (Figura 44).

Figura 44 - Percurso para o referencial teórico-conceitual e metodológico



Fonte: autora.

▪ Critérios para a Revisão Sistemática de Literatura

As fontes de dados selecionadas foram as plataformas Scopus (Elsevier) e Web of Science (Clarivate), por oferecerem cobertura internacional e multidisciplinar. Segundo seus próprios portais (Elsevier, 2023b; Clarivate, 2023b), essas bases são amplamente reconhecidas por sua qualidade e rigor editorial.

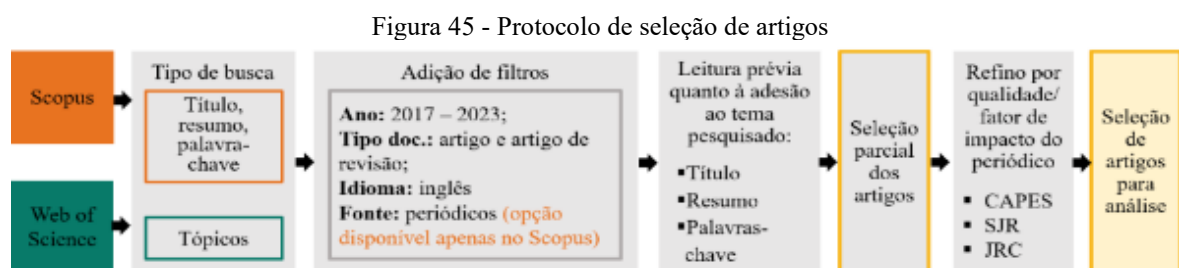
A revisão adotou um protocolo sistemático de pesquisa, conforme proposto por Galvão e Ricarte (2019), com objetivo claro, critérios definidos de inclusão e exclusão, e estratégias de busca bem delimitadas, conforme orientações metodológicas (Kugley et al., 2017; Galvão; Ricarte, 2019).

A busca foi realizada em maio de 2023, utilizando os seguintes termos combinados em inglês: *metric*, “*non-visual effect**”, “*non-image-forming*”, *NIF*, “*circadian light**”, *monitoring*, *measurement*, *simulation*, “*field evaluation*”, *assessment*, *evaluation*, “*human centric lighting*”, “*integrative lighting*”, “*circadian lighting*”, “*circadian stimulus*”, “*lighting projects*”, *daylight**, *classroom*. Na Scopus, o filtro aplicado foi por “título, resumo e palavras-chave”, e na Web of Science por “tópicos”. Os critérios adotados incluíram: idioma inglês, artigos completos e de revisão, publicados em periódicos científicos entre 2017 e março de 2023.

A primeira triagem consistiu na leitura prévia dos títulos e resumos para verificar a aderência ao tema. Foram excluídos estudos voltados para: iluminação em veículos e túneis, tratamentos clínicos (cardíacos, demências etc.), monitoramento comportamental, uso de LED para simulação de luz diurna em dispositivos eletrônicos e artigos com foco exclusivo em economia de energia ou efeitos térmicos.

Em seguida, os artigos selecionados foram avaliados quanto à qualidade e relevância científica. Para isso, utilizou-se a classificação da CAPES (Quadriênio 2017–2020), por meio da Plataforma Sucupira, priorizando-se periódicos com estrato A1 e A2 na área de Arquitetura e Urbanismo (Ministério da Educação, 2023). Nos casos em que a CAPES não apresentava dados, foram considerados os Fatores de Impacto, obtidos por meio do *Journal Citation Reports – JCR* (Clarivate, 2022) e do *Scientific Journal Rankings – SJR* (SJR, 2022), amplamente aceitos como indicadores da qualidade e visibilidade internacional dos periódicos científicos (SCI Journal, 2023).

A análise final envolveu a leitura detalhada dos artigos selecionados e a extração sistemática dos dados relevantes à pesquisa, conforme critérios previamente estabelecidos (Figura 45).



Fonte: autora.

▪ Buscas dos Artigos

Ao todo, foram realizadas 10 buscas, que resultaram em 41 artigos elegíveis conforme os critérios definidos para esta revisão sistemática. A apresenta um resumo dos resultados

obtidos nas plataformas de pesquisa, organizando os artigos por base de dados, combinação de palavras-chave e filtros aplicados.

Para a seleção parcial dos artigos, iniciou-se a leitura dos títulos e, quando pertinente ao tema, procedeu-se à leitura dos resumos e palavras-chave. Em alguns casos, foi necessário realizar uma leitura mais aprofundada, ainda que rápida, devido à ambiguidade na abordagem da iluminação natural, especialmente quando os termos “iluminação integrada” e “iluminação integrativa” não estavam claramente definidos (Tabela 6).

Tabela 6 - Buscas dos artigos nas plataformas Scopus e Web of Science.

Nº	Busca (filtro: 2017 a 2023/ artigo e revisão/ inglês/ periódico)	Resultados das Buscas	Artigo Selecionado
1º	<i>metric AND ("non-visual effect*" OR "non-image-forming" OR "NIF")</i>	Scopus: 24 Web Of Science: 25	9
2º	<i>monitoring AND ("non-visual effect*" OR "non-image-forming" OR "NIF")</i>	Scopus: 27 Web Of Science: 36	5
3º	<i>metric AND "circadian light"</i>	Scopus: 12 Web Of Science: 10	5
4º	<i>monitoring AND "circadian light"</i>	Scopus: 4 Web Of Science: 5	1
5º	<i>measurement AND ("non-visual effect*" OR "non-image-forming" OR "NIF")</i>	Scopus: 175 Web Of Science: 171	6
6º	<i>measurement AND "circadian light"</i>	Scopus: 11 Web Of Science: 11	2
7º	<i>(simulation OR "Field Evaluation" OR assessment OR evaluation) AND ("non-visual effect*" OR "non-image-forming" OR "NIF" OR "circadian light")</i>	Scopus: 276 Web Of Science: 252	7
8º	<i>("non visual effect" OR "non-image-forming" OR "NIF" OR "human centric lighting" OR "integrative lighting" OR "circadian lighting") AND (daylight*) AND simulation</i>	Scopus: 19 Web Of Science: 20	5
9º	<i>("non visual effect*" OR "non-image-forming" OR "NIF" OR "human centric lighting" OR "integrative lighting" OR "circadian lighting") AND (daylight*) AND (measurement OR monitoring OR "field evaluation" OR assessment OR evaluation)</i>	Scopus: 40 Web Of Science: 34	0**
10º	<i>("non visual effect*" OR "non-image-forming" OR "NIF" OR "human centric lighting" OR "integrative lighting" OR "circadian lighting" OR "circadian stimulus" OR "lighting projects") AND (daylight*) AND (classroom)</i>	Scopus: 8 Web Of Science: 7	1
		TOTAL	41

**Os artigos já estavam selecionados nas buscas anteriores

Fonte: Autora.

Segundo Gentile et al. (2022a), há uma distinção importante entre os dois conceitos:

- Iluminação integrada refere-se ao uso combinado de luz natural e elétrica, com foco em aspectos como eficiência energética;
- Iluminação integrativa, por sua vez, considera tanto os efeitos visuais quanto não visuais da luz, com o objetivo de promover benefícios fisiológicos e/ou psicológicos aos ocupantes.

Contudo, como observam os próprios autores, a iluminação integrativa não pressupõe necessariamente o uso de luz natural, sendo possível sua aplicação exclusivamente com iluminação elétrica.

▪ Critérios de Análise do Fator de Impacto

A partir dos 41 artigos extraídos das buscas, foram identificados todos os periódicos presentes, com o objetivo de avaliar a qualidade de cada um segundo a classificação da CAPES e, quando necessário, por meio dos fatores de impacto do SJR e do JCR. O critério de análise do fator de impacto está apresentado na (Tabela 7).

Tabela 7 - Critério de Análise do Fator de Impacto

Capes Arq. & Urb.	Fator de Impacto SJR (2022)	Fator de Impacto SJR (2022)	Avaliação final
A1 ou A2	-	-	sim
Sem dados (-)	Q1 ou Q2	>2	sim
Sem dados (-)	Q1 ou Q2	< 2	sim
Sem dados (-)	Q3 em diante	>2	sim
Sem dados (-)	Q1 ou Q2	Sem dados (-)	não
Sem dados (-)	Sem dados (-)	>2	não
Sem dados (-)	Sem dados (-)	Sem dados (-)	não

Fonte: autora.

A Tabela 8 apresenta a aplicação dos critérios definidos na Tabela 7.

Tabela 8 - Qualidade/Fator de Impacto dos Periódicos

JOURNAL (ISSN)	CAPES Arq. & Urb.	Fator de Impacto SJR (2022)	JCR (2022)	Avaliação final
Applied Sciences (Switzerland) (2076-3417)	-	Q2	2.7	sim
Arabian Journal for Science and Engineering (2193-567X)	-	Q1	2.9	sim
BMJ Open (2044-6055)	-	Q1	2.9	sim
Buildings (2075-5309)	-	Q1	3.8	sim
Building and Environment (0360-1323)	A1	-	-	sim
Building Services Engineering Research and Technology (1477-0849)	-	Q2	1.7	sim
Current Directions in Biomedical Engineering (23645504)	-	Q4	-	não
Energies (1996-1073)	A2	-	-	sim
Energy and Buildings (0378-7788)	A1	-	-	sim
Frontiers in Neurology (1664-2295)	-	Q2	3.4	sim
Indoor + Built Environment (1420-326X)	A4	-	-	não
Journal of Asian Architecture and Building Engineering (1346-7581)	-	Q1	1.3	sim
Journal of Building Engineering (2352-7102)	A1	-	-	sim
Journal of Building Performance Simulation (1940-1493)	-	Q1	2.5	sim
Journal of Daylighting (2383-8701)	-	Q3	-	não
Journal of Environmental Engineering (Japan) (1348-0685)	-	Q3	-	não
Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering (2029-9990)	-	Q2	-	não
LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America (1550-2724)	-	Q1	3.6	sim
Lighting Research & Technology (1477-1535)	A2	-	-	sim
Measurement Science and Technology (0957-0233)	-	Q2	2.4	sim

Results in Engineering (25901230)	-	Q2	5.0	sim
Solar Energy (0038-092X)	A1	-	-	sim
Technology and Health Care (18787401)	-	Q4	1.6	não

Fonte: autora.

Alguns periódicos identificados não atenderam aos critérios mínimos de qualidade estabelecidos para o fator de impacto e, por isso, seus artigos foram excluídos: *Current Directions in Biomedical Engineering*, *Indoor + Built Environment*, *Journal of Environmental Engineering (Japan)*, *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, *Technology and Health Care*. A exceção foi o *Journal of Daylighting*, que, apesar de não atender aos critérios de impacto, é especializado em iluminação natural — foco central desta tese —, justificando a inclusão de seus dois artigos. Após esse refinamento, 36 artigos foram selecionados para leitura completa e análise.

▪ Extração de dados dos artigos

Os artigos selecionados foram tabulados em uma planilha para extrair as informações essenciais que embasam teoricamente esta tese, abrangendo aspectos conceituais e metodológicos. Os dados extraídos, disponíveis no APÊNDICE C, incluem:

- Autores: sobrenomes e ano de publicação.
- Métricas: relativas aos efeitos não visuais aplicados.
- Método / Software: tipo de abordagem adotada (campo, simulação computacional, protótipo, etc.).
- Ambiente: local da pesquisa.
- Parâmetros Arquitetônicos: fatores que influenciam o projeto, como orientação e percentual de área de abertura da fachada (PAF).
- Critérios: informações complementares que detalham o estudo, como época do ano ou documentos utilizados.

▪ Documentos fora da Web of Science e Scopus

Para ampliar a pesquisa no contexto nacional, foram consultados repositórios de teses e dissertações de universidades brasileiras em Arquitetura e Urbanismo, utilizando palavras-chave como "ritmo circadiano", "ciclo circadiano", "iluminação integrativa" e "efeitos não visuais", nas plataformas na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD-IBICT, 2023)

e Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES, 2023). Também foram analisados artigos de eventos como o **ENCAC 2021** e o **PLEA 2022**.

Para aumentar a abrangência de estudos para o panorama nacional, foi realizada uma busca nos repositórios nacionais de teses e dissertações em universidades brasileiras no curso de Arquitetura e Urbanismo, utilizando as palavras-chave "ritmo circadiano", "ciclo circadiano", "iluminação integrativa" e "efeitos não visuais". As buscas ocorreram na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD-IBICT, 2023) e Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES, 2023). Também foram analisados artigos de eventos como o **ENCAC 2021** e o **PLEA 2022**.

Entretanto, os resultados não foram satisfatórios, pois os materiais revisados não apresentaram estudos específicos sobre os efeitos não visuais da luz aplicados ao tema da tese, com exceção de um estudo que relaciona parâmetros arquitetônicos aos efeitos não visuais em unidades multifamiliares no Canadá (Hoang; Peters, 2022a). Ao todo, três materiais foram utilizados: o artigo do PLEA (Hoang; Peters, 2022a) e duas dissertações (Chaves, 2020; Monteiro, 2023), todos discutidos no subcapítulo "2.6 Discussão Metodológica".

3.2.2 2ª Etapa: definição das condições de contorno e variáveis independentes, dependentes.

Início da segunda fase da tese, em que são definidos, com base na pesquisa teórica, a organização das **variáveis independentes**, **variáveis dependentes** e as **condições de contorno** (Tabela 9). Nessa fase, foi estabelecido o volume de simulações computacionais que foram combinadas (Piana, C.; Machado, A.; Selau, L, 2013; Costamagma, P., 2009).

Tabela 9 - Condições de Contorno

Condições de contorno		Referências
Características do entorno da sala simulada	Sem interferência do entorno (topografia, vegetação e edificações).	(Hoang; Peters, 2022; Khademagha et al., 2016)
Layout da sala de aula (layout tradicional)	Layout de sala de aula tradicional padrão – os alunos são orientados em uma única direção, de frente para o professor.	(Bellia; Pedace; Barbato, 2013; Ezpeleta et al., 2021; Kowaltowski, 2011)
Localização das Janelas (acesso da iluminação natural)	Localizada em apenas uma parede.	
Refletância (ρ) e cor do piso e teto	Teto $\rho=80\%$; piso $\rho=40\%$. (cor = similar à da sala de aula selecionada).	
Dimensionamento da sala de aula (largura, comprimento e pé direito)	Dimensão real da sala de aula selecionada.	(Bellia; Pedace; Barbato, 2013; Ezpeleta et al., 2021; Altenberg Vaz; Inanici, 2021).

Fonte: autora

As **condições de contorno**, parâmetros fixos que delimitam as simulações computacionais, foram definidas da seguinte forma:

- **Características do entorno da sala simulada:** optou-se por neutralizar as interferências externas ao ambiente, a fim de isolar os efeitos dos parâmetros arquitetônicos internos da sala de aula, garantindo maior controle e precisão nos resultados da simulação.
- **Layout da sala de aula (layout tradicional):** adotou-se o layout tradicional, com os alunos organizados em fileiras voltadas para o professor à frente da sala (Kowaltowski, 2011), conforme ilustrado na Figura 46. A escolha desse arranjo baseia-se em sua ampla utilização em estudos anteriores sobre ambientes educacionais (Bellia; Pedace; Barbato, 2013; Ezpeleta et al., 2021; Konis, 2017; Yao et al., 2020a), servindo como referência para a análise da distribuição da luz e seus efeitos na percepção dos estudantes.

Figura 46 - Sala de aula - Layout Tradicional



Fonte: autora.

- **Localização das janelas (acesso da iluminação natural):** adotou-se a presença de apenas uma fachada com entrada de luz natural, ou seja, somente uma parede contém as janelas, a fim de facilitar a identificação e a avaliação precisa do impacto da janela nos efeitos não visuais da luz no ambiente.
- **Refletância (ρ) e cor do piso e teto :** foram adotadas as porcentagens de refletância fixa do teto $\rho = 80\%$ e piso $\rho = 40\%$. A cor aplicada ao piso foi cinza claro, enquanto a cor do teto foi branco neve, semelhante à da sala de aula selecionada na 4ª etapa da pesquisa. Os dados da razão M/P foram obtidos por meio do software ALFA (Solemma, 2023). As porcentagens das refletâncias adotadas para o piso e teto estão dentro dos limites recomendados pela ABNT (2013).

Ao estabelecer valores de piso e teto, torna-se possível avaliar de forma controlada o impacto das mudanças nas propriedades reflexivas das paredes internas — refletância (ρ),

cor e M/P (França, 2024) — definidas como variável independente, evitando a inclusão de variáveis adicionais que afetariam a viabilidade do estudo.

- **Dimensionamento da sala de aula** (largura, comprimento e pé direito): O tamanho da sala foi mantido constante, seguindo a prática adotada em diversos estudos de referência que utilizam dimensões fixas para garantir consistência metodológica (Bellia; Pedace; Barbato, 2013; Ezpeleta et al., 2021; Altenberg Vaz; Inanici, 2021). As medidas da sala são iguais à sala existente na UnB, selecionada na 4ª Etapa da pesquisa.

As **variáveis independentes** (ou explicativas) desta pesquisa foram selecionadas com base no estudo de Khademagha et al. (2016) e na compilação teórica apresentada na “Tabela 3 - Parâmetros arquitetônicos que impactam nos efeitos não visuais da luz em ambientes com uso de iluminação natural (subcapítulo 2.3.3). A Tabela 10 - Variáveis Independentes (Piana, C.; Machado, A.; Selau, L., 2013) organiza essas variáveis em duas subclasses: **parâmetros arquitetônicos** e **horário, latitude e período do ano**. Ambas as subclasses são reconhecidas na literatura por exercer influência significativa sobre os efeitos não visuais da luz natural.

Tabela 10 - Variáveis Independentes (ou explicativas)

Parâmetros Arquitetônicos	Orientação	Norte	(Aguilar-Carrasco; Acosta; Domínguez-Amarillo, 2023; Alkhatatbeh; Asadi, 2021; Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Tabatabaeifard et al., 2023)
		Leste	
		Sul	
		Oeste	
	PAF - Percentual de Abertura da Fachada	40%	(Alkhatatbeh; Asadi, 2021; Tregenza; Wilson, 2011; Yao et al., 2020; Zeng; Sun; Lin, 2021a)
		60%	
		80%	
	Propriedades reflexivas, refletância (ρ), cor, M/P das paredes internas	ρ = 77,80%, cor branca, M/P 0,97 original	(ABNT, 2013; Noor; Saradj; Yazdanfar, 2023; Potočnik; Košir; Dovjak, 2022; Yao et al., 2020; França, 2024)
		ρ = 71,26%, cor azul, M/P – 1,09	
	Vidro Transmissão luminosa (Tvis)	Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01	(Potočnik; Košir, 2020; Queiroz; Westphal; Pereira, 2019)
		Incolor, duplo, Tvis 63,2%, M/P 0,98	
Horário, Latitude e Período	Sombreamento	O existente.	(Hosseini; Ansari, 2022; Khademagha et al., 2016; Westphal, 2016)
		Otimizado.	
	Hora do dia (point-in-time) Medição de efeitos não visuais	9h, 12h, 15h	(Amorim et al., 2021; Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012; Ezpeleta et al., 2021; Gentile et al., 2022)
	Latitude (cidade)	-3.71839° (Fortaleza)	(Bellia et al., 2020a; Zeng; Sun; Lin, 2021c)
		-15.7801° (Brasília)	
		-25.4284° (Curitiba)	
	Período do ano (dia e mês)	Equinócio de Outono (21 de mar.)	(ABNT, 2023b; Amorim et al., 2021; Gentile et al., 2022; Hosseini; Ansari, 2022)
		Solstício de inverno (21 de jun.)	
		Equinócio da Primavera (21 de set.)	
		Solstício de verão (21 de dez.)	

Fonte: Autora.

As **variáveis independentes** (ou explicativas) — “Parâmetros Arquitetônicos” e “Horário, Latitude e Período” — são descritas a seguir:

→ **Variáveis Independentes (Parâmetros Arquitetônicos):**

- **Orientação:** foram consideradas as quatro orientações cardeais (norte, sul, leste e oeste), correspondentes às fachadas onde se localiza a janela da sala de aula. O objetivo é avaliar o comportamento da luz natural no interior do ambiente (Aguilar-Carrasco; Acosta; Domínguez-Amarillo, 2023; Alkhatatbeh; Asadi, 2021; Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Tabatabaeifard et al., 2023).
- **Percentual de Área de Abertura da Fachada – PAF:** os valores de PAF adotados neste estudo (40%, 60% e 80%) refletem proporções recorrentes na literatura (Alkhatatbeh; Asadi, 2021a; Altenberg Vaz; Inanici, 2021c; Hoang; Peters, 2022a; Zeng; Sun; Lin, 2021b). Trata-se de uma das variáveis mais analisadas em pesquisas sobre os efeitos não visuais da luz (Hoang; Peters, 2022a; Yao et al., 2020a; Zeng; Sun; Lin, 2021b). Nas simulações computacionais, a fachada da sala foi modificada conforme esses percentuais para avaliar seus impactos nos efeitos não visuais.
- **Propriedades reflexivas das superfícies internas (ρ), cor e razão melanópica e fotópica (M/P) das paredes internas:** Foram adotadas porcentagens de refletâncias dentro dos limites da ABNT (2013). A cor das superfícies internas tem influência significativa no estímulo melanópico e fotópico (Cai et al., 2018a; Noor; Saradj; Yazdanfar, 2023a; Potočnik; Košir, 2020; Potočnik; Košir; Dovjak, 2022). A parede branca da sala apresenta refletância de aproximadamente $\rho = 77,80\%$. Já o valor $\rho = 71,26\%$ (cor azul) foi definido com base em testes realizados durante a 4ª etapa desta tese, após a seleção da sala. Os dados da razão M/P foram obtidos por meio do software ALFA (Solemma, 2023).
- **Vidro:** as características do vidro configuram-se como um dos fatores mais determinantes para a luminosidade circadiana no ambiente interno (Potočnik; Košir, 2020b; Šprah; Potočnik; Košir, 2024). No caso dos envidraçamentos inteligentes — que não foram aplicados neste estudo —, observa-se que, sob diferentes condições de céu ao longo do ano, os valores médios de EDI α -ópico (S-, M-, L-cone-ópico, rodópico e melanópico), considerando as tonalidades mínima e máxima, tendem a corresponder a aproximadamente metade dos valores obtidos com vidros transparentes (Nazari; Matusiak; Stefani, 2023). Vidros com elevada transmissão luminosa e coloração neutra

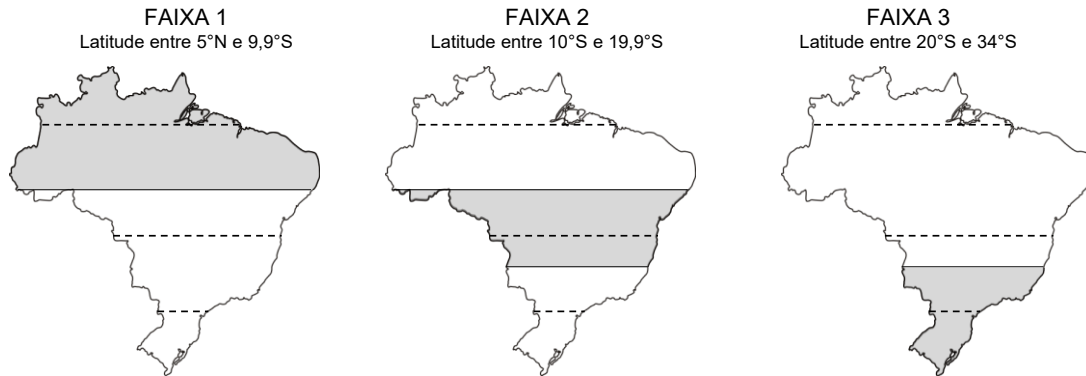
são os mais recomendados para garantir condições adequadas à sincronização circadiana, uma vez que o aumento da transmissão exerce impacto mais expressivo do que a variação da tonalidade do vidro (Alkhatatbeh; Asadi, 2021; Potočnik; Košir, 2020). Neste estudo, foram utilizados vidros incolores (neutros), de forma a minimizar distorções visuais, visto que vidros coloridos inevitavelmente reduzem o Índice de Reprodução de Cor (IRC) (Kenny, 2021; Potočnik; Košir, 2020; Westphal, 2016). A diferenciação entre os tipos de vidro baseia-se na transmissão luminosa e nos dados de M/P fornecidos pelo ALFA (Solemma, 2023).

- **Sombreamento:** optou-se pelo uso de brises por sua capacidade de redirecionar a luz, modificar sua distribuição no ambiente e bloquear a incidência direta da luz solar (Hosseini; Ansari, 2022). Com ajustes adequados, é possível otimizar o aproveitamento da luz natural na sala de aula. Embora esta pesquisa não tenha investigado diferentes acabamentos superficiais, adotou-se a cor branca, classificada como intermediária, por não apresentar impacto significativo no Índice de Reprodução de Cor (IRC) ou na Temperatura de Cor Correlata (CCT) da luz refletida (Chen; Zhang; Du, 2019; Hosseini; Ansari, 2022). A escolha teve como objetivo garantir neutralidade cromática e evitar distorções no IRC e na CCT, aspectos fundamentais para a qualidade visual e o desempenho em ambientes de ensino.

→ **Variáveis Independentes (horário, latitude e período do ano):**

- **Horário** (*point-in-time*) de medição dos efeitos não visuais: foram considerados horários pontuais para a coleta dos dados, conforme recomendado pela IEA Task 61 D.2 (Amorim et al., 2021). Esses horários também estão em consonância com outras diretrizes relevantes (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a; Brown et al., 2022; WELL, 2023b). Dada a ausência de métricas dinâmicas consolidadas para efeitos não visuais, a definição de horários específicos é necessária para a análise.
- **Latitude:** além da cidade de Brasília/DF — escolhida por sua localização central no país —, foram selecionadas outras duas cidades situadas em regiões distintas, conforme o zoneamento geográfico proposto para a revisão do item 13 (Desempenho Lumínico) da norma NBR 15.575 (ainda em fase de revisão e não publicada). A escolha foi embasada em estudos comparativos que demonstraram variações significativas nos efeitos da luz conforme a latitude (Bellia et al., 2020a; Zeng; Sun; Lin, 2021c) (Figura 47).

Figura 47 - Zoneamento Geográfico por latitude proposto pela ABNT NBR 15575



Fonte: autora com base na proposta de revisão da Norma Nacional ABNT NBR 15575 - item 13 - Desempenho lumínico.

As outras duas cidades foram selecionadas de acordo com faixas latitudinais específicas: uma entre 5°N e 9,9°S, e outra entre 20°S e 34°S. Considerando a necessidade de manter uma distância aproximadamente equidistante em relação a Brasília (-15,780°), foram escolhidas as cidades de Fortaleza/CE (-3.718°) e Curitiba/PR (-25,429°), respectivamente, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Cidades por Zonas. Brasília em destaque como referência de cidade já selecionada

Zoneamento geográfico (NBR 15.575)	Cidades/Sigla Estado (latitude)	Iluminação global média anual (klux)	Nebulosidade - porcentagem de cobertura do céu
5°N e 9,9°S	Fortaleza/CE (-3.718°)	26,608	56%
10°S e 19,9°S	Brasília/DF (-15,780°)	23,232	51%
20°S e 34°S	Curitiba/PR (-25,429°)	19,015	72%

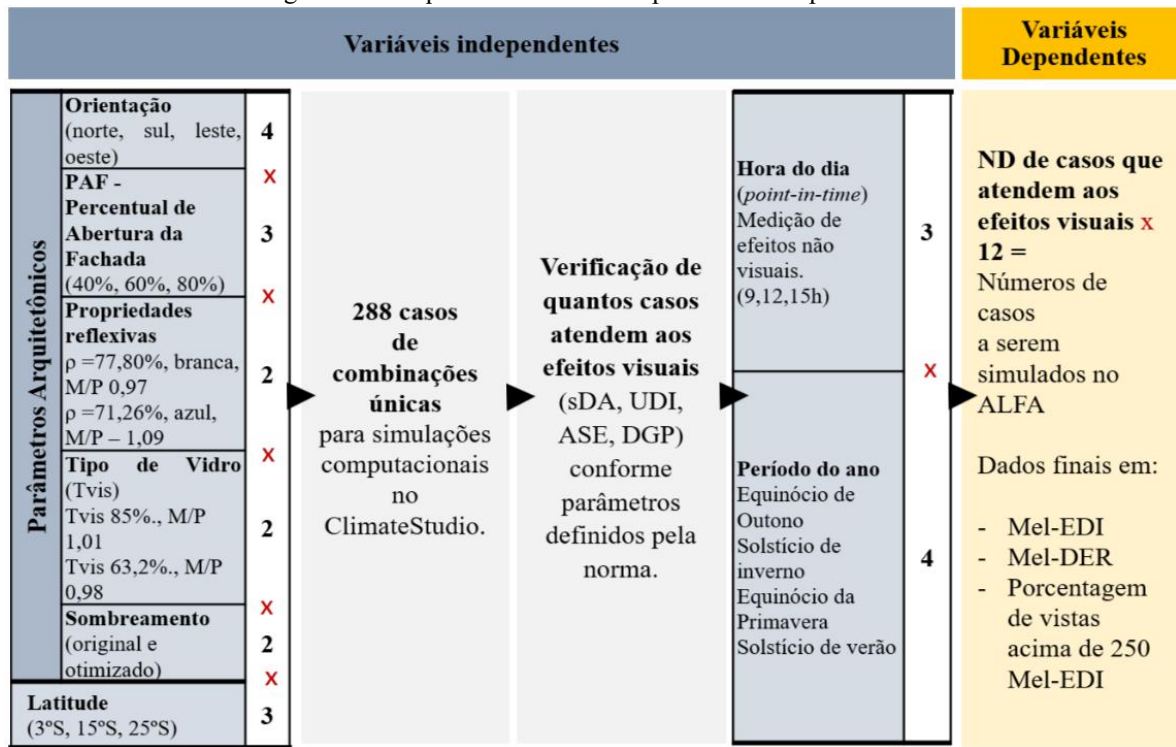
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018), Costa (2022), adaptado pela autora.

- **Período do ano:** foram adotadas as recomendações da IEA Task 61 D.2 (Amorim et al., 2021) e pela NBR 15.125-4 (ABNT, 2023a), que, apesar de pequenas diferenças, são semelhantes ao indicar os solstícios e equinócios como períodos representativos para simulações.

A Figura 48 apresenta o esquema de aplicação das variáveis independentes (ou explicativas) até a obtenção das variáveis dependentes (Mel-EDI, Mel-DER e porcentagem de vista acima de 250 Mel-EDI). Inicialmente, foram definidas **288 combinações arquitetônicas**, resultantes da variação dos parâmetros arquitetônicos independentes: orientação (norte, leste, sul e oeste), percentual de abertura da fachada – PAF (40%, 60% e 80%), refletância e cor das paredes internas (branca, $\rho = 77,80\%$, M/P 0,97 e azul, $\rho = 71,26\%$, M/P 1,09), tipo de vidro

(incolor simples, Tvis 85% e incolor duplo, Tvis 63,2%) e condição de sombreamento (sem brise e com brise).

Figura 48 – Esquema: variáveis independentes e dependentes



Legenda:

ND – número não determinado

\times – símbolo de multiplicação

Fonte: autora.

Essas 288 combinações foram posteriormente **multiplicadas pelas variáveis independentes**: latitude (-3.718° – Fortaleza, -15,780° – Brasília e -25,429° – Curitiba), horário de análise (9h, 12h e 15h) e período do ano (equinócio de outono, solstício de inverno, equinócio de primavera e solstício de verão). Dessa forma, o número total de simulações potenciais corresponde a $288 \times 12 = 3.456$. Portanto, são:

1. **288 combinações iniciais** de parâmetros arquitetônicos;
2. Passam por um **filtro de desempenho visual** (sDA, UDI, ASE, DGP) – ClimateStudio;
3. Apenas as aprovadas seguem para multiplicação por **3 latitudes \times 3 horários \times 4 períodos = até 3.456 simulações** totais possíveis para cada combinação única;
4. **Simulações computacionais no ALFA;**
5. Resultados em **Mel-EDI, Mel-DER e porcentagens >250 Mel-EDI** (efeitos não visuais).

Contudo, é importante destacar que o avanço para a etapa de avaliação dos **efeitos não visuais (Mel-EDI)** somente ocorre se a combinação inicial atender, **simultaneamente**, às métricas de desempenho visual estabelecidas pelas normas (sDA, UDI, ASE e DGP). Assim, o número real de simulações realizadas no ALFA dependerá das combinações aprovadas na etapa preliminar no ClimateStudio. Por exemplo, se apenas 100 das 288 combinações atenderem a todas as métricas visuais, então serão realizadas $100 \times 12 = 1.200$ **simulações**, cujos resultados finais fornecerão os valores de Mel-EDI, variável dependente desta tese.

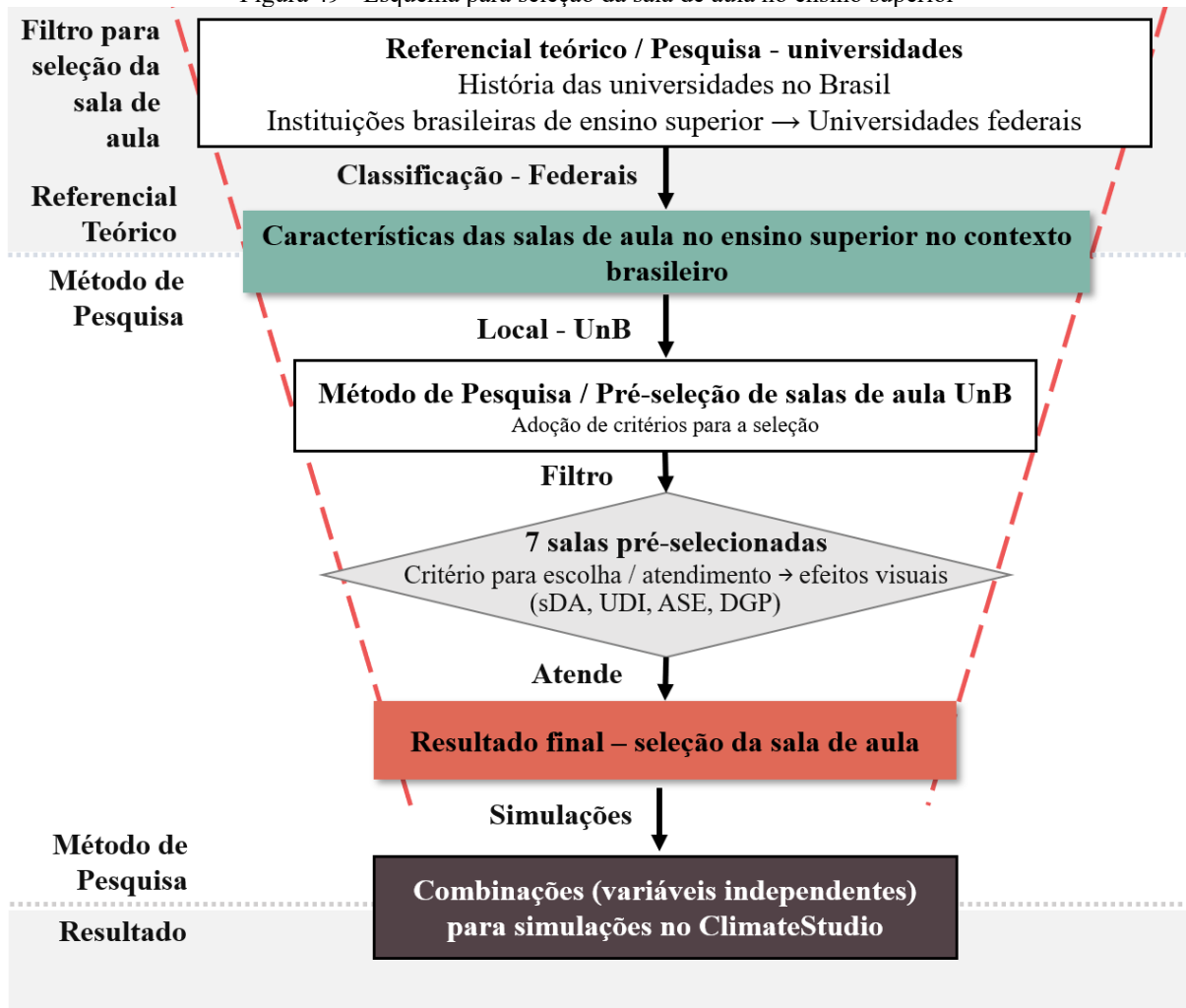
3.2.2.1 3ª Etapa: pré-seleção da sala de aula representativa

Nessa pesquisa, optou-se por delimitar o estudo às universidades federais, uma vez que tais instituições apresentam diretrizes e formas de gestão relativamente homogêneas. Essa condição repercute, mesmo de maneira indireta, tanto nas práticas de ensino quanto na organização espacial das salas de aula. Parte-se, ainda, do entendimento de que esses ambientes podem ser considerados representativos de características recorrentes em diferentes salas de aula do ensino superior brasileiras.

Esta tese pudesse utilizar uma sala de aula fictícia, optou-se pela análise de um ambiente real, visando enriquecer a pesquisa. A escolha por um espaço existente permite a possibilidade de futuras comparações entre os dados simulados com medições *in loco* da situação real, ampliando a validade e aplicabilidade dos resultados. No entanto, as características da sala escolhida devem ser suficientemente representativas em relação às salas de aula de edificações do ensino superior.

O processo de seleção da sala de aula no ensino superior permeou diversas etapas. Portanto, o esquema a seguir visa organizar visualmente o filtro aplicado até chegar à sala de aula selecionada para o estudo nessa tese (Figura 49).

Figura 49 - Esquema para seleção da sala de aula no ensino superior



Fonte: autora.

O referencial teórico foi construído a partir de pesquisas bibliográficas iniciais, que nortearam a compreensão do problema. No entanto, a definição dos parâmetros práticos da investigação deu-se por meio do método de pesquisa, em que todos os critérios foram estabelecidos até se chegar à seleção da sala de aula. Em seguida, iniciou-se a 3ª fase desta tese, as simulações computacionais deste ambiente. Os dados resultantes, após tratamento estatístico, formam a base para a análise e discussão dos resultados para a conclusão desta pesquisa.

3.2.2.2 Características de salas de aula

Em atendimento ao primeiro objetivo específico desta tese, buscou-se identificar as características arquitetônicas das salas de aula no ensino superior no contexto brasileiro.

Durante a análise das instituições brasileiras, foram considerados aspectos como dimensões, layout e propriedades reflexivas (percentual e cor). Ressalta-se, contudo, que as

dimensões e proporções deveriam ser compatíveis com os parâmetros adotados na literatura internacional dedicada à investigação dos efeitos não visuais da luz (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Acosta et al., 2019; Noor; Saradj; Yazdanfar, 2025).

Foram analisadas universidades federais situadas em todas as regiões do país — Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. A pré-seleção baseou-se em informações extraídas de dissertações, artigos acadêmicos e páginas institucionais de universidades federais.

A seguir, apresentam-se as salas de aula analisadas (Tabela 12).

Tabela 12 - Salas de aula em universidades federais

Universidade Federal de Roraima - UFRR

Local: Bloco V, Campus Paricarana / UFRR – Boa Vista.

Ano: após de 1990

Dimensão: 5,55 x 7,80m / pé direito = 3,00m / peitoril = 1,00m / janela do tipo de correr, 4x folha de 1,10m PAF: 20%

Formato da planta: retangular

Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos.

Acabamento:

- Piso: revestimento tipo granilite de alta resistência na cor cinza claro.
- Parede: pintura acrílica na cor creme.
- Teto: pintura látex branco neve.
- Janela: esquadrias de alumínio e vidro incolor com película grafite.

Sala de aula vista fundo, vista quadro, vista diagonal



Fonte: acervo pessoal, fotos por Ayana Medeiros e UFRR (2023).

Universidade Federal do Tocantins - UFT

Local: Campus Palmas/ UFT – Palmas.

Ano: 2003

Área: 59,85m²

Dimensão: 9,00 x 6,65m / pé direito = 3,00m / peitoril = 1,10m / janela tipo de correr, 4x folha 1m.

PAF: 30%

Formato da planta: retangular

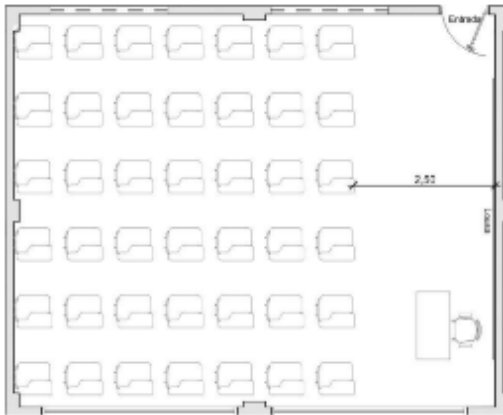
Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos

Acabamento:

- Piso: cerâmica na cor creme
- Parede: tinta acrílica, acabamento semibrilho, na cor branco neve
- Teto: forro em módulos, na cor branco neve
- Janela: estrutura metálica com vidro incolor.

Planta

Sala de aula



Fonte: UFT, 2016 e 2023.

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Local: Centro de Artes e Comunicação (CAC), Campus Recife/UFPE, Recife

Ano: 1975

Área: 44,76m²

Dimensão: 6,00 x 7,46m / pé direito = 2,89m / peitoril = 0,93m / 1,40m de altura da folha da janela

PAF:45%

Formato da planta: retangular

Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos

Acabamento:

- Piso: revestimento tipo granilite de alta resistência na cor preta
- Parede: pintura branca
- Teto: pintura branca
- Janela: esquadrias de alumínio e vidro incolor, ferro pintado esmaltado branco.

Planta

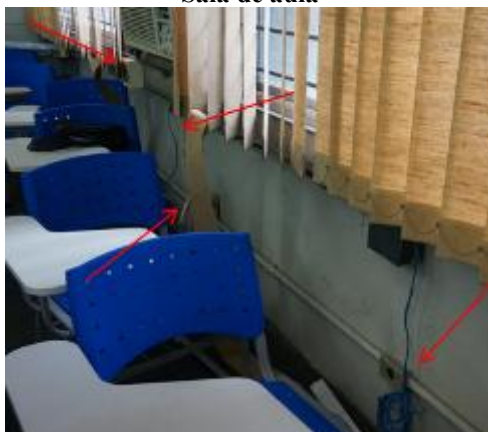


Sala de aula

Sala de aula vista de frente



Sala de aula – vista do fundo



Fonte: Ximenis, 2017.

Universidade de Brasília - UnB

Local: Faculdade de Estudos Sociais Aplicados, Campus Darcy Ribeiro/Unb, Brasília

Ano: 1972

Área: 73,65m²

Dimensão: 7,85 x 9,35m / pé direito = 2,85m

Dimensão janela: 9,35x2,85m. Nove janelas pivotantes verticais com dimensões: 0,95x1,10x0,95m.

Vista: impedida pelas dimensões do brise.

PAF: 60% + obstrução pelo brises

Formato da planta: retangular

Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos

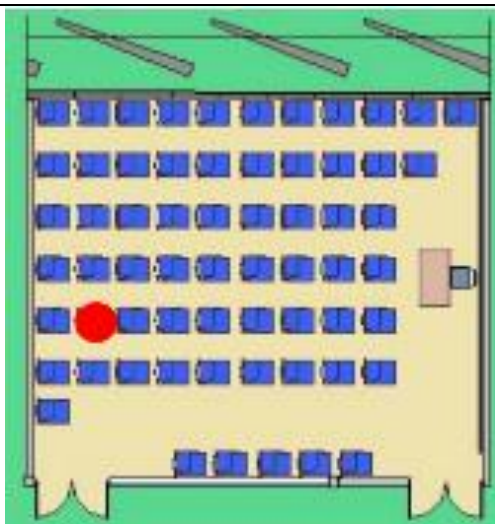
Dimensão janela: 9,35x2,85m. Nove janelas pivotantes verticais com dimensões: 0,95x1,10x0,95m.

Vista: impedida pelas dimensões do brise.

Acabamento:

- Piso: vinílico, 30x30cm, na cor bege.
- Parede: pintada na cor branco gelo. Régua fixa de proteção em madeira L= 0,10m h= 080cm
- Teto: laje revestida de tinta branca.
- Janela: pivotante vertical com vidro fixo. ferro pintado Cap. 3 – Metodologia de Pesquisa aplicado.
- Presença de grade de proteção no mesmo material.
- Cor dos revestimentos torna o ambiente monótono e com pouco contraste de planos.

Planta



Sala de aula



Esquadria interna



Brises externos



Local: Faculdade de Educação, campus Darcy Ribeiro/UnB - Brasília

Ano: 1963

Área: 85,99 m²

Dimensão: 7,50x11,40m/ pé direito = 3,00m

Dimensão janela: 7,40x0,70m. de tombar com eixo horizontal inferior. Janela apenas acima da porta.

Dimensão portas/painel: 0,90x2,10m. O vão de abertura é de 0,78m. Tipo de correr.

PAF: 90%

Formato da planta: retangular

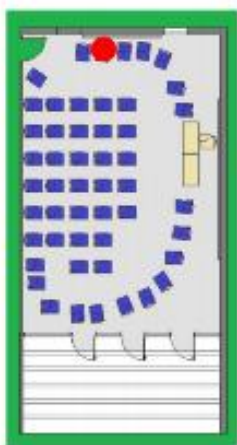
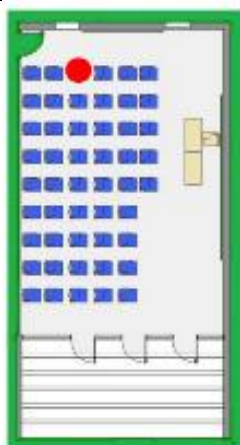
Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos

Acabamento:

- Piso: placas de mármore branco.
- Parede: alvenaria rebocada, pintada na cor branca. Régua fixa de proteção em madeira L= 0,10m h= 0,78m.
- Teto: laje revestida de tinta branca.
- Janela: ferro pintado na cor verde, fechamento em vidro translúcido. Algumas folhas contêm película fumê.
- Porta/Painel: ferro pintado na cor verde, fechamento em vidro translúcido. Algumas folhas contêm película fumê
- Cor dos revestimentos torna o ambiente monótono e com pouco contraste de planos.

Planta com 2 tipos de layout de cadeiras

Sala de aula



Porta/painel

Sala de aula



Fonte: Guidalli, 2012.

Universidade Federal de Minas Gerais

Local: Instituto de Ciências Exatas, Ed. do Centro de Atividades Didáticas de Ciências Exatas, campus Pampulha/ UFMG, Belo Horizonte.

Ano: 2018

Área: 96,87m²

Dimensão: 11,35 x 8,46m / pé direito = 3,00m / peitoril = 1,10m

Janela: 1,90 do chão. Tipo de correr, 1.45m, e tipo bascular na parte superior 0,45.

PAF: 60%

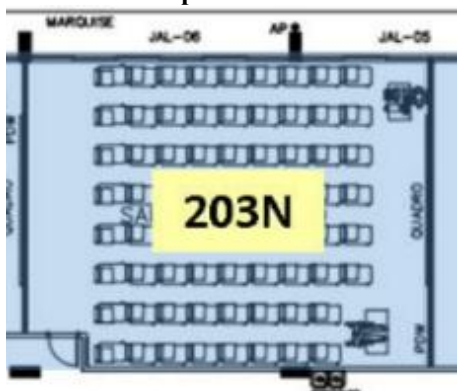
Formato da planta: retangular

Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos

Acabamento:

- Piso: tipo marmorite na cor cinza claro.
- Parede: tinta acrílica, acabamento semibrilho, na cor branco neve
- Teto: tinta látex acrílica, acabamento fosco, na cor branco neve
- Janela: estrutura metálica com vidro incolor (originalmente) com 6 mm de espessura.

Planta– pav.2 Bl.1/CAD 3



Vista lateral, janelas com folhas fechadas



Sala de Aula de frente



Vista frontal, janelas com folhas fechadas



Fonte: Monteiro, 2023

Universidade de Juiz de Fora - UFJR

Local: Faculdade de Medicina, Av. Eugênio do Nascimento, s/nº - Dom Bosco/UFJR - Juiz de Fora

Ano: 2013

Área: aproximadamente 30m² (sala tipo 1) e 92m² (sala tipo 2)

Dimensão (sala tipo 1): aproximadamente 6,80 x 4,40m / pé direito = 3,00m / peitoril = 1,10m

PAF: 35%

Dimensão (sala tipo 2): aproximadamente 11,50 x 8,00m / pé direito = 3,00m / peitoril = 1,10m

PAF: 35%

Dimensão janela (sala tipo 1): aproximadamente 4,40 x 1,10, incluindo janela de 0,80cm com veneziana

Dimensão janela (sala tipo 2): aproximadamente 8,00 x 1,10, incluindo janela de 0,80cm com veneziana

Formato da planta: retangular

Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos

Acabamento:

Piso: cerâmica branca

Parede: tinta acrílica, acabamento semibrilho, na cor branco neve

Teto: forro com tinta látex, acabamento fosco, na cor branco neve

Janela: estrutura metálica em alumínio branco com vidro incolor e película

Sala de aula tipo 1



Sala de aula tipo 1



Sala de aula tipo 2



Sala de aula tipo 2



Fonte: UFFJ (2023, 2025).

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Área: 57,28m²

Dimensão: (5,70+7,30)/2x8,800m - P.D. = 3,00m. Peitoril: 0,45m.

Dimensão janela: 4 janelas máximo ar de 0,97x1,10m

PAF: 45%

Formato da planta: trapezoidal

Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos

Acabamento:

- Piso: Tecnogran na cor branca.
- Parede: alvenaria rebocada, pintada na cor branca.
- Parede divisória em Eucatex na cor branca.
- Teto: laje revestida de tinta branca. Cor dos revestimentos torna o ambiente monocromático e sem contraste de planos.
- Janela: ferro esmaltado branco com vidro incolor.

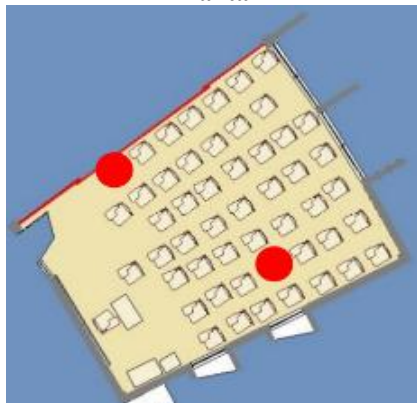
Sala de Aula - frontal



Sala de aula - fundo com vista da esquadria



Planta



Esquadria



Área: 76,21m²

Dimensão: (7,05x10,80m) - P.D. = 2,75m. Peitoril: 1,20m.

Dimensão janela: 3 janelas de 3,40x1,50m. Tipo de correr.

PAF: 50%

Formato da planta: retangular

Layout: tipo tradicional, professor a frente dos alunos

Acabamento

- Piso: cimentado pintado na cor creme.
- Parede: tijolo aparente, pintada na cor palha.
- Pintura sem manutenção.
- Teto: laje revestida de tinta na cor branca.
- Cores dos revestimentos semelhantes, o ambiente apresenta pouco contraste de planos
- Material das janelas: alumínio natural, fechamento em vidro translúcido.

Sala de aula vista lateral



Sala de aula



Planta



Esquadria



Fonte: Guidalli, 2012.

Considerando que uma universidade federal pode possuir diversos campi e edificações com características arquitetônicas distintas, como já visto no capítulo anterior (2.4.2 Universidades), optou-se por uma análise de caráter qualitativo, baseada na observação geral de suas características predominantes.

De forma geral, as seguintes características foram identificadas nas salas de aula do ensino superior no contexto brasileiro:

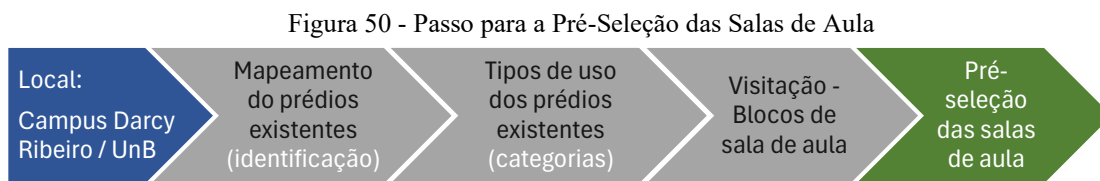
- Plantas com configuração predominantemente retangular;

- Disposição dos alunos voltada para o professor, adotando o modelo tradicional de ensino;
- Utilização de superfícies de **alta refletância nas paredes** ($\rho = 70\text{--}80\%$) e no **teto** ($\rho = 80\text{--}90\%$), conforme recomendado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, geralmente associadas ao uso de cores claras;
- Pisos com **refletância baixa a média** ($\rho = 20\text{--}40\%$), também de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, apresentando, nas salas mais recentes, predominância de tonalidades *off-white* (variações próximas ao branco) e, nas salas construídas antes dos anos 2000, tons de cinza ou bege, além do uso de madeira.

Esta compilação de dados colaborou na seleção da sala de aula.

3.2.2.3 Pré-seleção da sala de aula

A pré-seleção foi realizada na Universidade Federal da Capital Brasília, no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília (UnB), instituição de ensino superior de referência no Distrito Federal (Alberto, 2008; Andrade; Gravia; Alves, 2023; Dias, 2017b; Mahler, 2015; Pinto; Buffa, 2009), além de oferecer fácil acesso para a execução da pesquisa. A Figura 50 apresenta os passos seguidos durante o processo de pré-seleção da sala de aula.



Fonte: Autora

Conforme já apresentado no subcapítulo 2.4.3 Universidade de Brasília, recentemente foi realizado um mapeamento dos prédios existentes (Silva, 2023), no qual foram identificados os tipos de uso (categorias). Entre essas edificações, 34 possuem a sigla BSA (Bloco de Salas de Aula), categoria de interesse para esta tese, e, por isso, foram selecionadas para a visitação *in loco*.

Antes da visita *in loco* nas 34 edificações, foram determinados critérios iniciais para filtrar as opções com maior potencial para esta tese. Os critérios abaixo estão por ordem de prioridade:

- a) **Estar situada no Campus Darcy Ribeiro da UnB;**
- b) **Possuir janela em apenas uma fachada (parede), sem obstruções:** a presença de apenas uma fachada com entrada de luz no ambiente facilitará a identificação e avaliação mais precisa do impacto da abertura (e/ou janela) nos efeitos não visuais da luz no ambiente.
- c) **Profundidade da sala:** baseado nas referências de estudos de caso (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Saiedlue et al., 2019; Pierson et al., 2021), a distância da abertura (e/ou janela) até a parede oposta não deve ser menor que 5 metros (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Cai et al., 2018; Yao et al., 2020; Xu; Gao; Wu, 2025). Ou seja, pelo menos 5 metros para analisar o comportamento dos efeitos não visuais conforme o distanciamento do acesso da iluminação natural na sala de aula.
- d) **Vista externa:** deve possuir vista externa com distância mínima de 6,00 metros sem obstrução visual — incluindo ao menos a camada de paisagem (antrópica ou natural), conforme estabelecido pela NBR 15215-3:2024 (ABNT, 2024). Embora a análise da vista externa não seja o foco central desta tese, a definição dessa distância está relacionada ao ideal de que não haja interferência de obstruções no entorno da janela, como elementos que possam sombrear ou refletir luz excessiva para o interior da sala, evitando assim distorções nos resultados da análise.

A possibilidade de conexão visual com o exterior fornece informações sobre o ambiente imediato, favorecendo o arrastamento circadiano (Mohamed et al., 2023; Thayer, 2020). Isso significa que o usuário consegue perceber variações temporais ao longo do dia, bem como as condições climáticas. Além disso, a presença de vista externa é reconhecida como um aspecto positivo para a qualidade ambiental das salas de aula, contribuindo para reduzir a fadiga decorrente da permanência prolongada em ambientes internos (Bernardi; Kowaltowski, 2016; CEN, 2018; Fernandes, 2016; Kowaltowski, 2011).

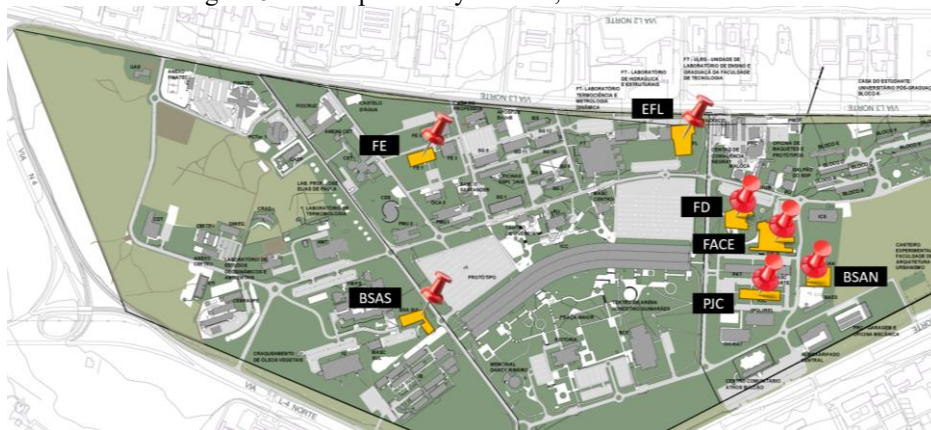
Após a definição dos locais e dos critérios, o passo seguinte foi o mapeamento dos prédios existentes (identificação). Para isso, utilizou-se o mapeamento mais recente das edificações (INFRA - UnB, 2022). Esse documento integra os trabalhos desenvolvidos no âmbito do Plano Diretor da UnB (Silva, 2023). Ao todo, foram identificadas 93 edificações.

Nessa tese, o foco está no ambiente das salas de aula. Portanto, com o auxílio do relatório (Silva, 2023), foi possível identificar os **tipos de uso dos prédios existentes** (categorias). O objetivo era determinar onde encontrar todos os tipos de sala de aula para verificar quais melhor atendem os critérios estabelecidos, visto que existem diversas

edificações de outras categorias, como: administração, laboratório, hospitalar, laboratórios, residencial e outros. Desta orna, iniciou-se o passo seguinte: **visitação - blocos de sala de aula**. Foram **pré-selecionadas as salas de aula**, totalizando sete salas de aula localizadas nos seguintes edifícios (Figura 51):

PJC - Pavilhão João Calmon; FD - Faculdade de Direito; FE 1 - Faculdade de Educação; FACE - Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia; BSAS - Bloco de Salas de Aula Sul; EFL - Departamento de Engenharia Florestal; BSAN - Bloco de Salas de Aula Norte.

Figura 51 - Campus Darcy Ribeiro, UnB/Brasília - DF



Fonte: <https://ceplan.unb.br/wp-content/uploads/2025/01/Base-cartografica-do-Campus-Universitario-Darcy-Ribeiro-2022.png>, adaptado pela autora.

As fichas técnicas das salas de aula estão no APÊNDICE D: FICHA TÉCNICA das salas pré-selecionadas.

3.2.3 4ª Etapa: critérios e resultado para a escolha da sala de aula

Nessa etapa, delimitam-se os critérios de seleção da sala de aula entre as pré-selecionadas, cujo resultado estabelece o ambiente que constitui o objeto de estudo desta tese. O processo incluiu a aplicação de parâmetros técnicos e normativos para assegurar que a escolha final atendesse aos objetivos metodológicos propostos.

3.2.3.1 Critérios

Embora as salas de aula com janelas laterais ao aluno sejam consideradas ideais para o ensino no que se refere aos efeitos visuais (Bernardi; Kowaltowski, 2016b; CIBSE, 2011;

Kowaltowski, 2011b; Tregenza; Wilson, 2011), nesse estudo também foi pré-selecionada uma sala cujo layout original posiciona os alunos orientados para o lado oposto à janela. Esse layout não comprometeu a investigação desenvolvida nessa tese, pois o método adotado (subcapítulo 3.2.4.4) contempla quatro diferentes orientações do observador; portanto, o layout original da sala foi irrelevante nessa etapa do estudo.

A sala de aula deve apresentar características típicas do ensino superior no contexto brasileiro, mas, simultaneamente, incorporar atributos que melhor possibilitem a avaliação dos efeitos não visuais da luz, em consonância com os critérios estabelecidos na revisão sistemática da literatura (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Saiedlue et al., 2019; Pierson et al., 2021). As salas pré-selecionadas foram analisadas considerando:

- **Qualidade dos efeitos visuais**⁴ – atendimento das métricas Iluminância Útil da Iluminação Natural (UDI), Iluminância-alvo - Autonomia Espacial da Luz (sDA), Exposição Anual à luz solar direta (ASE) e Probabilidade de ofuscamento pela luz natural (DGP) (CHPS, 2022; NBR 15.215/2024; IES, 2023).
- **Profundidade da sala** – distância da janela até a parede oposta. Baseado nas referências de estudos de caso (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Saiedlue et al., 2019; Pierson et al., 2021).
- **Localização na edificação** – ser a partir do segundo pavimento é uma vantagem por diminuir a influência do solo (refletância e espectro da luz refletida - cor) (Altenberg Vaz; Inanici, 2021e; Pierson et al., 2021).

Para a escolha da sala de aula, foi utilizado um método de tomada de decisão multicritério que permite a decomposição de um problema em um sistema de hierarquias, reduzindo decisões a uma série de comparações pareadas e, em seguida, sintetizando os resultados. Quanto maior o peso, mais importante é o critério correspondente, e é possível criar uma classificação entre os critérios analisados (Leccese et al., 2020).

Para a avaliação dos efeitos visuais, foi feita uma simulação computacional. Os softwares escolhidos foram: Rhinoceros 3D, versão 7 (Rhino, 2023), para a modelagem virtual 3D, e, para avaliação da iluminação natural na sala de aula, foi utilizado o ClimateStudio, versão 1.9 (Solemma, 2023a)⁵.

A pontuação adotada varia de **1 a 3 pontos**, conforme a seguinte classificação:

- **3 pontos** – desempenho ótimo;

⁴ As métricas mencionadas neste subcapítulo foram traduzidas para o português, mas suas siglas permanecerão em inglês para facilitar a interpretação dos dados, visto que são internacionalmente reconhecidas.

⁵ A justificativa do uso dos softwares estará na 5ª Etapa, subcapítulo 3.2.5.

- **2 pontos** – desempenho bom;
- **1 ponto** – desempenho mínimo aceitável.

Entretanto, há a possibilidade de exclusão da sala pré-selecionada caso não atinja o mínimo aceitável nos parâmetros de *UDI* (*Useful Daylight Illuminance*) e *sDA* (*Spatial Daylight Autonomy*). Os critérios adotados para avaliação da qualidade dos efeitos visuais estão detalhados na Tabela 13, que integra normas técnicas e diretrizes específicas.

Como se trata de uma análise multicritério, o objetivo foi hierarquizar as salas — da melhor à pior — com base em pontuações atribuídas a cada parâmetro. Alguns critérios, como *UDI* e *sDA*, foram associados a múltiplas referências normativas para aprimorar a robustez da avaliação. Por exemplo:

- A norma brasileira (ABNT) exige que o *UDI* ultrapasse 50% da área do ambiente;
- A diretriz CHPS, específica para salas de aula, estabelece um requisito mais rigoroso: $UDI \geq 75\%$ para garantir qualidade lumínica adequada.

As referências permitiram estabelecer uma diferenciação na pontuação, refinando a análise dos efeitos visuais e alinhando-a às melhores práticas internacionais (Tabela 13).

Tabela 13 - Parâmetros para Análise Efeitos Visuais

	Métrica	Parâmetros	Subníveis	Pontuação	Referência
Efeitos Visuais	UDI Iluminância Útil da Iluminação Natural	300 < iluminância útil para o usuário > 3000lx por pelo menos 50 % do tempo, durante o horário de ocupação.	100%	3 pontos	CHPS,2022; NBR 15.215/2024; LM 83:23
			$75\% \leq UDI < 100\%$	2 pontos	
			$50\% \leq UDI < 75\%$	1 ponto	
			$UDI < 50\%$	A sala deverá ser excluída do estudo.	
	¹ sDA Iluminância-alvo Autonomia Espacial da Luz	300lx para 40% da área para 50% de horas com luz natural.	100%	3 pontos	LM 83:23 NBR 15.215/2024; CHPS,2022;
			$75\% \leq sDA < 100\%$	2 pontos	
			$40\% \leq sDA < 75\%$	1 ponto	
			$sDA < 40\%$	A sala deverá ser excluída do estudo.	
	ASE Exposição Anual à luz solar direta	Menos que 10% da área da sala	0%	3 pontos	NBR 15.215/2024
			$0\% < ASE \leq 10\%$	2 pontos	
			$ASE > 10\%$	1 ponto	
	DGP Probabilidade de ofuscamento pela luz natural	DGPe excedida < 5 % o espaço ocupado não exceda um valor de 0,45 em mais de 5 % do tempo de ocupação dos ambientes pertinentes 1,20m acima do piso.	0% do tempo	3 pontos	NBR 15.215/2024
			0% a 4% do tempo	2 pontos	
			> 5% do tempo	A sala deverá ser excluída do estudo.	

¹ A NBR 15.215-3/2024 considera como nível 1, para ambientes não residenciais a iluminância-alvo de 250lux com iluminação natural em 40% da área em 50% do tempo de ocupação. Porém, nessa tese, foi adotado 300lux, conforme norma europeia LM 83:23 que prevê $sDA_{300,50\%}$. Esta norma internacional é mais rígida e se relaciona com ambiente de sala de aula no CHPS, 2022.

Fonte: autora.

Quanto à profundidade da sala, a análise considerou estudos de referência que avaliaram efeitos não visuais em salas profundas, como aquelas com 22,5m de distância em relação à janela e 14m de largura (Saiedlue et al., 2019) e 21,3m de distância em relação à janela e 12,2m de largura (Altenberg Vaz; Inanici, 2021). Em ambos os casos, foram consideradas salas com planta retangular (layout tradicional).

Após a simulação no ClimateStudio para avaliação dos efeitos visuais e aplicação dos critérios de análise, considerando que todas as salas atendem à qualidade mínima exigida para os efeitos visuais, 7 salas de aula foram avaliadas. A pontuação foi atribuída de forma decrescente, com base na distância da janela até a parede oposta: a sala com a maior distância recebeu +7 pontos, e a sala com a menor distância, +1 ponto.

A última etapa de avaliação refere-se à localização da sala na edificação. É desejável que a sala de aula não esteja situada no térreo, uma vez que se busca um ambiente com a menor interferência possível do entorno externo (obstruções), visando futuras medições *in loco*. Por esse motivo, foram atribuídos +1 ponto adicional às salas localizadas em pavimentos superiores. A Tabela 14, a seguir, foi usada para a obtenção dos pontos finais.

Tabela 14 - Pontuação final das salas de aula

Critérios para escolha da Sala de Aula							
Sala	Largura x comprimento	Pé direito	Distância da janela até a parede oposta	Atribuição de pontos pela distância da janela à parede oposta.	Adicional para salas não localizadas no térreo (+1 pt)	Pontos Parciais (efeitos visuais)	Pontos Finais
a				+ 7			
b				+ 6			
c				+ 5			
d				+ 4			
e				+ 3			
f				+ 2			
g				+ 1			

Fonte: autora

Em caso de empate, adotou-se como critério de desempate a maior profundidade da sala, alinhando-se aos estudos de referência (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Saiedlue et al., 2019). Embora um bom desempenho nos efeitos visuais seja um indicador positivo, optou-se por não o utilizar como critério de desempate, uma vez que salas menores podem alcançá-lo mais facilmente, mascarando potenciais limitações em ambientes mais amplos. Para os objetivos

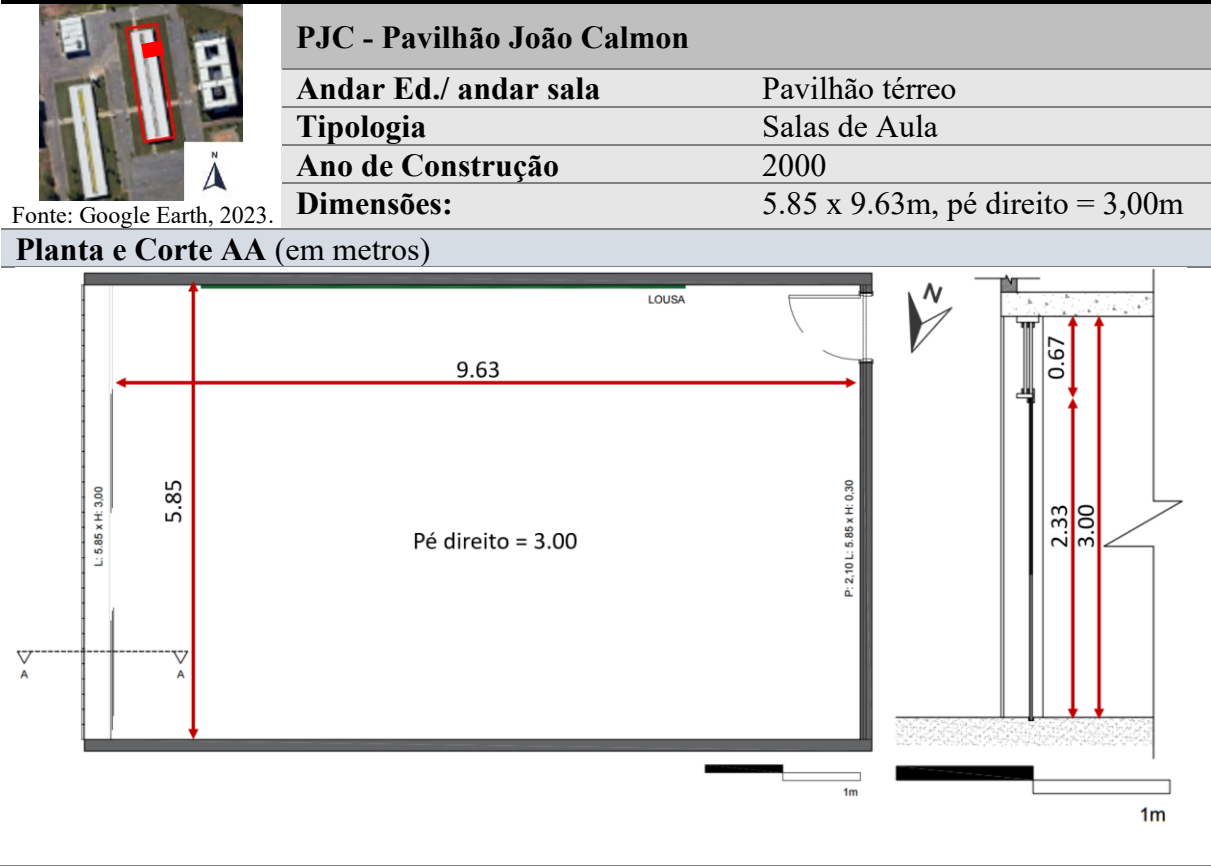
desta tese, a profundidade da sala configura-se como um parâmetro prioritário, pois permite avaliar como os efeitos não visuais variam em função da distância da janela, oferecendo insights sobre a eficácia lumínica em diferentes escalas espaciais.

Caso nenhuma das salas pré-selecionadas atendesse aos critérios estabelecidos na Tabela 13, seria iniciado um novo procedimento de seleção no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília (UnB). Em última instância, a ampliação do escopo da busca para outras instituições de ensino superior em Brasília seria considerada, garantindo assim a adequação metodológica aos parâmetros definidos.


3.2.3.2 Resultado – seleção da sala

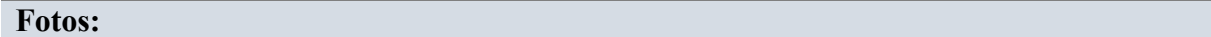
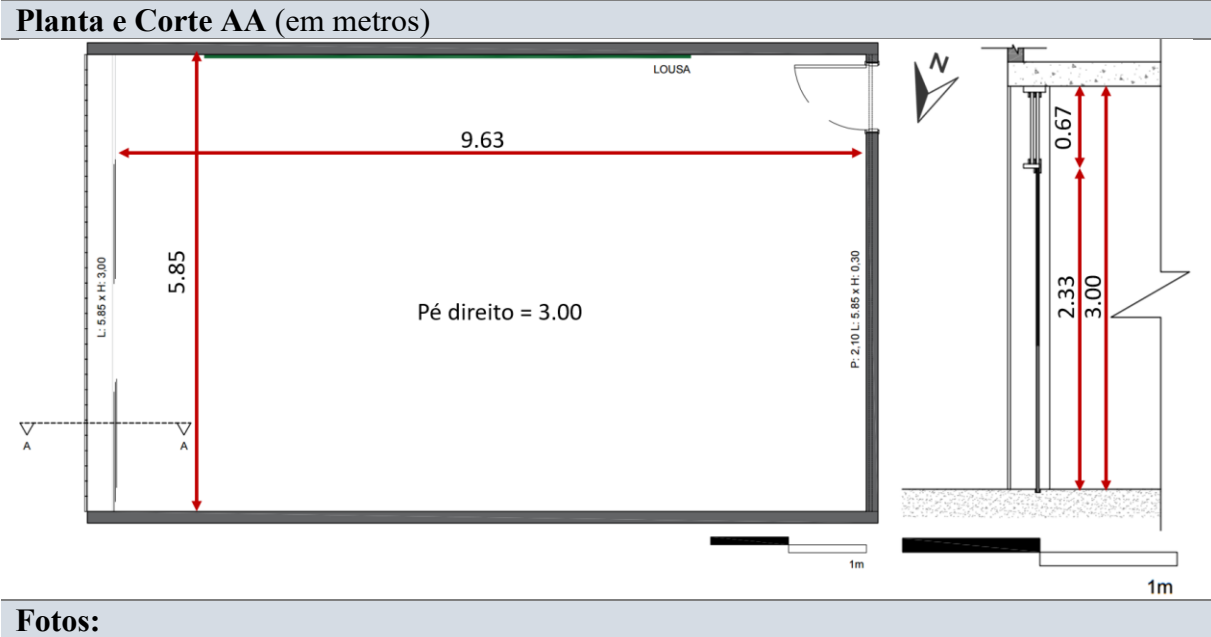
As salas pré-selecionadas foram: PJC - Pavilhão João Calmon; FD - Faculdade de Direito; FE 5 - Faculdade de Educação; FACE - Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia; BSAS - Bloco de Salas de Aula Sul; EFL - Departamento de Engenharia Florestal; BSAN - Bloco de Salas de Aula Norte (ver APÊNDICE D: FICHA TÉCNICA das salas pré-selecionadas) (Tabela 15).

Tabela 15 - Salas pré-selecionadas





 Fonte: Google Earth, 2023.	FD - Faculdade de Direito	
	Andar Ed./ andar sala	2 andares / 2º andar
	Tipologia	Salas de Aula e Administração
	Ano de Construção	1982
	Dimensões	6.19 x 5.67m, pé direito = 3.00m





Fonte: Google Street, 2023

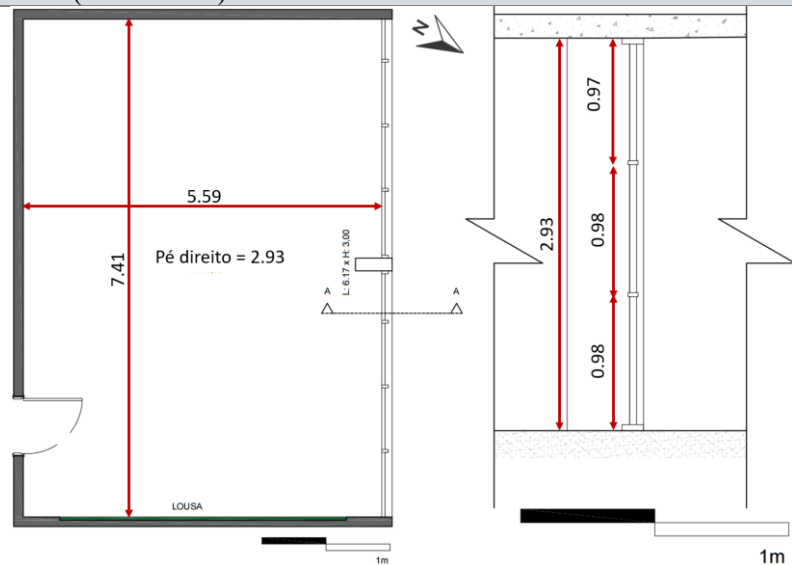


Fonte: Google Earth, 2023.

FE 1 – Faculdade de Educação

Andar Ed./ andar sala	Edifício térreo
Tipologia	Salas de Aula e Administração
Ano de Construção	1962
Dimensões	7.41 x 5.59m, pé direito = 2.79m

Planta e Corte AA (em metros)




Fotos:



Fonte: <http://arquivo.fe.unb.br/>, acesso em 04 fev 2023.

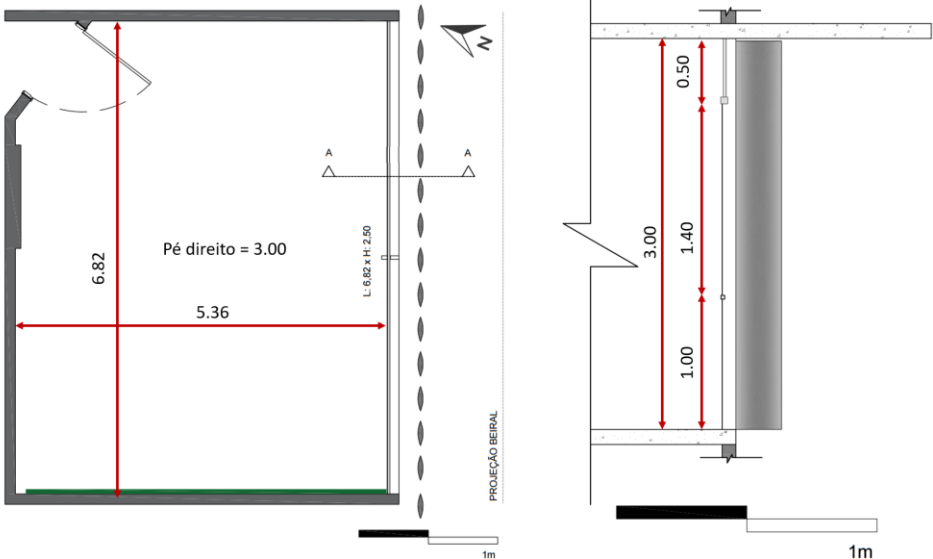




	FACE - Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia	
	Andar Ed./ andar sala	2 andares / 2º andar
	Tipologia	Salas de Aula e Administração
	Ano de Construção	1994
	Dimensões	5.36 x 6.82m, pé direito = 3.00m

Fonte: Google Earth, 2023.


Planta e Corte AA (em metros)



Fotos:

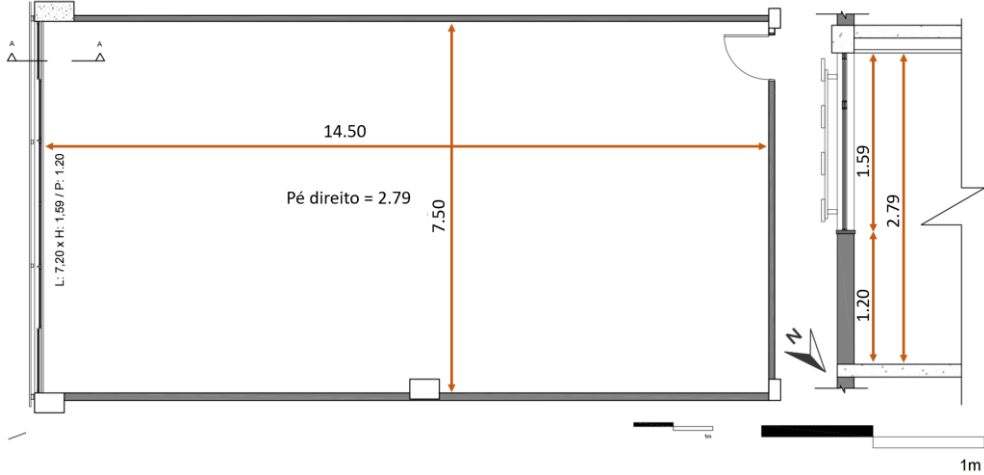




	BSAS – Bloco de Salas de Aula Sul	
	Andar Ed./ andar sala	2 andares / sala 2º andar
	Tipologia	Salas de Aula
	Ano de Construção	2011
	Dimensões	7.50x14.50m, pé direito = 2.79m

Fonte: Google Earth, 2023.

Planta e Corte AA (em metros)



Fotos:



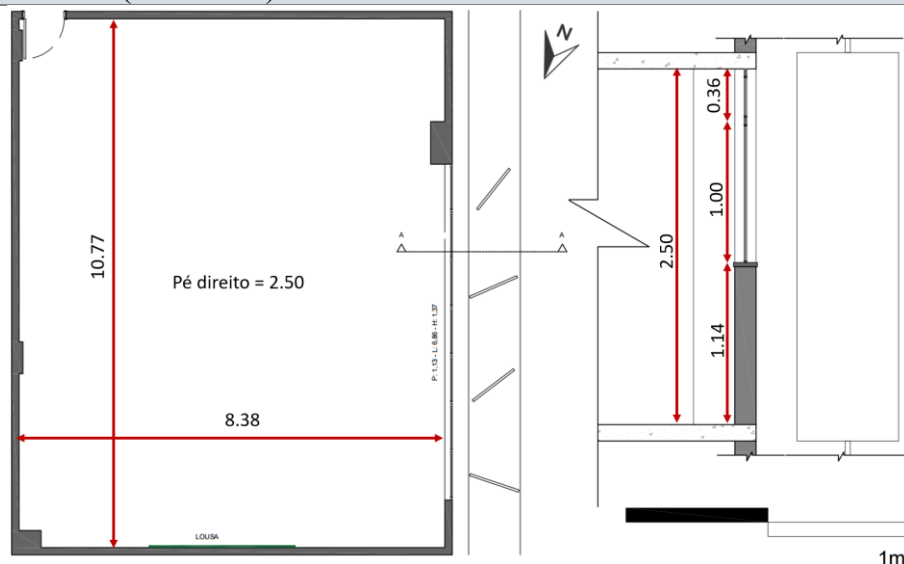


EFL – Departamento de Engenharia Florestal

Andar Ed./ andar sala	2 andares / sala 2º andar
Tipologia	Salas de Aula, Adm. e Lab.
Ano de Construção	2019
Dimensões	8,38 x 10,77, pé direito = 2.50m

Fonte: Google Earth, 2023.

Planta e Corte AA (em metros)



Fotos:

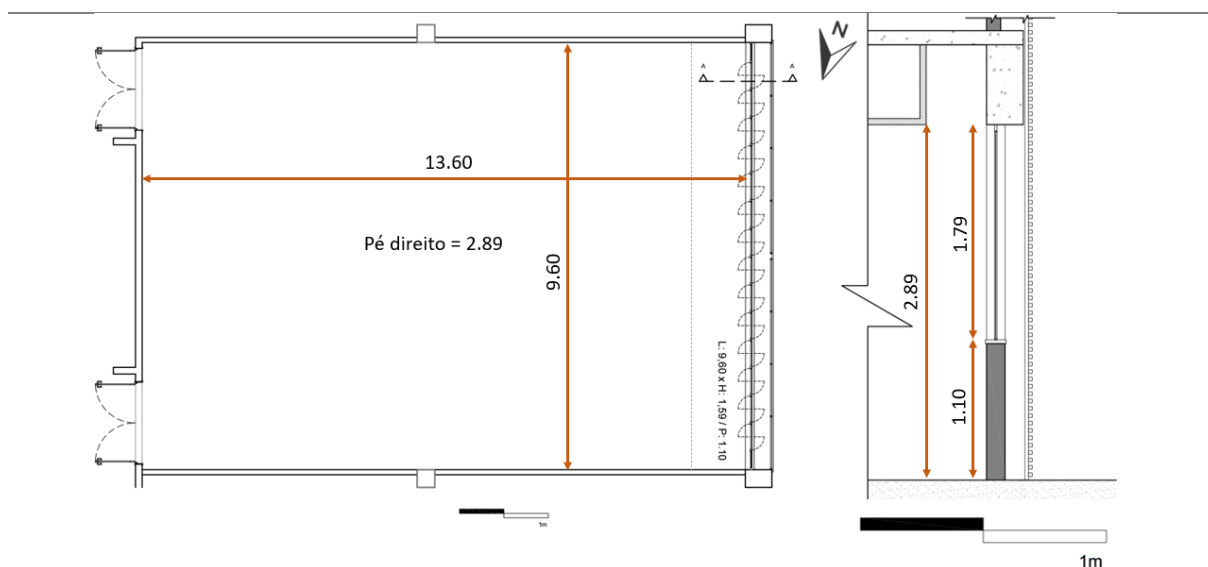


BSAN – Bloco de Salas de Aula Norte

Andar Ed./ andar sala	2 andares / sala térrea
Tipologia	Salas de Aula
Ano de Construção	2015
Dimensões	9,60 x 13,60, pé direito = 2.89m

Fonte: Google Earth, 2023.

Planta e Corte AA (em metros)



Fotos:



Fonte: autora.

Para as simulações, foi considerada a orientação original da sala de aula e foram aplicados os materiais similares aos existentes, ou seja, foram inseridos os que mais se aproximavam dentro do banco de dados do ClimateStudio. Inicialmente, foram analisadas as qualidades dos efeitos visuais, atribuindo-se subníveis para criar pontuações e avaliar os resultados conforme Tabela 13 já apresentada.

A Tabela 16 a seguir apresenta os resultados do desempenho de cada sala de aula pré-selecionada, obtidos por meio de simulações realizadas no ClimateStudio.

Tabela 16 - Resultado da simulação no ClimateStudio (Efeitos visuais)

ClimateStudio – Efeitos visuais					
Sala	UDI	sDA	ASE	% do tempo de DGP > 0,45 no ano	Soma dos pontos
BSAN	71.0%	81,8%	0%	0% do tempo de DGP > 0,45 no ano	1+2+3+3 = 9
BSAS	65.8%	78,5%	0%	0% do tempo de DGP > 0,45 no ano	1+2+3+3 = 9
EFL	70.6%	87.4%	0%	0% do tempo de DGP > 0,45 no ano	1+2+3+3 = 9
FACE	90.1%	100%	1%	2% do tempo de DGP > 0,45 no ano	2+3+2+2= 9
FD	39.7%	42.2%	0%	0% do tempo de DGP > 0,45 no ano	Foi excluída
FE	65.5%	99.1%	1,7%	12% do tempo de DGP > 0,45 no ano	Foi excluída
PJC	77.4%	100%	0%	6% do tempo de DGP > 0,45 no ano	Foi excluída

Fonte: autora.

Após a simulação no ClimateStudio para avaliação dos efeitos visuais e aplicação dos critérios de análise, 4 salas de aula avançaram para as etapas de avaliação da profundidade e da localização na edificação. A pontuação foi atribuída de forma decrescente, com base na distância da janela até a parede oposta: a sala com a maior distância recebeu 4 pontos, e a sala com a menor distância, 1 ponto. Adicionalmente, foram atribuídos +1 ponto às salas localizadas em pavimentos superiores, conforme critério previamente estabelecido para minimizar interferências externas (Tabela 17).

Tabela 17 - Profundidade e Localização

Profundidade e Localização da Sala de Aula							
Sala	Largura x comprimento	Pé direito	Distância da janela até a parede oposta	Atribuição de pontos pela distância da janela à parede oposta.	Adicional para salas não localizadas no térreo (+1 pt)	Pontos Parciais (efeitos visuais)	Pontos Finais
BSAS	7,50 x 14,50	2,79	14,50	+ 4	+ 1	9	14
BSAN*	9,60 x 13,60	2,89	13,60	+ 3	(térreo)	9	12
EFL	8,38 x 10,77	2,5	8,38	+ 2	+ 1	9	12
FACE	5,36 x 6,82	3,00	5,36	+ 1	+ 1	9	11

*O BSAN possui salas localizadas em pavimentos superiores, mas a única sala disponível para futuras medições *in loco* está situada no térreo. Essa sala se destaca por ser a única que não possui película azul nos vidros, conforme demonstrado no APÊNDICE D: FICHA TÉCNICA das salas pré-selecionadas.

Fonte: Autora.

Baseando-se nas pontuações somadas dos efeitos visuais, profundidade e localização da sala, a sala do Bloco de Salas de Aula Sul (BSAS) obteve a maior pontuação, sendo, portanto, selecionada como objeto de estudo desta tese.

A sala de aula selecionada localiza-se no segundo pavimento do Bloco de Salas de Aula Sul (BSAS) e possui dimensões de 7,50 m de largura por 14,50 m de profundidade, com pé-direito de 2,79 m. O edifício BSAS é composto por térreo e dois pavimentos superiores. A sala em questão conta com chapas metálicas perfuradas instaladas horizontalmente como dispositivo de sombreamento.

3.2.4 5ª Etapa: procedimentos para a simulação

Nessa etapa, definem-se as métricas a serem utilizadas, os softwares necessários para a avaliação dos efeitos visuais e não visuais da luz e os critérios de avaliação para as simulações.

3.2.4.1 Critérios – métricas e seus parâmetros de avaliação

As métricas mencionadas neste subcapítulo foram traduzidas para o português, mas suas siglas permanecerão em inglês para facilitar a interpretação dos dados, visto que são internacionalmente reconhecidas.

a) Métricas para efeitos visuais;

As métricas para os efeitos visuais serão a Iluminância-alvo – Autonomia Espacial da Luz – sDA (*Spatial Daylight Autonomy*), Iluminância Útil da Iluminação Natural – UDI (*Useful Daylight Illuminances*), Exposição Anual à Luz Solar – ASE (*Annual Sunlight Exposure*) e Probabilidade de Ofuscamento à Luz do Dia – DGP (*Daylight Glare Probability*) (ABNT, 2023b). A escolha se deu por atender às necessidades de avaliação para esta tese quanto aos efeitos visuais da luz e por estar presente na norma brasileira 15.125/2024, especializada em projetos com iluminação natural.

A métrica sDA (equivalente à autonomia da luz do dia espacial, tradução NBR 15.515/2024) oferece uma boa perspectiva sobre a quantidade e a distribuição da luz natural no ambiente, uma vez que a simulação computacional realiza uma análise anual. Nessa tese, foi adotada a referência da norma LM-83-23 (cuja versão inicial data de 2012), que estabelece 300 lux em 50% da área durante 50% das horas com luz natural.

Essa escolha ocorreu porque a primeira fase das simulações foi concluída antes do lançamento oficial da norma brasileira em 2024. Como o valor simulado pela norma americana já era superior ao da norma brasileira, essa situação foi avaliada como positiva, visto que se observou grande facilidade em alcançar sDA acima de 50% da área, considerando o parâmetro base de 300 lux. Dessa forma, o estudo não foi prejudicado e, ao contrário, favoreceu a qualidade dos efeitos visuais na sala de aula analisada.

A métrica UDI foi complementando os dados obtidos com a sDA ao delimitar a quantidade de iluminância útil necessária para a qualidade visual do ambiente. Já a métrica Exposição Anual à Luz Solar – ASE (*Annual Sunlight Exposure*), embora considere apenas a insolação direta, também pode auxiliar na identificação de excessos de luz no ambiente, contribuindo para a análise de melhorias no objeto de estudo desta tese.

A métrica DPG é um indicativo do conforto visual, pois informa a probabilidade de ofuscamento no ambiente. Portanto, o ofuscamento deve ser evitado para que a quantidade de luz necessária para o ritmo circadiano não seja prejudicada pelo bloqueio excessivo.

b) Métricas para efeitos não visuais;

As **métricas dos efeitos não visuais**, ou **variáveis dependentes**, que foram utilizadas neste estudo incluem o EML e Mel-EDI. A EML é amplamente reconhecida (Bellia et al., 2023a), mas a Mel-EDI, por ser a métrica adotada pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE, 2018a), é considerada mais adequada para a avaliação dos efeitos não visuais da luz, conforme apontado por pesquisadores (Bellia et al., 2023a; Brown et al., 2022). O uso dessas duas métricas nessa tese se justifica pela inexistência, até o momento, de uma versão do ALFA⁶, software usado para a simulação dos efeitos não visuais da luz (Solemma, 2023c), capaz de simular ambientes com a métrica mais recente, como a Mel-EDI. No entanto, para os resultados finais, os dados obtidos em EML foram convertidos para Mel-EDI, visto que as duas métricas são baseadas no mesmo modelo de cálculo. O Mel-EDI é obtido multiplicando EML por 0,9058, conforme o método proposto por Lucas et al. (Lucas et al., 2014a). Da mesma forma, a razão melanópica/fotópica - M/P foi convertida para a razão de eficácia da luz do dia melanópica (Mel-DER), multiplicando por 0,9058, segundo o mesmo método. Outro dado que foi utilizado é a porcentagem de vistas acima da “dose diária” (Brown et al., 2022; Brown, 2020a), pois, desta forma, pode-se avaliar o quanto a sala atende, em porcentagem, a níveis adequados de Mel-EDI.

Quanto ao valor de referência em relação à métrica Mel-EDI, a “dose diária” (Brown et al., 2022; Brown, 2020a), foi usada a quantificação proposta pelo autor Brown (2020), $Mel-EDI \geq 250$. Como o ALFA se baseia na métrica EML, foi utilizada a calculadora CIE S 026 TOOLBOX (CIE, 2020) para a conversão da métrica, resultando em $EML = 275$ como referência. A Tabela 18 apresenta a compilação das métricas a serem utilizadas na tese

⁶ Justificativa do uso do software, supcapítulo 3.2.4.2.

Tabela 18 - Métricas, Parâmetros e Referência

	Métrica	Parâmetros	Referência
Efeitos Visuais	UDI Iluminância Útil da Iluminação Natural	300 < iluminância útil para o usuário > 3.000lx por pelo menos 50 % do tempo, durante o horário de ocupação.	NBR 15.215/2024; LM 83:23 EN 17037/2018
	1sDA Iluminância-alvo OU Autonomia Espacial da Luz	300lx para 50% da área para 50% de horas com luz natural.	LM 83:23 CHPS,2023
	ASE Exposição Anual à luz solar direta	Menos que 10% da área da sala	NBR 15.215/2024
	DGP Probabilidade de ofuscamento pela luz natural	DGPexcedida < 5 % do tempo. O espaço ocupado não exceda um valor de 0,45 em mais de 5 % do tempo de ocupação.	NBR 15.215/2024
Efeitos Não Visuais	EML Lux melanópico equivalente Mel-EDI Iluminância de luz do dia equivalente melanópica	≥ 275 EML, 1,20m (nível dos olhos) – 250 Mel-EDI – convertido na calculadora “Lucas Toolbox” ²	Brown et al. (2022); CIE (2018b); NBR 15.215/2024
	M/P Razão melanópica e fotópica	A conversão para Mel-DER ocorre multiplicando o M/P com 0,9058. Mínimo de 0,904 Mel-DER	
	Mel-DER Razão de eficácia da luz do dia melanópica		
	¹ A NBR 15.215-3/2024 considera como nível 1, para ambientes não residenciais a iluminância-alvo de 250lux com iluminação natural em 40% da área em 50% do tempo de ocupação. Porém, nessa tese, foi adotado 300lux, conforme norma europeia LM 83:23 que prevê sDA300,50% e a CHPS,2023, que aconselha 300lux em sala de aula primária e secundária. ² Site de acesso a calculadora “Lucas Toolbox”: https://lucasgroup.lab.manchester.ac.uk/measuringmelanopicilluminance/ .		

Fonte: Autora

Todos os parâmetros de avaliação das métricas utilizadas na Tabela 18 foram embasados pela revisão teórica realizada para essa tese.

A **porcentagem de vistas acima de determinado valor de Mel-EDI (% de vistas > 250 Mel-EDI)** é uma referência fornecida pelo programa ALFA. O resultado assemelha-se a uma “área” que atende aos critérios necessários para a consideração dos efeitos não visuais da luz. Embora não exista, até o momento, uma norma técnica que regule esse tipo de informação, ela serve neste estudo como referência para a análise.

3.2.4.2 Definição dos softwares para simulação computacional

Os softwares escolhidos para a simulação computacional foram: **Rhinoceros 3D**, versão 7 (RHINO, 2023), **ClimateStudio**, versão 1.9 (Solemma, 2023b) e **ALFA** (Solemma, 2023c).

A escolha do Rhinoceros 3D (Rhino, 2023) se deu pela versatilidade, pois é um software dedicado ao desenvolvimento de modelos 3D com possibilidade de integração entre plataformas BIM de modelagem, como o REVIT e ARCHICAD (Kirimtat et al., 2016). Além

disso, possui importantes plug-ins como o Grasshopper (Grasshopper 3D, 2023), que poderão ser utilizados em futuras pesquisas, além do ClimateStudio e ALFA.

O ClimateStudio (Solemma, 2023b) é um software para simulação dos efeitos visuais da luz que substituiu um antigo e consolidado programa de simulação de luz natural, o DIVA, que foi pioneiro no caminho para o desenvolvimento de programas computacionais de simulação de iluminação natural (Carvalho, 2021). Uma das funções de destaque do ClimateStudio é o recurso “annual glare” (ofuscamento anual), que realiza cálculos de brilho/ofuscamento ao longo do ano em um plano vertical, considerando áreas ocupadas. Esses cálculos são baseados na métrica *Daylight Glare Probability* (DGP), que representa a probabilidade de ocorrência de ofuscamento causado pela luz natural (tradução nossa). Desenvolvida por Wienold e Christoffersen, essa métrica foi incorporada ao ClimateStudio como referência para análises de conforto visual (ClimateStudio, 2023).

O software para simulação dos efeitos não visuais da luz, *Adaptive Lighting for Alertness* - ALFA (Solemma, 2023c), foi o mais citado na revisão sistemática de literatura (Aguilar-Carrasco; Acosta; Domínguez-Amarillo, 2023a; Altenberg Vaz; Inanici, 2021c; He; Yan; Cai, 2022a; Potočník; Košir, 2020a). O software Lark (Inanici; ZGF Architects, 2023), precursor do ALFA, utiliza apenas 3 canais de espectro, enquanto o ALFA usa 81, proporcionando iluminação espectral mais manipulável no modelo de simulação. Além disso, o Lark tem a limitação de assumir um Spectral Power Distribution (SPD) constante para todo o período de simulação, já o ALFA realiza a simulação com base na irradiância espectral do céu pré-computada (usando libRadtran) (Mayer et al., 2023). Outro software, OWL (Maskarenj; Deroisy; Altomonte, 2022c), possui apenas o recurso de analisar a luz direta, ou seja, ainda não leva em consideração a porcentagem de refletância dos materiais dentro do ambiente (Bellia et al., 2023a). As pesquisadoras Bellia et al. (2023) conduziram vários testes com o ALFA e obtiveram resultados satisfatórios, portanto, o ALFA é o software mais adequado para ser utilizado nessa tese (Bellia et al., 2023a).

Optou-se pela coleta de dados dos efeitos não visuais do tipo *point-in-time* — medições pontuais em condições específicas de céu, horário e época do ano (Amorim et al., 2021a). Apesar da existência de softwares como CircaLight e Luox, que simulam o ano inteiro, até o final da revisão sistemática não foram encontrados estudos de referência com essas ferramentas (Aguilar-Carrasco; Acosta; Domínguez-Amarillo, 2023a; Spitschan et al., 2021a, 2021b).

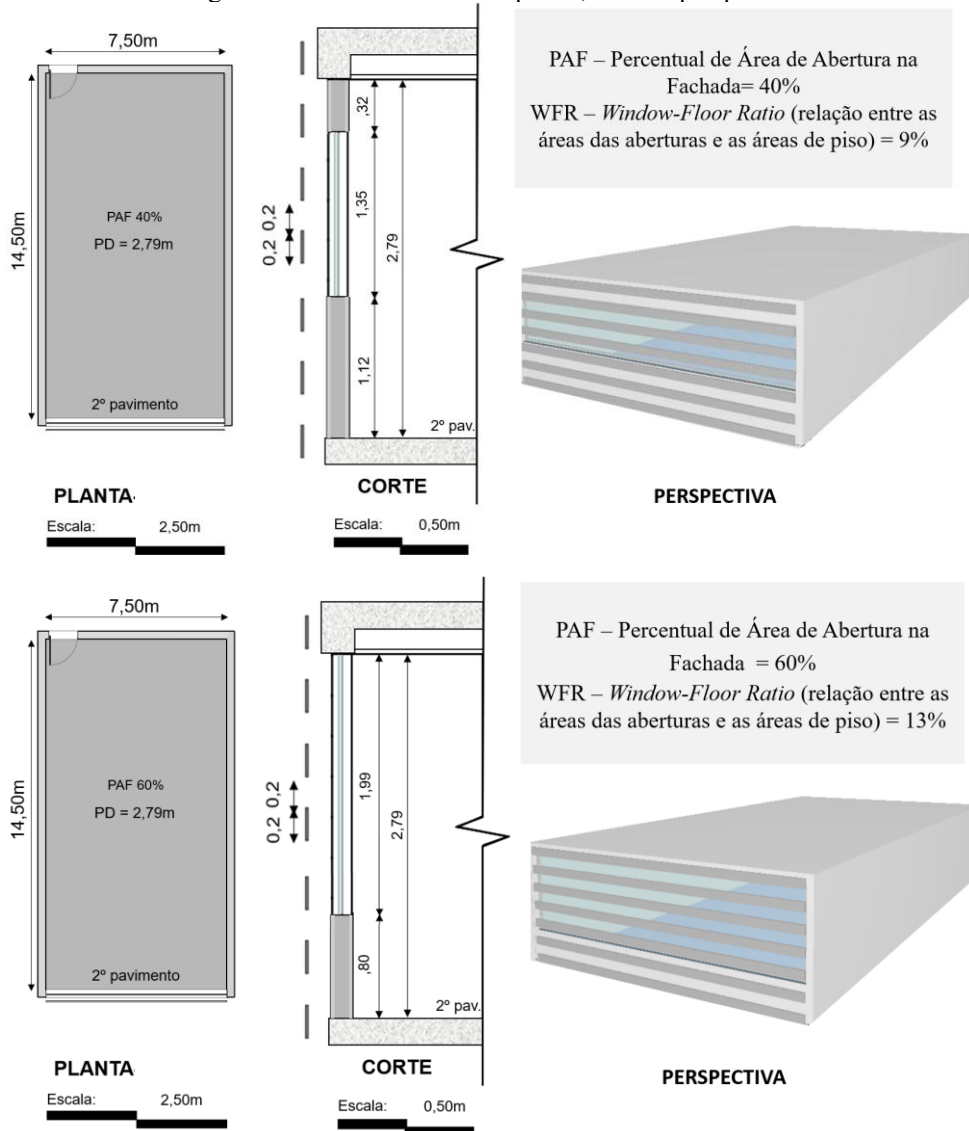
Resumo: a modelagem foi feita no Rhinoceros 3D, versão 7.0 (RHINO, 2023). O ClimateStudio, versão 1.9 (Solemma, 2023b), foi utilizado para simular os efeitos visuais da

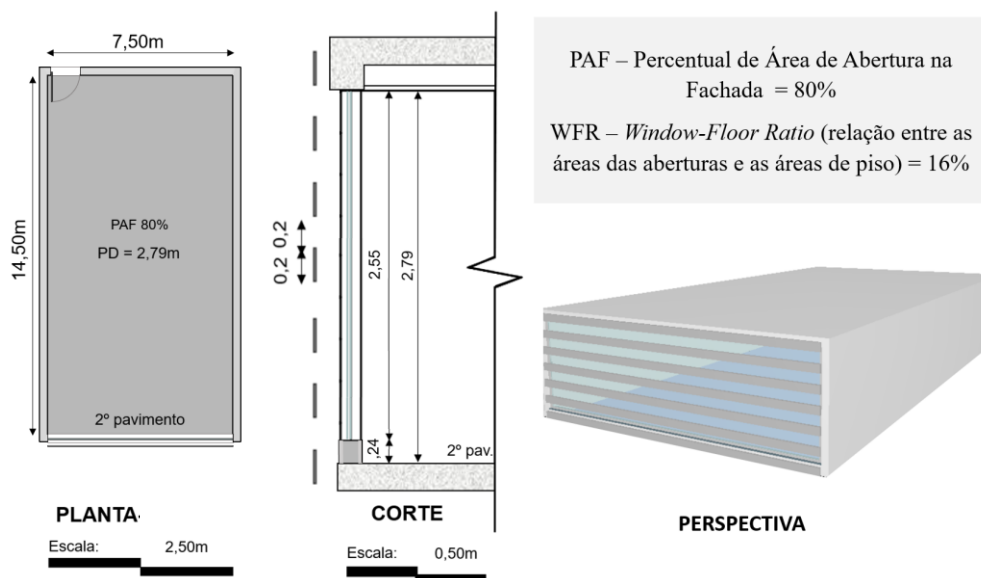
luz, enquanto o ALFA, versão 0.6.0.0 Profissional (Solemma, 2023c), analisou os efeitos não visuais da luz.

3.2.4.3 Configuração para simulação computacional

Para a realização das simulações, a sala de aula foi modelada no software Rhinoceros com base em três diferentes PAFs, resultando em três arquivos distintos, cada um correspondente a um PAF a ser analisado (Figura 52 – PAF 40/60/80% – planta, corte e perspectiva).

Figura 52 – PAF 40/60/80% – planta, corte e perspectiva





Fonte: Autora

As simulações usaram as métricas e referências apresentadas na Tabela 18 - Métricas, Parâmetros e Referência (ver no subcapítulo 3.2.4.1). Na Figura 53 apresenta-se exemplo de simulação no ClimateStudio e no ALFA da sala de aula.

Figura 53 - Exemplo da simulação computacional no ClimateStudio e ALFA

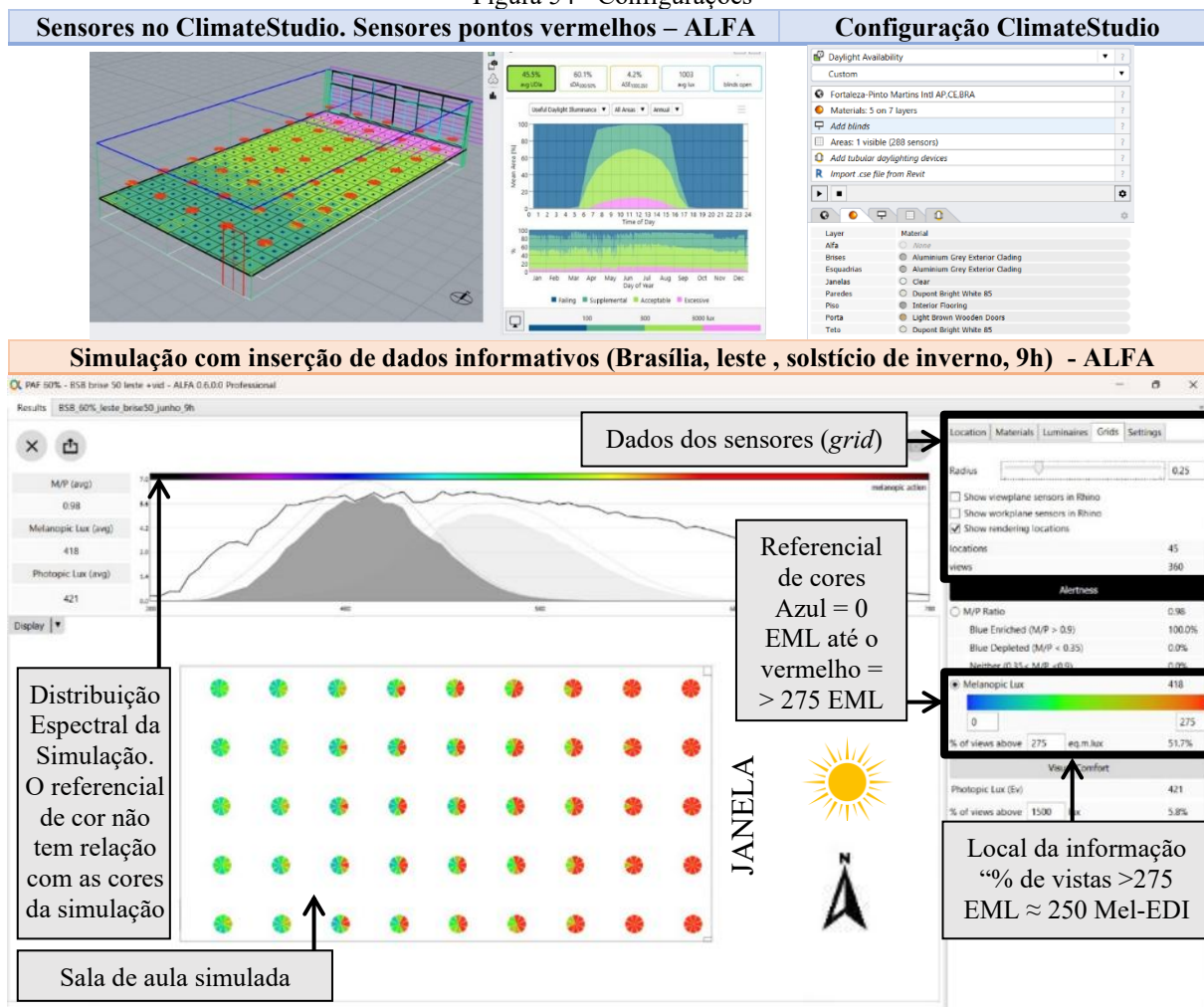


Fonte: Solemma (2023a,b), adaptado pela autora

Foi selecionado o modo “Custom” no ClimateStudio, visto que as métricas foram ajustadas conforme os parâmetros adotados nessa tese, como, por exemplo, definir que o UDI teria que ter a abrangência de 300 a 3000 lux em 50% da área em 50% do tempo de ocupação.

A configuração dos sensores no ClimateStudio e no ALFA: para medições horizontais — como sDA, UDI e ASE — foram posicionados a 75 cm acima do piso; para medições verticais — como Mel-EDI, Mel-DER, porcentagem de vistas acima de 250 Mel-EDI e DGP — os sensores foram posicionados a 1,20 m acima do piso (Figura 54).

Figura 54 - Configurações



Fonte: ALFA e ClimateStudio (SOLEMMA, 2023b,c) com adaptação da autora.

Para a % de vistas > 250 Mel-EDI, foi calculada com base em 45 pontos sensores, cada um subdividido em oito direções de visada, totalizando 360 avaliações. A Figura 54 exemplifica uma simulação realizada no ALFA, na qual as tonalidades mais próximas ao vermelho, representadas na planta da sala de aula, indicam a proximidade em relação ao alcance da meta estabelecida na simulação.

As configurações dos materiais nos programas ClimateStudio e ALFA foram definidas de maneira equivalente ou idêntica às utilizadas no ambiente existente (piso, paredes e teto). Foram explorados variações capazes de gerar impacto significativo por meio do percentual de reflexão e transmissão luminosa (Tvis); e o índice M/P (*Melanopic/Photopic*), relacionado à influência da luz no ritmo circadiano (Tabela 19).

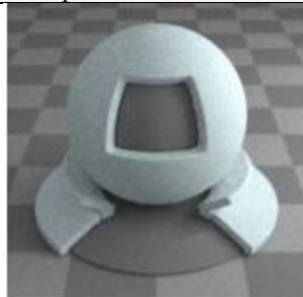
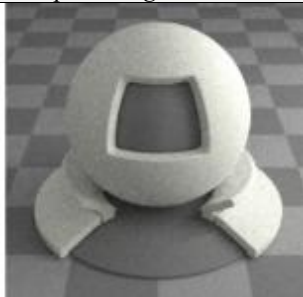
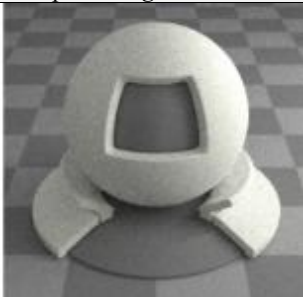
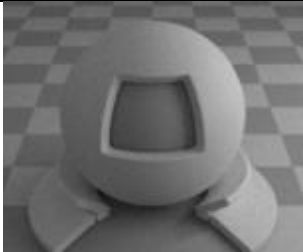
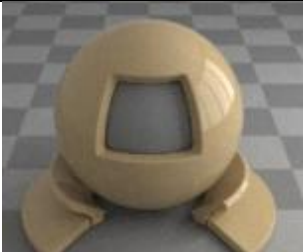
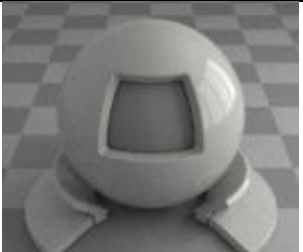
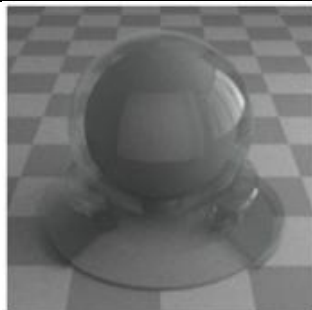

Tabela 19 – Configurações dos materiais ClimateStudio e ALFA

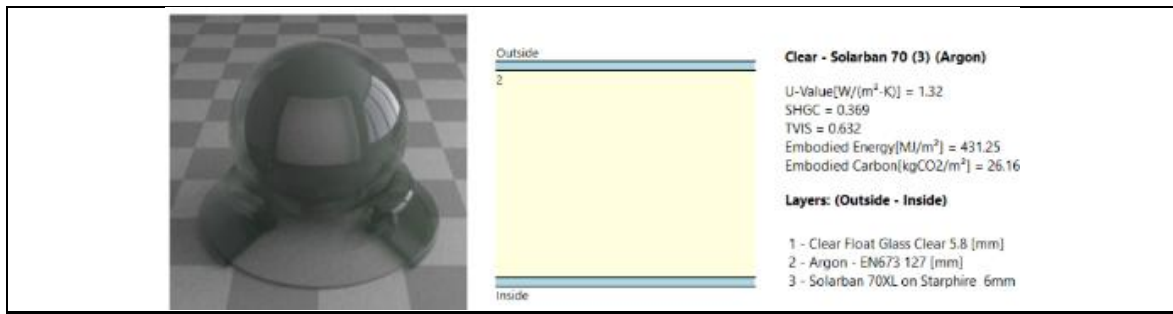
Camada	Nome	Reflexão / Tvis	M/P	Tipo
Porta	<i>Light Broen Wooden Doors</i>	41,88%	0,72	Acetinado
Teto	<i>Dupont Bright White 85</i>	77,79%	0,97	Fosco
Parede Branca - original	<i>Dupont Bright White 85</i>	77,79%	0,97	Fosco
Parede Azul	<i>Duponto hite Blue 108</i>	71,26%	1,09	Fosco
Piso	<i>Interior Flooring</i>	38,14%	1,01	Acetinado
Vidro - original	<i>Clear</i>	0,87	1,01	-
Vidro 2	<i>Clear – Solarban 70 (3) (Argon)</i>	0,63	0,98	-
Brise e Esquadria	<i>Aluminium Grey Exterior Clading</i>	47,58%	0,98	Acetinado

Fonte: Autora

A seguir, imagens dos materiais usados (Tabela 20).

Tabela 20 - Materiais ClimateStudio e ALFA

Parede		Teto
Duponto hite Blue 108	Dupont Bright White 85	Dupont Bright White 85
		
Piso	Porta	Esquadria e Brise
Interior Flooring	Light Broen Wooden Doors	Aluminium Grey Exterior Clading
		
Vidro		
Clear		
	<div><div>Outside</div><div></div><div>Inside</div></div> <div><p>Clear</p><p>U-Value[W/(m²·K)] = 5.82 SHGC = 0.818 TVIS = 0.877 Embodied Energy[MJ/m²] = 217.5 Embodied Carbon[kgCO2/m²] = 13.195</p><p>Layers: (Outside - Inside)</p><p>1 - Clear Float Glass Clear 5.8 [mm]</p></div>	
Clear – Solarban 70 (3) (Argon)		



Fonte: ClimateStudio (2023) e ALFA (2023) , adaptado pela autora.

A escolha do vidro “*Clear – Solarban 70 (3) (Argon)*” deveu-se a limitações nas bibliotecas dos softwares utilizados, bem como à necessidade de selecionar um vidro incolor com transmissão luminosa mínima de 60%. Vidros com transmissão inferior a esse valor já não atendiam aos requisitos estabelecidos pela NBR 15.215/2023 após as simulações no ClimateStudio. Ressalta-se, contudo, que o uso de vidro duplo, como o adotado nessa simulação, não seria o ideal para edificações de ensino superior, especialmente em instituições públicas, devido ao seu custo elevado e à baixa viabilidade de aplicação em larga escala.

A configuração do contexto climático, para as simulações no ClimateStudio, foi inserida dados climáticos extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET de 2018 no site *Climate.OneBuilding.Org*. em formato .EPW (Climate.onebuilding.org, 2023a).

Na simulação no software ALFA, por ser uma simulação do tipo estática (*point-in-time*), é necessário informar o local (ponto geográfico), os dias e os horários das simulações, além do tipo de céu. Para determinar a situação climática, estes arquivos climáticos foram abertos no software *Climate Consultant*, v. 6.0 (Sbse, 2021), que permitiu obter informações sobre os dados referentes ao percentual de cobertura do céu no dia específico analisado na simulação computacional, ou seja, foram usados os dados do dia 21 (equinócios e solstícios) e horário específico (9h, 12h, 15h) para a realização da simulação. O critério de nebulosidade do céu foi estabelecido conforme a NBR 15215-2 (ABNT, 2022). As porcentagens de nebulosidade nos dias a serem simulados podem ser vistas no APÊNDICE F:

- Céu claro (no ALFA – *Clear Sky*): de 0% a 25% de nebulosidade.
- Céu parcialmente encoberto (no ALFA – *Hazy*): > 26% e < 74% de nebulosidade.
- Céu encoberto (no ALFA – *Overcast*): ≤ 75% a 100% de nebulosidade.

Na Tabela 21 são apresentados o tipo de céu e os níveis de nebulosidade correspondentes a cada latitude, utilizados em cada período do ano e horário, com base nos dados do INMET (2023).

Tabela 21 - Tipo de Céu para cada período e horário


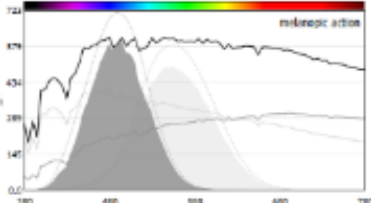

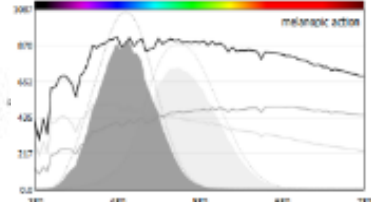

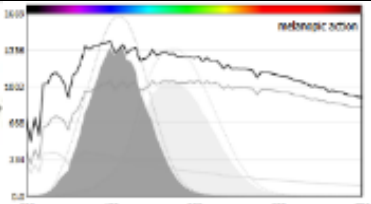
Latitude	Horário	Período do Ano	Tipo de Céu (nebulosidade)
3°S (FOR)	9h	Eq/Out	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Inv	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Eq/Pri	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Ver	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
	12h	Eq/Out	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Inv	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Eq/Pri	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Ver	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
	15h	Eq/Out	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Inv	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Eq/Pri	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Ver	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
15°S (BSB)	9h	Eq/Out	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Inv	Encoberto (75% a 100%)
		Eq/Pri	Claro (0 ≥ 25%)
		Sols/Ver	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
	12h	Eq/Out	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Inv	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Eq/Pri	Claro (0 ≥ 25%)
		Sols/Ver	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
	15h	Eq/Out	Claro (0 ≥ 25%)
		Sols/Inv	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Eq/Pri	Claro (0 ≥ 25%)
		Sols/Ver	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
25°S (CWB)	9h	Eq/Out	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Inv	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Eq/Pri	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Ver	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
	12h	Eq/Out	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Inv	Claro (0 ≥ 25%)
		Eq/Pri	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Ver	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
	15h	Eq/Out	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Inv	Claro (0 ≥ 25%)
		Eq/Pri	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)
		Sols/Ver	Claro (0 ≥ 25%)

Legenda: Eq/Ver - Equinócio de Verão, Sols/Inv – Solstício de Inverno, Eq/Pri – Equinócio de Primavera, Sols/Ver – Solstício de Verão

Fonte: autora.

Na Tabela 22, é apresentada uma exemplificação da imagem de nebulosidade e da SPD para cada latitude, gerada pelo software ALFA (Solemma, 2019), considerando o dia 31 de dezembro (solstício de verão) às 15h.

Tabela 22 - Nebulosidade e SPD apresentado no ALFA

Período do ano e hora	Latitude	Tipo de Céu	Nebulosidade e SPD produzido pelo ALFA ao inserir os dados	
31 de dez., 15h Solstício de Verão	3°S	<i>hazy sky</i> Parcialmente Encoberto 26% e < 74% de nebulosidade		
	15°S	<i>hazy sky</i> Parcialmente Encoberto 26% e < 74% de nebulosidade		
	25°S	<i>clear sky</i> Céu claro 0% a 25% de nebulosidade		

Fonte: autora.

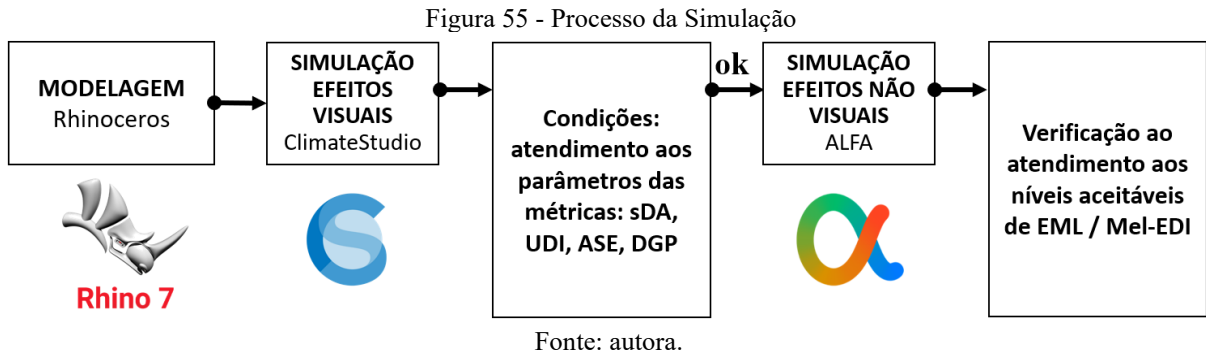
Portanto, o ALFA, previamente à simulação computacional, apresenta o céu base para a análise do material inserido no Rhinoceros 3D (Rhino, 2023), produzindo ao se inserir a latitude, período do ano (dia e mês) e horário.

As configurações dos materiais, bem como a definição do dia, horário e tipo de céu, foram realizadas manualmente, assim como o lançamento dos dados na planilha do Excel apresentada no subcapítulo a seguir.

3.2.4.4 Simulação da sala de aula selecionada

Foi adotado o seguinte critério no processo da simulação: modelagem no Rhinoceros 3D (Rhino, 2023) e, em seguida, a simulação computacional dos efeitos visuais utilizando o ClimateStudio (Solemma, 2023a). Caso os resultados atendam às referências da Tabela 15

(métricas e parâmetros), passam para a etapa seguinte, que é a simulação dos efeitos não visuais no ALFA (Solemma, 2023c) (Figura 55).



A otimização de um único aspecto luminoso pode influenciar negativamente outros aspectos (Kruisselbrink; Dangol; Rosemann, 2018). Portanto, não basta que um projeto atenda às necessidades luminosas associadas aos efeitos não visuais, sem considerar o conforto visual. O método proposto nessa tese envolve analisar a influência na arquitetura, com foco nos efeitos não visuais, mas estabelecendo a importância do atendimento mínimo aos efeitos visuais. Dessa forma, a sala de aula somente foi selecionada para a simulação no ALFA se atender aos critérios dos efeitos visuais da luz pela NBR 15.215/2024.

A princípio, foi realizada a “Simulação de Referência” nas quatro orientações de fachada (norte, sul, leste e oeste), com a seguinte configuração: PAF 40%; propriedades reflexivas de $\rho = 77,80\%$, cor branca, M/P 0,97; vidro incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01; dispositivo de sombreamento: o existente. Essas simulações serviram como base comparativa para compreender como as variáveis dependentes — métricas não visuais — se comportaram.

Foram realizadas todas as combinações possíveis entre as variáveis (parâmetros arquitetônicos e latitude) e, posteriormente, cada uma dessas combinações foi simulada no ClimateStudio para a verificação do atendimento aos efeitos visuais (APÊNDICE L).

Variáveis Independentes – ClimateStudio													Combinação para o ClimateStudio
PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS										Latitude			
Orient.	PAF		Propried. Reflexiva		Vidro		Disp. De Sombr.						
4	x	3	x	2	x	2	x	2	x	3	x	=	288

No software ClimateStudio, é necessário simular as medidas horizontais (sDA, UDI, ASE) – 288 simulações, e as verticais (DGP) – 288 simulações, de forma separada. Ao todo, foram $288 + 288 = 576$ simulações no ClimateStudio.

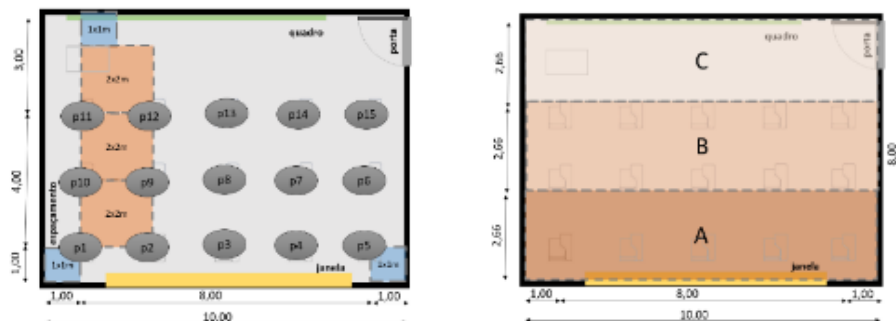
Considerando que todas as simulações no ClimateStudio atendam aos pré-requisitos das métricas dos efeitos visuais, ao todo, seriam 288 combinações, mais as combinações inserindo os horários e períodos do ano para a simulação no ALFA (*point-in-time*).

Variáveis independentes - ALFA															
PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS									Lat. Horário Período do ano						Combinações para simulação no ALFA
Orient	PAF	Propried. Reflexiva		Vidro	Disp. de Sombr										
4	x	3	x	2	x	2	x	2	x	3	x	3	x	4	
															3.456

Seriam realizadas 3.456 simulações no ALFA para a obtenção das métricas não visuais, ou seja, as variáveis dependentes.

O método adotado para a definição de pontos para levantamento de dados em Mel-EDI no ALFA foi realizado por meio de uma combinação de duas abordagens com base na revisão da literatura. A primeira consiste no método apresentado por Ezpeleta et al. (2021), que envolve a criação de uma malha de pontos (grid), em que cada ponto representa um aluno na sala de aula (Ezpeleta et al., 2021a). O segundo método, proposto por Saiedlue et al. (2019), utiliza a divisão por zonas e estabelece uma medida média (dados representados por área), sendo dividido em três zonas do ambiente para análise com base na distância em relação à janela (Saiedlue et al., 2019a). A Figura 56 apresenta o esquema do método de avaliação dos autores (Ezpeleta et al., 2021a; Saiedlue et al., 2019a) em uma sala hipotética.

Figura 56 - Grid de Pontos – método Ezpeleta et al. (2021) / Avaliação por área de distância da janela - método Saiedlue et al. (2019).



Fonte: Desenho da autora baseado nos estudos de - Ezpeleta et al. (2021) e Saiedlue et al. (2019).

Nessa tese, foram definidos três pontos de análise dentro da sala de aula, conforme Ezpeleta et al. (2021), considerando as zonas de distanciamento em relação à janela, conforme

proposto por Noor, Saradj e Yazdanfar (2025) e Saiedlue et al. (2019b). Para cada ponto, coletaram-se dados no software ALFA, em unidades EML, a partir de quatro direções de vista, conforme metodologia adotada por Altenberg Vaz e Inanici (2021).

A revisão de literatura aponta que a distância do sensor em relação à janela é um dos principais fatores que influenciam os resultados obtidos (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Zeng et al., 2021). Assim, o método adotado nessa pesquisa busca evidenciar os efeitos não visuais da luz em diferentes zonas do ambiente.

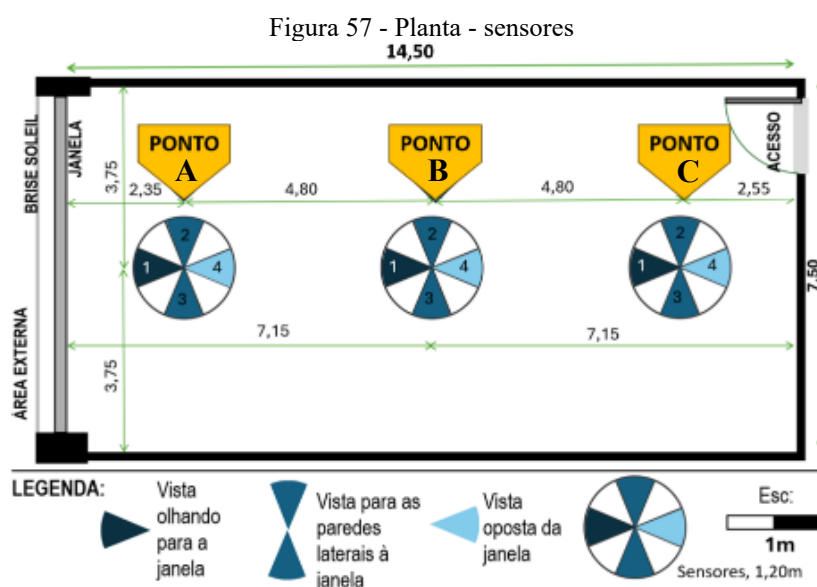
No ALFA, foi analisada a área da sala para avaliar a porcentagem de regiões com valores superiores a 250 Mel-EDI, bem como realizada uma análise pontual em três pontos (a, b e c), cada um deles monitorado por quatro sensores verticais (1, 2, 3 e 4) (Figura 57).

Pontos:

- **Ponto A:** Posicionado próximo à janela, a **2,35 m** de distância desta;
- **Ponto B:** Posicionado no centro da sala, a **7,15 m** da janela;
- **Ponto C:** Situado na região mais distante da janela, a **11,95 m** de distância.

Vistas (direção do sensor):

- **Vista 1:** Orientada **frontalmente em direção à janela**;
- **Vista 2:** Orientada **para a parede lateral direita** (adjacente à janela);
- **Vista 3:** Orientada **para a parede lateral esquerda** (adjacente à janela);
- **Vista 4:** Orientada **para a parede oposta à janela**.



Fonte: Autora.

Cada simulação no ALFA gerou 12 dados de Mel-EDI, 1 valor de Mel-DER e 1 valor de porcentagem de vistas acima de 250 Mel-EDI, portanto totalizando **14 dados por simulação (variáveis dependentes)**.

Os dados produzidos foram organizados em uma tabela no Excel (Microsoft, 2023a) para controle dos resultados. A Tabela 23 apresenta o modelo de tabela a ser utilizado para inserção dos dados obtidos nas simulações computacionais com o software ALFA.

Tabela 23 – Modelo de tabela para organização dos resultados com o software ALFA.

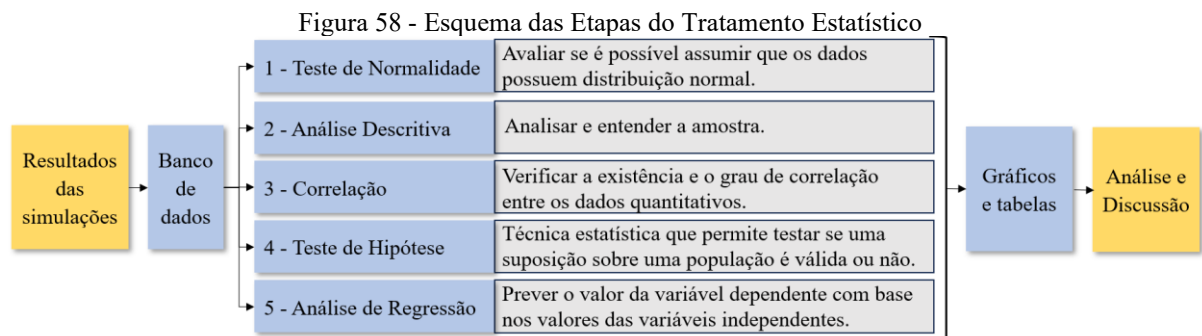
							ALFA																														
Orientação	PAF	Parede - Cor, Refletância, M/P	Vidro	Horário	Período do Ano	Nebulosidade	M/P	Mel-DER	% Vistas com mais de 250 Mel-EDI (área da sala de aula)	EML												Mel-EDI															
										Ponto a				Ponto b				Ponto c				Ponto a				Ponto b				Ponto c							
										1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Norte	40%	Branca, 77,80%, 0,97	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Out	Parc. Encoberto (26% a 74%)																															
					Sols/Inv	Encoberto (75% a 100%)																															
					Eq/Pri	Claro (0 ≥ 25%)																															
					Sols/Ver	Claro (0 ≥ 25%)																															
	60%			12h	Eq/Out																															
					Sols/Inv																															
					Eq/Pri																															
					Sols/Ver																															
	80%			15h	Eq/Out																															
					Sols/Inv																															
					Eq/Pri																															
					Sols/Ver																															
Leste	40%	Branca, 77,80%, 0,97	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Out	....																														
					Sols/Inv																															
					Eq/Pri																															
					Sols/Ver	....																														
	60%			12h	Eq/Out																															
					Sols/Inv	....																														
					Eq/Pri	....																														
					Sols/Ver	....																														
	80%			15h	Eq/Out																															
					Sols/Inv	....																														
					Eq/Pri	....																														
					Sols/Ver	....																														
Sul	40%	Branca, 77,80%, 0,97	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	...	....																													
	60%			12h	...																																
	80%			15h	...																																
Oeste	40%	Branca, 77,80%, 0,97	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	...	....																													
	60%			12h	...																																
	80%			15h	...																																

Após a organização de todos os dados das simulações, as planilhas foram utilizadas para o tratamento estatístico.

3.2.5 6ª Etapa: tratamento estatístico, análise dos resultados e discussões

A Estatística, como ferramenta auxiliar no raciocínio e análise dos resultados obtidos, nessa tese, tinha como objetivo compreender qual seria a relação entre os resultados produzidos pelas simulações computacionais — efeitos não visuais (variáveis dependentes) e os parâmetros arquitetônicos + latitude (variáveis independentes).

A Figura 58 ilustra a abordagem estatística nessa tese.



Fonte: Autora.

Os dados obtidos das simulações foram estruturados em uma planilha do Excel (Microsoft, 2023a). Essa planilha contém informações detalhadas de cada simulação, vinculando-se às variáveis utilizadas para permitir uma compreensão integral e sistemática dos resultados obtidos.

Para a realização das análises estatísticas, foi utilizado o software R, versão 4.4.2. (The R Foundation, 2025), um software específico para a linguagem de programação R, utilizado para análise estatística e visualização de dados (Trapnell et al., 2012). Para a elaboração dos gráficos utilizados na análise descritiva, foi utilizado o programa JASP (Wagenmakers, 2025), software de código aberto para análise estatística desenvolvido pela Universidade de Amsterdã.

Após o tratamento estatístico, os resultados foram organizados com base nos dados produzidos, possibilitando a análise do impacto das variáveis independentes sobre as variáveis

dependentes. Em seguida, foram realizadas todas as combinações possíveis entre as variáveis independentes — parâmetros arquitetônicos e latitudes — a fim de identificar os **Cenários** (ou caso, como denominado na estatística), termo adotado nessa tese para designar as melhores e as piores combinações entre as variáveis analisadas. A seguir, o cálculo de combinações de cenários analisados.

PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS									Latitudes	Quantidade de cenários
Orient	PAF		Propried. Reflexiva		Vidro		Disp. De Sombr.			
4	x	3	x	2	x	2	x	2		
96 cenários de parâmetros arquitetônicos									x 3 =	288

Inicialmente foram analisadas as variáveis independentes de forma isolada. Desta forma, foi possível compreender o quanto esta afeta a obtenção dos efeitos não visuais (variáveis dependentes) por meio dos coeficientes obtidos na análise de regressão estatística.

Foram realizadas as combinações entre os parâmetros arquitetônicos (96 combinações) (Tabela 24).

Tabela 24 - 96 Cenários (parâmetros arquitetônicos)

Nº	CENÁRIOS
1	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 85%
2	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 85%
3	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 85%
4	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%
5	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 85%
6	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, norte, vidro Tvis 85%
7	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 85%
8	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 85%
9	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, norte, vidro Tvis 85%
10	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 85%
11	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 85%
12	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, norte, vidro Tvis 63%
13	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, norte, vidro Tvis 63%
14	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 63%
15	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 63%
16	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%
17	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 63%
18	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 63%
19	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 85%
20	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 85%
21	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%
22	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%
23	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 63%
24	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 63%
25	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 63%
26	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 85%
27	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 63%

28	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%
29	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 85%
30	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 63%
31	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 85%
32	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 63%
33	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 63%
34	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 85%
35	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 63%
36	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%
37	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%
38	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 85%
39	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 63%
40	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%
41	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%
42	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 85%
43	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 85%
44	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 63%
45	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 85%
46	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 63%
47	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 85%
48	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 63%
49	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 63%
50	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 85%
51	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 63%
52	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%
53	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 63%
54	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 63%
55	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 85%
56	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 63%
57	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 85%
58	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 63%
59	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 85%
60	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 63%
61	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%
62	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%
63	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 63%
64	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%
65	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 85%
66	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 63%
67	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 63%
68	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 85%
69	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 63%
70	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 63%
71	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 85%
72	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 63%
73	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 63%
74	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 63%
75	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 85%
76	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 63%
77	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, norte, vidro Tvis 63%
78	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, norte, vidro Tvis 85%
79	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, norte, vidro Tvis 63%
80	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 85%
81	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%
82	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 85%
83	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 63%
84	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 63%
85	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 63%
86	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 63%
87	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%

88	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 85%
89	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, norte, vidro Tvis 85%
90	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 85%
91	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%
92	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 85%
93	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 85%
94	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 85%
95	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 85%
96	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%

Fonte: autora.

Posteriormente, os parâmetros foram combinados com as três latitudes estudadas, resultando em 288 cenários (96 combinações \times 3 latitudes). A análise foi conduzida considerando a simulação de referência em relação aos dados obtidos nos pontos A, B e C, inicialmente contemplando todas as vistas (1, 2, 3 e 4). Em seguida, o foco foi direcionado para a vista lateral da sala de aula (vista 2), por ser a orientação indicada para o ensino segundo a literatura.

Os critérios de análise priorizaram os somatórios dos valores de Mel-EDI, considerando apenas os resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$). A partir desses dados quantitativos, foi possível identificar os melhores e piores cenários.

Os resultados produzidos pela estatística — incluindo a definição dos cenários — servem como base para a análise e discussão, bem como para o estabelecimento de relações com a literatura revisada nessa tese. Por fim, além da análise e discussão, são apresentadas recomendações para projetos de salas de aula.

3.2.6 7ª Etapa: Considerações finais

Na etapa final, após a interpretação dos dados estatísticos obtidos, é possível identificar os parâmetros arquitetônicos com maior impacto nos efeitos não visuais da luz. Realiza-se, então, uma avaliação crítica dos principais resultados do estudo, confrontando-os com a hipótese central desta tese para verificar sua validação ou refutação. Em seguida, discutem-se as lições extraídas da pesquisa, propondo-se diretrizes para futuros projetos educacionais que considerem os efeitos não visuais da luz em ambientes construídos. Por fim, delineiam-se encaminhamentos futuros para ampliar o escopo da investigação, sugerindo novas abordagens metodológicas ou aplicações práticas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados referentes ao desempenho dos efeitos não visuais em relação aos parâmetros arquitetônicos estudados em salas de aula do ensino superior. A **Seção 4.1** apresenta a quantificação das simulações realizadas. A **Seção 4.2** descreve a organização e a extração dos dados para o tratamento estatístico, bem como os impactos dos parâmetros arquitetônicos nos efeitos não visuais. Nessa mesma seção, são também apresentados os cenários de combinações de parâmetros. A **Seção 4.3** reúne as análises e discussões dos resultados obtidos. Por fim, a **Seção 4.4** apresenta recomendações para o projeto de salas de aula, visando à obtenção dos melhores resultados em termos de efeitos não visuais.

O resultado da revisão de literatura evidencia a ausência de consenso quanto às métricas utilizadas para avaliar os efeitos não visuais da luz, além de apontar as limitações dos softwares empregados nas simulações. Ainda assim, foi possível identificar métricas promissoras, como a Mel-EDI, além de um número significativo de estudos que adotam o software ALFA como ferramenta para análise desses efeitos (Lo Verso et al. 2023; Fani et al. 2023).

Apesar de a literatura ainda concentrar-se majoritariamente nos efeitos visuais da luz e no desempenho energético, observa-se uma tendência crescente de expansão do foco para aspectos relacionados à saúde e ao bem-estar dos usuários. Esse movimento é acompanhado pelo avanço de normas que consideram os efeitos não visuais como parte dos critérios de desempenho da iluminação (ABNT, 2024; ISO/CIE, 2025).

Em atendimento ao primeiro objetivo específico desta tese, buscou-se identificar as características arquitetônicas das salas de aula do ensino superior no contexto brasileiro, conforme descrito no método de pesquisa, de modo a subsidiar a seleção da sala de aula. Para tanto, realizou-se um recorte considerando universidades federais distribuídas pelas cinco regiões do país.

No contexto de salas de aula em universidades federais brasileiras, embora existam pesquisas, dissertações e artigos sobre salas de aula, muitos deles não abordam aspectos relacionados à arquitetura. É comum encontrar estudos voltados à didática em sala de aula (Fiorini et al., 2022) ou à percepção dos alunos (Bariani; Pavani, 2008). Mesmo entre os trabalhos na área da arquitetura, muitos se referem ao ensino fundamental ou infantil (Souza et al., 2019; Freitas; Oliveira; Lima, 2019), ou apresentam informações incompletas — como em

Santana et al. (2020), que descreve dimensões e porcentagens de refletâncias dos materiais, mas não disponibiliza imagens da sala.

Ainda que os sites institucionais de universidades públicas federais brasileiras apresentem um grande acervo fotográfico de salas de aula, raramente esses registros vêm acompanhados de dados técnicos essenciais para a presente pesquisa, como dimensões, materiais ou propriedades reflexivas.

Como resultado, observa-se que as salas de aula do ensino superior apresentam uma variação nas formas e dimensões das janelas. A Tabela 25 apresenta um breve resumo das características das salas analisadas.

Tabela 25 - Salas de aula analisadas

Universidade e Dimensões	Formato da Sala	Características (piso, parede, teto)
Universidade Federal de Roraima UFRR 5,55 × 7,80 m · P.D. = 3,00 m	Retangular	Piso: granilite cinza claro; Parede: acrílica creme; Teto: látex branco neve
UFT – Universidade Federal do Tocantins 9,00 × 6,65 m · P.D. = 3,00 m	Retangular	Piso: cerâmica creme; Parede: acrílica branca (semibrilho); Teto: forro modular branco neve
Universidade Federal de Pernambuco UFPE 6,00 × 7,46 m · P.D. = 2,89 m	Retangular	Piso: granilite preto; Parede: pintura branca; Teto: pintura branca
Universidade de Brasília UnB 7,85 × 9,35 m · P.D. = 2,85 m	Retangular	Piso: vinílico bege; Parede: branco gelo com régua de madeira; Teto: laje branca
Universidade de Brasília UnB 7,50 × 11,40 m · P.D. = 3,00 m	Retangular	Piso: mármore branco; Parede: branca com régua de madeira; Teto: laje branca
Universidade Federal de Minas Gerais UFMG 11,35 × 8,46 m · P.D. = 3,00 m	Retangular	Piso: marmorite cinza claro; Parede: acrílica branca (semibrilho); Teto: látex branco neve (fosco)
Universidade Federal de Juiz de Fora UFJF – Sala tipo 1 6,80 × 4,40 m · P.D. = 3,00 m	Retangular	Piso: cerâmica branca; Parede: acrílica branca (semibrilho); Teto: forro branco fosco
Universidade Federal de Juiz de Fora UFJF – Sala tipo 2 11,50 × 8,00 m · P.D. = 3,00 m	Retangular	Piso: cerâmica branca; Parede: acrílica branca (semibrilho); Teto: forro branco fosco
Universidade Federal de Santa Catarina UFSC – Sala 1 (5,70 + 7,30)/2 × 8,80 m · P.D. = 3,00 m	Trapezoidal	Piso: Tecnogran branco; Parede: alvenaria + divisória Eucatex brancas; Teto: laje branca
Universidade Federal de Santa Catarina UFSC – Sala 2 7,05 × 10,80 m · P.D. = 2,75 m	Retangular	Piso: cimentado creme; Parede: tijolo aparente; Teto: laje branca

Fonte: Autora.

De forma geral, identificaram-se, nas salas de aula avaliadas, as características comuns apresentadas na Figura 59.

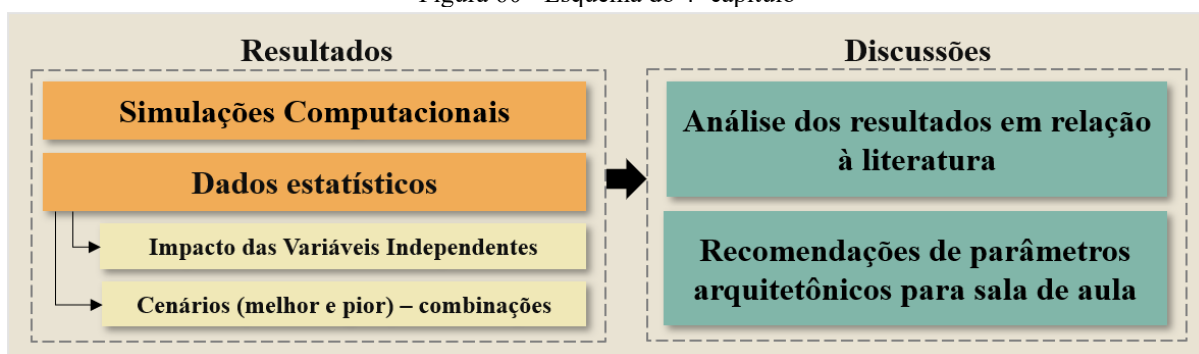
Figura 59 - Características das sala de aula de ensino superior no contexto brasileiro coloque os valores de refletância em todos os exemplos.



A seleção da sala de aula representativa, na Universidade de Brasília, envolveu pré-seleção e análises para obter a sala de aula que melhor atendesse aos critérios definidos no método da pesquisa.

O esquema a seguir apresenta a organização dos resultados e discussões deste capítulo (Figura 60).

Figura 60 - Esquema do 4º capítulo



Fonte: autora.

Portanto, foram inicialmente apresentados os resultados, que, em seguida, foram reunidos para uma análise conjunta, de modo a relacioná-los com a literatura. Ao final, foram estabelecidas as conclusões referentes ao atendimento dos objetivos gerais e específicos desta tese, bem como a verificação do atendimento — total, parcial ou não — da hipótese formulada.

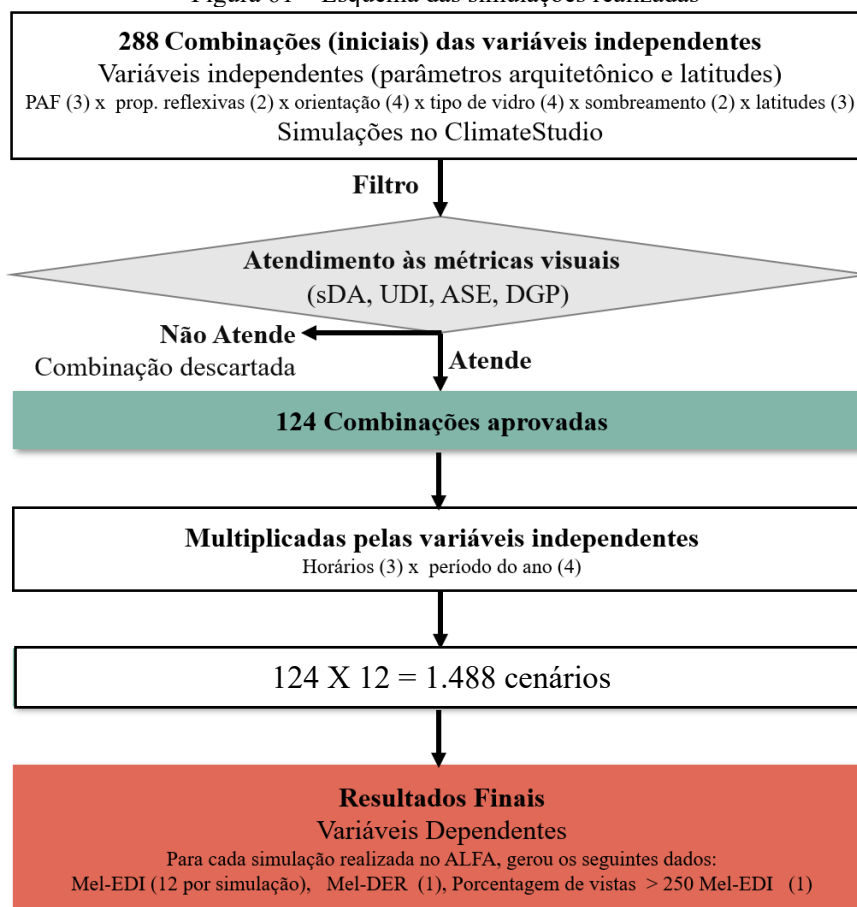
4.1 SIMULAÇÕES

O método para a investigação dos impactos dos parâmetros arquitetônicos nos efeitos não visuais envolve a realização de diversas combinações de simulações, o que resultou em um volume expressivo de dados. Nessa tese, estas combinações, após aprovadas, foram chamadas de cenários.

Foram realizadas 288 simulações com combinações com os parâmetros arquitetônicos - PAF (3) x prop. reflexivas (2) x orientação (4) x tipo de vidro (4) x sombreamento (2) e latitudes (3) - no software ClimateStudio⁷. Nessa tese, estas combinações simuladas no ALFA são chamadas de cenários, que no subcapítulo 4.2.1.6 foram melhor detalhadas. A Figura 61 apresenta o esquema das simulações realizadas.

⁷ Considerando a quantificação de dados gerados no ClimateStudio, foram realizadas 288 simulações para a obtenção das métricas sDA, UDI e ASE, + 288 para obtenção da métrica DGP = 576 simulações no ClimateStudio. Quanto aos dados, foram 288 x 3 (sDA, UDI, ASE) + 288 (DGP) = 1.152 dados analisados.

Figura 61 – Esquema das simulações realizadas



Fonte: autora.

Das 288 simulações iniciais, resultaram 124 cenários que atenderam às métricas visuais (sDA, UDI, ASE e DGP) e avançaram para a etapa seguinte no software ALFA. Posteriormente, os 124 cenários foram agrupados às variáveis independentes (**horário e período do ano**). Dessa forma, o número total de simulações no software ALFA correspondeu a $124 \times 12 = 1.488$ cenários, utilizados para a avaliação das variáveis dependentes.

Portanto:

- 1.488 combinações foram simuladas no ALFA;
- Para cada simulação no software ALFA, resulta em: Mel-EDI (12 por simulação), Mel-DER (1), Porcentagem de vistas > 250 Mel-EDI (1) = $12 + 1 + 1 = 14$ dados (variáveis dependentes).

Logo, resultaram em dados finais:

- $12 \times 1.488 = 17.856$ dados em Mel-EDI;
- $1 \times 1.488 = 1.488$ dados em Mel-DER;
- $1 \times 1.488 = 1.488$ dados em Porcentagem de vistas > 250 Mel-EDI;
- Totalizando $17.856 + 1.488 + 1.488 = 20.832$ dados de variáveis dependentes.

Os resultados das simulações no ALFA foram organizados e inseridos em um único documento no Excel (Microsoft, 2023b) (Figura 62), que consta no APÊNDICE E.

Figura 62 – Excerto deplanilha Excel com os dados das simulações do ALFA

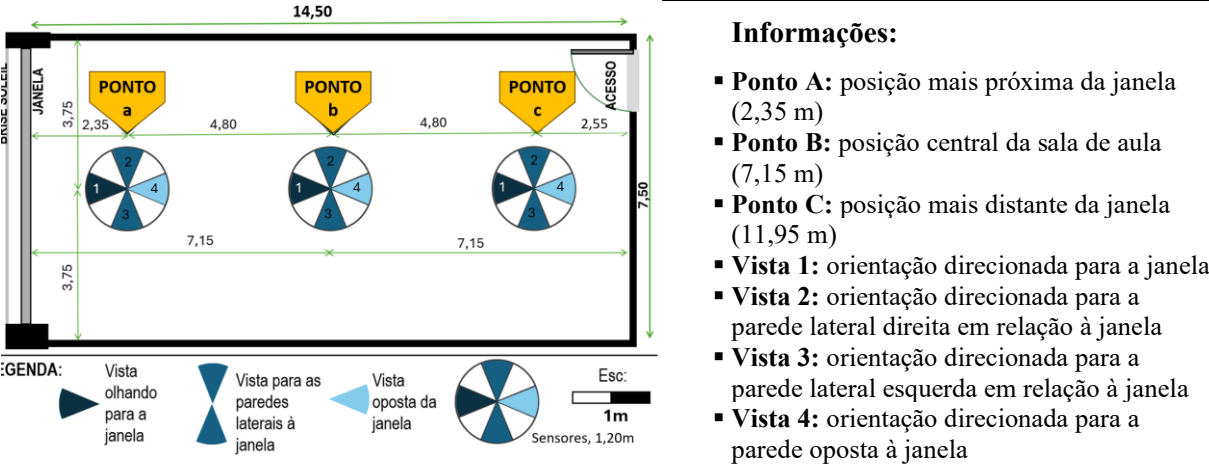
										Ponto A
Local	Parede_Cor_Reflétancia_MP	Orientacao	PAF	Brise	Vidro	Horario	Periodo do ano	Mel-DE R	% vistas >250	Vista 1A
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	0,93	1,00	11217,4272
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,92	1,00	11324,3116
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	1,04	1,00	7056,182
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,92	1,00	9558,0018
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	12h	Eq/Pri	1,13	1,00	5239,1472
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,83	0,99	9176,6596
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	1,04	1,00	7292,5958
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	0,83	1,00	9121,406
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,88	1,00	11510,9094
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	0,96	1,00	7115,9640
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,95	1,00	6698,391
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,96	1,00	9330,6458
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	0,91	1,00	9293,508
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	0,93	1,00	9582,4582
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63,2%	15h	Eq/Pri	1,00	1,00	8947,4924
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	0,83	0,97	8259,9902
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	1,04	1,00	6068,86
Curitiba	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63,2%	9h	Eq/Pri	0,89	1,00	9129,5582
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63,2%	9h	Eq/Pri	1,00	1,00	7662,1622
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63,2%	9h	Eq/Pri	0,92	0,99	6142,2296
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,88	0,93	8228,2872
Curitiba	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	0,93	1,00	5806,178
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63,2%	9h	Eq/Pri	1,00	1,00	6522,6658
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	0,84	0,98	8873,2168
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,84	0,99	5661,25
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h	Eq/Pri	1,04	1,00	6532,6296
Curitiba	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h	Eq/Pri	0,91	0,99	6501,8324
Curitiba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	12h	Eq/Pri	0,98	0,99	5770,8518
Brasilia	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63,2%	15h	Eq/Pri	1,01	1,00	7354,1902

Fonte: autora.

Por meio deste documento em Excel, que reuniu todos os dados das simulações realizadas no ALFA necessários para a análise desta tese, foram realizados os tratamentos estatísticos por meio dos programas R (The R Foundation, 2025) e pelo programa JASP (Wagenmakers, 2025).

A fim de facilitar a interpretação dos dados quando referenciados nas tabelas desta tese, adotaram-se as seguintes convenções, conforme Figura 63:

Figura 63 - Planta com locação dos sensores de leitura



Fonte: autora.

A **Vista 1** foi utilizada exclusivamente como parâmetro de referência para os valores máximos de Mel-EDI em função da distância da janela. Embora forneça maior disponibilidade luminosa, essa configuração não garantiria conforto visual adequado devido ao risco de ofuscamento e ao elevado contraste. Além disso, por se tratar de uma sala de aula, essa parede corresponde ao local destinado ao quadro/lousa, o que torna o layout inviável.

As **Vistas 2 e 3** constituem o foco central da análise em Mel-EDI, pois representam a posição considerada ideal para os alunos em salas de aula: orientação voltada para a parede lateral adjacente à janela/abertura. O estudo buscou avaliar o desempenho dessas vistas em relação à distância da janela, de modo a identificar os pontos (A, B e C) em que os efeitos visuais e não visuais são simultaneamente atendidos, tendo a luz natural como única fonte de iluminação (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Tregenza; Wilson, 2011).

Por fim, a **Vista 4** teve como objetivo confirmar os achados da literatura que apontam o baixo desempenho lumínico em situações em que os alunos permanecem de costas para a janela/abertura (Altenberg Vaz; Inanici, 2021).

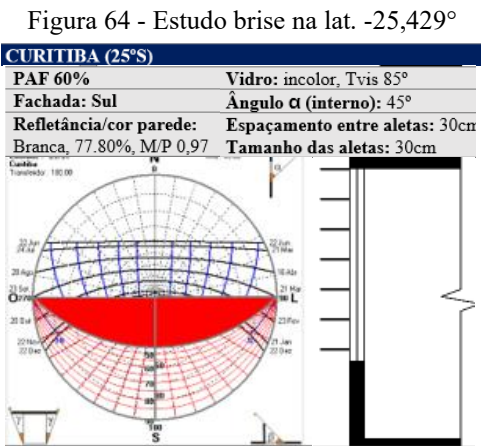
Considerando os dados obtidos na análise de correlação, que têm seus dados apresentados após a análise descritiva, observou-se que os resultados das Vistas 2 e 3 são estatisticamente similares. Para simplificar a interpretação dos dados, optou-se por excluir a Vista 3 nas análises subsequentes.

Desse modo, as análises descritivas subsequentes concentraram-se nos dados dos sensores da **Vista 2** nos três pontos estudados (**A**, **B** e **C**). Essa abordagem metodológica permite uma compreensão mais precisa do comportamento da métrica Mel-EDI em um layout espacial que, além de estar alinhado com as recomendações da literatura (janela adjacente ao usuário), foi empiricamente validado pelos resultados obtidos nessa pesquisa.

Em material à parte, foram organizados os dados referentes aos dispositivos de sombreamento adotados em cada simulação. Esse material funciona como documentação complementar, registrando os parâmetros utilizados nas simulações que incluíram dispositivos de sombreamento com o objetivo de otimizar os resultados da iluminação natural na sala de aula. Assim, foi possível verificar se houve melhora nos efeitos não visuais em comparação com o uso do dispositivo original.

Optou-se pelo uso de brises horizontais, uma vez que os verticais — mesmo testados em diferentes orientações — não apresentaram desempenho satisfatório com relação aos efeitos visuais, especialmente em áreas mais distantes da janela, comprometendo a distribuição uniforme da luz natural e afetando negativamente as métricas visuais (sDA e UDI).

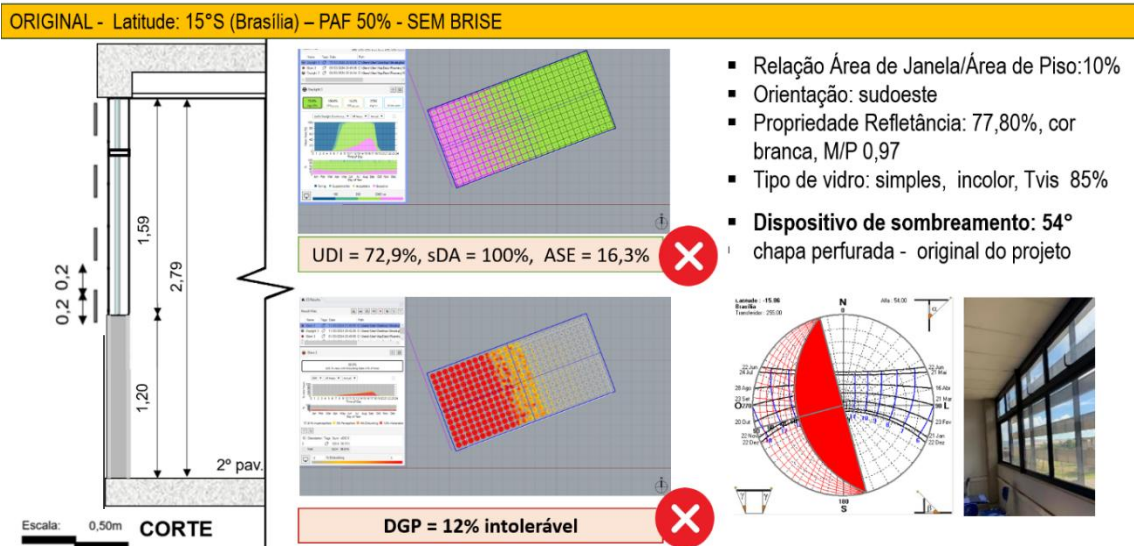
Consequentemente, essa limitação inviabilizava a combinação ideal das variáveis da sala, impedindo sua progressão para a etapa seguinte de simulação no ALFA (Figura 64).

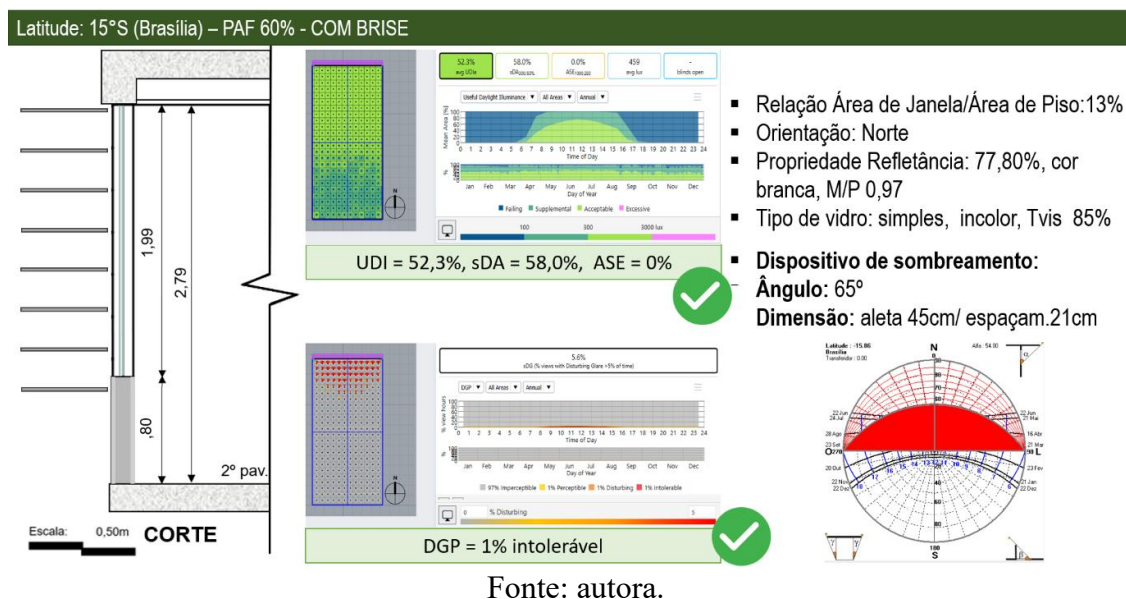


Fonte: autora.

Para cada configuração de sala de aula com brises, foram realizadas diversas simulações de teste, com o objetivo de garantir o atendimento aos parâmetros sDA e UDI, sem excessos que elevassem indevidamente o ASE e o DGP. A Figura 65 apresenta a evolução dos estudos da sala original até a sala otimizada, atendendo os pré-requisitos da NBR 15.215/2024. O termo “sem brise” refere-se ao uso do dispositivo de proteção original do projeto.

Figura 65 - Sala original x sala otimizada





A otimização consistiu na substituição do dispositivo de sombreamento original por brises horizontais ou verticais (termo utilizado: “*com brise*”). Entretanto, devido à profundidade da sala de aula, o brise vertical apresentou baixo desempenho, pois não conseguiu projetar luz para as áreas mais distantes da janela. Dessa forma, nessa tese, todos os brises otimizados adotados foram **horizontais**, com aletas paralelas à linha do horizonte (sem inclinação), de modo a privilegiar o aumento da entrada de luz natural no ambiente e, ao mesmo tempo, favorecer o acesso à vista externa dos usuários. Os brises foram considerados na cor original do alumínio (cinza), com refletância (ρ) = 47,8% e M/P = 0,98, conforme informado na configuração das simulações (subcapítulo 3.2.4.2).

No ClimateStudio foram testados diferentes ângulos de inclinação (α) até se identificar a solução mais adequada, em conformidade com a NBR 15.215:2024. Esse processo exigiu maior tempo de modelagem, sendo realizadas aproximadamente dez simulações preliminares para cada caso. As dimensões detalhadas dos elementos encontram-se no APÊNDICE G.

4.2 DADOS ESTATÍSTICOS, IMPACTO E CENÁRIOS ENTRE AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES E OS EFEITOS NÃO VISUAIS

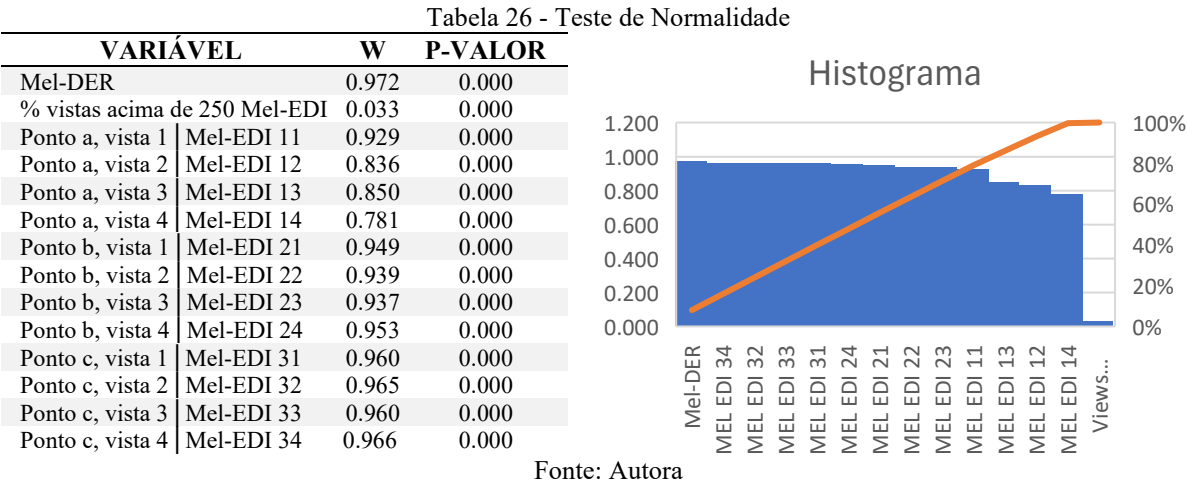
Inicialmente, foram apresentados os dados estatísticos produzidos; em seguida, estabelece-se relação e grau de impacto e os cenários (melhor e pior) entre as variáveis independentes e os efeitos não visuais da luz natural.

4.2.1 Dados estatísticos

Neste subcapítulo serão descritos os resultados dos dados estatísticos de diferentes modalidades.

4.2.1.1 Teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk)

O teste de Shapiro-Wilk, também denominado **teste de normalidade**, foi aplicado para avaliar se os dados gerados pelas simulações computacionais — que exploraram combinações entre variáveis de entrada (independentes, como horário, orientação solar e características de janelas) e resultados (dependentes, como Mel-EDI e Mel-DER) — seguiam uma distribuição normal (Tabela 26).



Após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk, cuja execução foi realizada no programa *R* (The R Foundation, 2025), constatou-se que **não é possível assumir a normalidade dos dados**. Diante desse resultado, optou-se pela utilização de **métodos estatísticos não paramétricos** nas análises subsequentes. Tais métodos correspondem a uma classe de técnicas analíticas que não pressupõem distribuições específicas para os dados (como a normalidade) nem exigem a definição prévia de parâmetros populacionais (média, variância etc.).

Diferentemente das abordagens paramétricas (como testes *t* ou ANOVA), que demandam condições rigorosas sobre os dados, os métodos não paramétricos priorizam

a robustez e a flexibilidade, permitindo inferências válidas mesmo em contextos complexos ou não padronizados. (Bussab; Morettin, 2017; Hollander; Wolfe; Chicken, 2014).

4.2.1.2 Análise descritiva

A análise descritiva tem como objetivo resumir características de um conjunto de dados, oferecendo uma visão estruturada e acessível das informações obtidas, como gráficos (histogramas, de barras, *boxplots*) e visualizações que facilitam a identificação de padrões e anomalias.

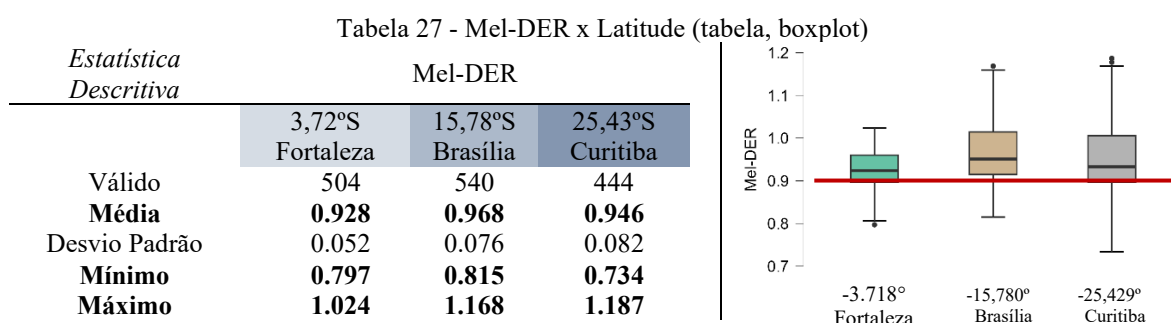
Na sequência, são apresentados gráficos e tabelas referentes aos indicadores Mel-DER, Mel-EDI e à porcentagem de vistas acima de 250 Mel-EDI, considerando as variáveis dos parâmetros arquitetônicos.

Cabe ressaltar que esta análise integra o processo de tratamento estatístico dos dados; contudo, seus resultados não devem ser interpretados como conclusivos. Essa limitação decorre da necessidade de aplicação de métodos complementares, como o teste de hipóteses e a análise de regressão, que serão detalhados adiante neste capítulo. Tais abordagens são importantes para validar a robustez dos achados e assegurar o rigor metodológico da investigação (Portella et al., 2015; Hollander; Wolfe; Chicken, 2014; Montgomery; Runger, 2018).

▪ Mel-DER

O critério adotado para análise dos resultados da métrica Mel-DER consiste em identificar as variáveis com menor frequência de valores inferiores a 0,904 ao longo do ano, uma vez que valores abaixo deste limiar indicam não conformidade com as diretrizes estabelecidas pela CIE (2018). A seguir, apresentam-se os resultados de Mel-DER em relação às latitudes (

Tabela 27).



Fonte: autora.

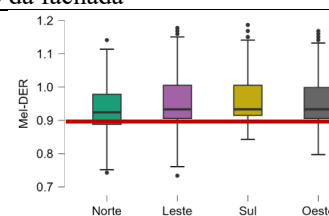
As médias de Mel-DER nas latitudes (cidades) analisadas foram superiores a 0,904 em todos os pontos de medição (A, B e C), atendendo às recomendações da CIE (2018). Dentre os resultados, a latitude 25,43°S (Curitiba) registrou o menor valor absoluto de Mel-DER (0,73), embora tenha alcançado o maior pico (1,18) entre todas as latitudes estudadas.

O Mel-DER médio na latitude 15,78°S (Brasília) é aproximadamente 4,31% maior que na 3.72°S (Fortaleza) e 2,33% maior que na 25,43°S (Curitiba). Logo, a latitude não apresenta diferença significativa nessa métrica.

Quanto à relação entre **Mel-DER e orientação das fachadas**, resulta que, de modo geral, todas as orientações ficaram acima do valor 0,9058, o que é considerado positivo (Tabela 28).

Tabela 28 - Mel-DER x Orientação da fachada

	Mel-DER			
	Leste	Norte	Oeste	Sul
Válido	372	384	396	336
Média	0.950	0.936	0.945	0.962
DP	0.081	0.068	0.069	0.070
Mínimo	0.734	0.743	0.797	0.842
Máximo	1.178	1.141	1.168	1.187



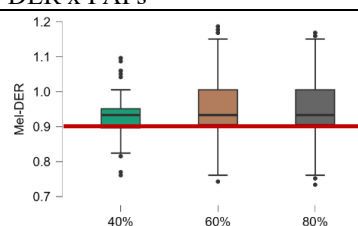
Fonte: autora.

Os resultados do **Mel-DER em diferentes orientações** indicaram variações sutis. As médias observadas foram: Norte (0,936), Leste (0,950), Sul (0,962) e Oeste (0,945), evidenciando que a fachada Sul apresentou o maior estímulo melanópico, seguida pelas fachadas Leste, Oeste e Norte. A diferença percentual entre a maior e a menor média (Sul vs. Norte) foi de aproximadamente 2,8%, enquanto entre Sul e Leste/Oeste foi de cerca de 1,3% e 1,8%, respectivamente. No entanto, essas diferenças mostraram-se pouco significativas.

Quanto ao Mel-DER em relação aos três PAFs estudados, de 40, 60 e 80%, os resultados são apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Mel-DER x PAFs

	Mel-DER		
	40%	60%	80%
Válido	144	588	756
Média	0.931	0.949	0.950
Desvio Padrão	0.068	0.075	0.071
Mínimo	0.761	0.743	0.734
Máximo	1.09	1.18	1.16

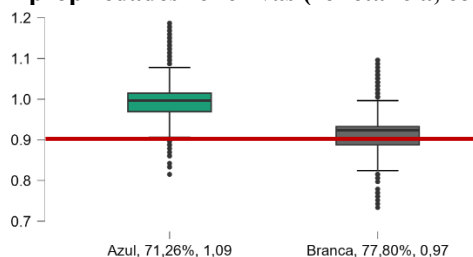


Fonte: autora.

Todas as médias dos PAFs ficaram acima de 0,9058 Mel-DER, indicando resultados positivos. A variação máxima entre médias foi de apenas 2% (0,931 vs. 0,950), de modo que não houve impacto significativo nos valores para essa variável.

Quanto ao Mel-DER em relação às propriedades reflexivas (refletância, cor, M/P) dos materiais, o Gráfico 1 mostra os resultados.

Gráfico 1 - Mel-DER x propriedades reflexivas (refletância, cor, M/P) dos materiais



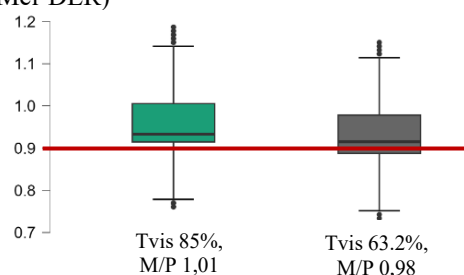
Fonte: autora

A refletância das paredes azuis, de 71,26%, embora ligeiramente inferior à das paredes brancas (77,80%), apresentou melhor desempenho em razão do seu M/P de 1,09, em contraste com o M/P de 0,97 das paredes brancas. Os gráficos demonstram que o M/P associado à refletância pode influenciar de forma significativa os resultados.

O Mel-DER em relação aos dois tipos de vidro com distintas transmissões luminosas e M/P é apresentado na Tabela 30.

Tabela 30 – Tipo de Vidro (Mel-DER)

	Tvis 85%, M/P 1,01	Tvis 63.2%, M/P 0,98
Válido	1056	432
Média	0.954	0.932
Desvio Padrão	0.073	0.070
Mínimo	0.761	0.734
Máximo	1.187	1.150



Fonte: autora

Os resultados do Mel-DER para os dois tipos de vidros incolores: **0,954 (Tvis 85%)** e **0,932 (Tvis 63%)**⁸, apresentam uma diferença percentual de **≈2,3%**. Essa pequena

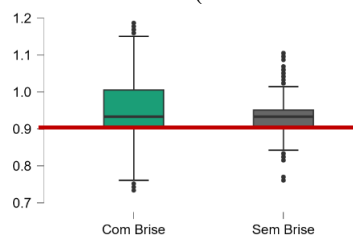
⁸ Ressalta-se, contudo, que o uso de vidro duplo, como o adotado nesta simulação, não seria o ideal para edificações de ensino superior, especialmente em instituições públicas, devido ao seu custo elevado e à baixa viabilidade de aplicação em larga escala. Este dado só foi usado para melhor se adequar à biblioteca existente do ClimateStudio e ALFA, que não são iguais.

variação indica que, apesar da diferença na transmissão luminosa (Tvis), o impacto na estimulação melanópica foi similar.

A seguir, apresenta-se o **Mel-DER considerando a presença ou ausência de sombreamento (brises)** (Tabela 31).

Tabela 31 - Mel-DER x Dispositivo de sombreamento (com e sem brise)

	Mel-DER	
	Com brise	Sem brise
Válido	1008	480
Média	0.954	0.936
DP	0.075	0.066
Mínimo	0.734	0.761
Máximo	1.187	1.105



Fonte: autora

A presença do brise está associada a um **aumento de aproximadamente 1.9% no Mel-DER**, indicando que a proteção solar adequada pode **ampliar a exposição à luz eficaz para o sistema circadiano**. No entanto, assim como para os outros parâmetros arquitetônicos, seu impacto individual não foi significativo.

▪ Mel-EDI

Sobre o Mel-EDI, a análise foi realizada nos três pontos (A, B e C) e em suas quatro vistas (1, 2, 3 e 4), totalizando doze valores por simulação. A Tabela 32 apresenta os resultados considerando o conjunto de simulações realizadas.

Tabela 32 - Resultado média geral do Mel-EDI considerando todas as simulações

Ponto (m)	Ponto A (2,35m)				Ponto B (7,15m)				Ponto C (11,95m)			
Latitude	Vista 1	Vista 2	Vista 3	Vista 4	Vista 1	Vista 2	Vista 3	Vista 4	Vista 1	Vista 2	Vista 3	Vista 4
3°S FOR	3870.1	1612.6	1573.2	475.98	1242.2	408.81	407.87	173.71	520.23	181.49	182.81	168.95
15°S BSB	3938.1	1638.0	1609.8	479.57	1321.2	429.04	427.42	184.44	560.49	193.38	195.73	182.38
25°S CWB	4275.7	1832.0	1800.8	545.04	1381.1	456.20	455.17	191.39	568.30	198.78	200.13	185.36

Legenda:

	Igual ou maior que 250 Mel-EDI
	Menos que 250 Mel-EDI

Fonte: Autora.

De modo geral, considerando todas as simulações realizadas no ALFA, a Vista 4 do Ponto B e as Vistas 2, 3 e 4 do Ponto C não alcançaram valores de Mel-EDI superiores a 250. Contudo, é interessante observar que, no Ponto C — o mais distante da janela (11,95 m) —, a vista frontal à entrada de luz natural ainda apresentou desempenho superior a 250 Mel-EDI,

reforçando a literatura que indica maior eficácia circadiana quando a luz incide no eixo da linha de visão (Lich.de, 2018b; Zielinska-Dabkowska, 2018).

Os resultados evidenciaram uma relação consistente entre distância da janela, orientação espacial e valores de Mel-EDI. No Ponto A (2,35 m), as Vistas 1 (frontal), 2 (lateral direita) e 3 (lateral esquerda) apresentaram 100% das simulações com valores superiores a 250 Mel-EDI. Na Vista 4 (oposta à janela), embora ainda próxima da entrada de luz, 86,1% das simulações registraram Mel-EDI > 250, indicando desempenho inferior em relação às demais, mas ainda satisfatório.

No Ponto B (7,15 m), a Vista 1 (frontal) também manteve 100% das simulações acima de 250 Mel-EDI. Já as Vistas 2 e 3 (laterais) apresentaram 82,5% e 82,7%, respectivamente, de simulações com Mel-EDI superior a 250. A Vista 4 (oposta à janela), por sua vez, obteve apenas 12,9%, evidenciando a influência significativa da orientação do observador no resultado.

No **Ponto C** (11,95 m da janela), os resultados revelaram o cenário mais crítico da análise descritiva. A **Vista 1** (orientação frontal à janela) manteve 92,5%, considerando todas as simulações, com Mel-EDI >250, indicando um dado positivo, conforme já dito anteriormente. Contudo, nas **Vistas 2 e 3** (orientações laterais direita e esquerda), observou-se queda abrupta, com apenas 17,4% das simulações obtendo Mel-EDI >250. Na **Vista 4** (orientação oposta à janela), o desempenho atingiu o valor mínimo desta análise, com apenas 13,8% das simulações com resultados com Mel-EDI >250.

A seguir, apresentam-se os resultados de Mel-EDI considerando todas as simulações em função dos PAFs, latitudes e horários (Tabela 33).

Tabela 33 - Mel-EDI (latitude, horário e PAF)

HORÁRIO										
Latitude	Ponto a (2,35m)			Ponto b (7,15m)			Ponto c (11,95m)			
	Vista 1	Vista 2	Vista 4	Vista 1	Vista 2	Vista 4	Vista 1	Vista 2	Vista 4	
3°S FOR	3996	1696	480	1256	414	175	522	183	169	9h
15°S BSB	3403	1406	420	1142	369	158	480	164	155	
25°S CWB	3644	1550	454	1089	364	152	442	155	142	
3°S FOR	4041	1653	484	1322	436	189	563	197	185	12h
15°S BSB	4085	1656	485	1375	448	194	593	206	195	
25°S CWB	4525	1886	567	1500	492	209	625	218	206	
3°S FOR	3573	1489	464	1148	377	157	476	165	152	15h
15°S BSB	4327	1851	534	1447	471	201	608	210	197	
25°S CWB	4658	2061	614	1555	513	214	638	223	208	
PAF										
3°S FOR	2881	1281	375	787	269	105	308	107	94	40%
15°S BSB	3130	1420	398	865	295	116	340	116	103	
25°S CWB	3091	1417	410	846	285	111	324	113	97	
3°S FOR	3799	1562	466	1219	400	168	510	175	163	60%
15°S BSB	3795	1562	457	1286	414	177	544	185	175	
25°S CWB	4307	1875	557	1392	459	191	573	198	185	
3°S FOR	4102	1710	502	1342	441	190	566	200	187	80%
15°S BSB	4209	1743	514	1434	466	204	615	214	203	
25°S CWB	4502	1888	565	1485	490	209	616	217	204	

Legenda:

	Igual ou maior que 250 Mel-EDI
	Menos que 250 Mel-EDI

Fonte: autora.

Assim como nos resultados gerais, ao analisar isoladamente as variáveis latitude, horário e PAF, verificou-se que a Vista 4 do Ponto B, bem como as Vistas 2, 3 e 4 do Ponto C, apresentaram valores médios de Mel-EDI inferiores a 250. Em outras palavras, nessas posições, independentemente da latitude, do horário ou do PAF considerado, as médias permaneceram abaixo do limiar de 250 Mel-EDI, indicando que não atendem plenamente aos efeitos não visuais diários.

Nas tabelas a seguir, apresentam-se os resultados referentes à Vista 2⁹, reconhecida como a posição mais adequada para a obtenção dos efeitos visuais em salas de aula, corroborando o que já é indicado na literatura (CIBSE, 2021; CHPS, 2023b).

Em relação ao PAF (Tabela 34), o Ponto A atingiu desempenho satisfatório em todas as condições, especialmente com PAF de 80%. Já o Ponto C permaneceu abaixo do mínimo aceitável (250 Mel-EDI), mesmo com a maior abertura.

⁹ Considerando os dados obtidos na análise de correlação, que têm seus dados apresentados após a análise descritiva, observou-se que os resultados das Vistas 2 e 3 são estatisticamente similares. Para simplificar a interpretação dos dados, optou-se por excluir a Vista 3 nas análises subsequentes.

Tabela 34 - PAF (Mel-EDI)

	Ponto A, vista lateral			Ponto B, vista lateral			Ponto C, vista lateral		
	40%	60%	80%	40%	60%	80%	40%	60%	80%
Válido	144	588	756	144	588	756	144	587	756
Média	1372.469	1651.555	1775.041	282.905	422.354	464.539	111.904	185.695	210.214
DP	788.243	855.432	937.133	148.951	179.217	192.387	53.778	75.669	82.591
Mínimo	347.827	437.501	201.993	69.747	119.566	118.660	27.174	50.725	49.819
Máximo	4105.086	6828.826	6980.095	789.858	1240.040	1384.062	274.457	467.393	500.907

Fonte: Autora.

Observou-se ainda que os valores entre os PAFs de 60% e 80% foram semelhantes (Tabela 35).

Tabela 35 - Diferença percentual entre diferentes PAFs

Ponto	40% → 60%	60% → 80%	40% → 80%
A	+20,3%	+7,5%	+29,3%
B	+49,3%	+10,0%	+64,2%
C	+66,0%	+13,2%	+87,8%

Fonte: Autora.

Apesar disso, o Ponto C foi o que apresentou maior sensibilidade ao aumento do PAF, evidenciando que os efeitos não visuais da luz natural são mais impactados quanto maior o afastamento em relação à janela.

No que se refere à orientação da fachada (Tabela 36), as orientações norte e oeste apresentaram os melhores resultados nos Pontos A e B. No Ponto C, observou-se desempenho equivalente nas orientações leste, norte e oeste, enquanto a orientação sul apresentou consistentemente os piores resultados em todas as posições.

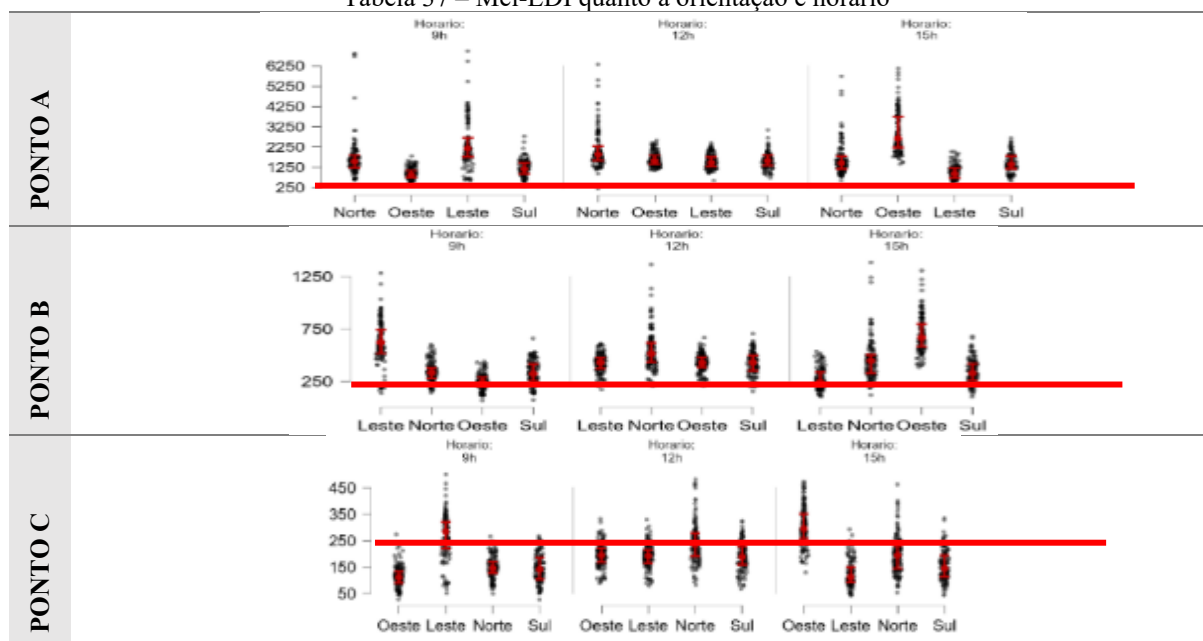
Tabela 36 - Orientação (Mel-EDI)

	Ponto A, vista lateral				Ponto B, vista lateral				Ponto C, vista lateral			
	Leste	Norte	Oeste	Sul	Leste	Norte	Oeste	Sul	Leste	Norte	Oeste	Sul
Válido	372	384	396	336	372	384	396	336	372	383	396	336
Média	1640.7	1810.6	1845.1	1411.8	439.03	447.64	458.63	367.37	194.99	196.71	204.75	163.92
DP	922.34	922.92	1064.4	460.01	201.81	183.17	221.18	121.48	85.847	76.695	95.638	59.392
Mínimo	486.41	201.99	369.56	347.82	106.88	121.37	69.747	75.181	41.667	48.913	28.080	27.174
Máximo	6980.0	6848.7	6126.8	3093.3	1279.8	1384.0	1306.1	703.80	500.90	480.98	472.82	335.14

Fonte: Autora.

Quanto à relação entre orientação e horário (Tabela 37), verificou-se que o Ponto A manteve valores superiores a 250 Mel-EDI em todas as condições, confirmando sua posição privilegiada. No Ponto B, a orientação oeste apresentou o pior desempenho às 9h, enquanto às 15h a orientação leste registrou os menores valores, refletindo o comportamento esperado em função da trajetória solar. O Ponto C reproduziu proporcionalmente o mesmo padrão observado no Ponto B, porém com valores absolutos significativamente inferiores.

Tabela 37 – Mel-EDI quanto a orientação e horário



Fonte: autora.

Sobre as propriedades reflexivas (Tabela 38 – Propriedades reflexivas), no Ponto A, o acabamento na cor branca ($\rho=77,80\%$) na parede apresentou melhor desempenho. Já nos Pontos B e C, o acabamento na cor azul ($\rho=71,26\%$) mostrou-se mais eficaz, em razão do seu maior M/P, compensando a refletância ligeiramente inferior.

Tabela 38 – Propriedades reflexivas (refletância, cor e M/P)

	Ponto A, vista lateral		Ponto B, vista lateral		Ponto C, vista lateral	
	Azul, 71,26%, M/P 1,09	Branca, 77,80%, M/P 0,97	Azul, 71,26%, M/P 1,09	Branca, 77,80%, M/P 0,97	Azul, 71,26%, M/P 1,09	Branca, 77,80%, M/P 0,97
Válido	504	984	504	984	503	984
Média	1666.954	1697.699	457.979	416.110	211.817	180.381
DP	793.470	949.002	181.461	193.684	81.950	80.784
Mínimo	201.993	347.827	120.471	69.747	57.065	27.174
Máximo	6980.095	6848.754	1221.924	1384.062	480.980	500.907

Fonte: autora.

Em relação ao sombreamento, a Tabela 39 apresenta os resultados em Mel-EDI nos pontos estudados (A, B, C).

Tabela 39 – Dispositivo de sombreamento (Mel-EDI)

	Ponto A, vista lateral		Ponto B, vista lateral		Ponto C, vista lateral	
	Com Brise	Sem Brise	Com Brise	Sem Brise	Com Brise	Sem Brise
Válido	1008	480	1008	480	1007	480
Média	1516.145	2046.682	427.068	437.062	200.093	171.970
DP	632.533	1215.654	163.838	237.240	78.036	88.270
Mínimo	201.993	347.827	118.660	69.747	49.819	27.174
Máximo	5259.981	6980.095	1193.844	1384.062	480.980	500.907

Fonte: autora.

Os resultados mostraram que, no Ponto A (próximo à janela), houve redução de Mel-EDI com o uso de brises, o que era esperado, uma vez que o dispositivo atuou como regulador da luz direta. Em contrapartida, no Ponto C (mais distante), os brises horizontais funcionaram como difusores luminosos, redirecionando a luz para o interior e resultando em valores superiores aos obtidos na configuração original.

Por fim, em relação ao tipo de vidro (Tabela 40), apresentam-se os resultados considerando os dois materiais estudados em cada ponto (A, B e C).

Tabela 40 - Vidro (Mel-EDI)

	Ponto A, vista lateral		Ponto B, vista lateral		Ponto C, vista lateral	
	Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01	Incolor, duplo Tvis 63.2%, M/P 0,98	Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01	Incolor, duplo Tvis 63.2%, M/P 0,98	Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01	Incolor, duplo Tvis 63.2%, M/P 0,98
Válido	1056	432	1056	432	1055	432
Média	1726.798	1590.700	437.911	411.665	194.369	182.823
DP	950.479	751.670	197.552	171.239	85.976	72.788
Mínimo	347.827	201.993	69.747	118.660	27.174	49.819
Máximo	6980.095	5259.981	1384.062	1193.844	500.907	463.770

Fonte: Autora

No **Ponto A**, ambos os vidros superaram amplamente o mínimo de 250 Mel-EDI, porém o vidro com **Tvis = 63,2%** reduziu a média em 8% (1.726,8 → 1.590,7), favorecendo o controle de ofuscamento e aumentando as chances de permanência nesse assento.

No **Ponto B**, o vidro com **Tvis = 85%** apresentou média 6% superior (437,9 vs. 411,7). Já no **Ponto C**, nenhum dos vidros atingiu o mínimo de 250 Mel-EDI, mas o vidro com **Tvis = 85%** manteve valores cerca de 6% mais elevados (194,4 vs. 182,8).

De forma geral, embora a diferença de transmissão luminosa entre os dois vidros seja de $\approx 22\%$, o impacto sobre os valores de Mel-EDI foi relativamente pequeno.

▪ Mel-EDI - % de vista > 250 Mel-EDI

A Tabela 41 apresenta os resultados percentuais de área que atingiu o limiar mínimo de 250 Mel-EDI (Brown, 2020) para diferentes PAFs.

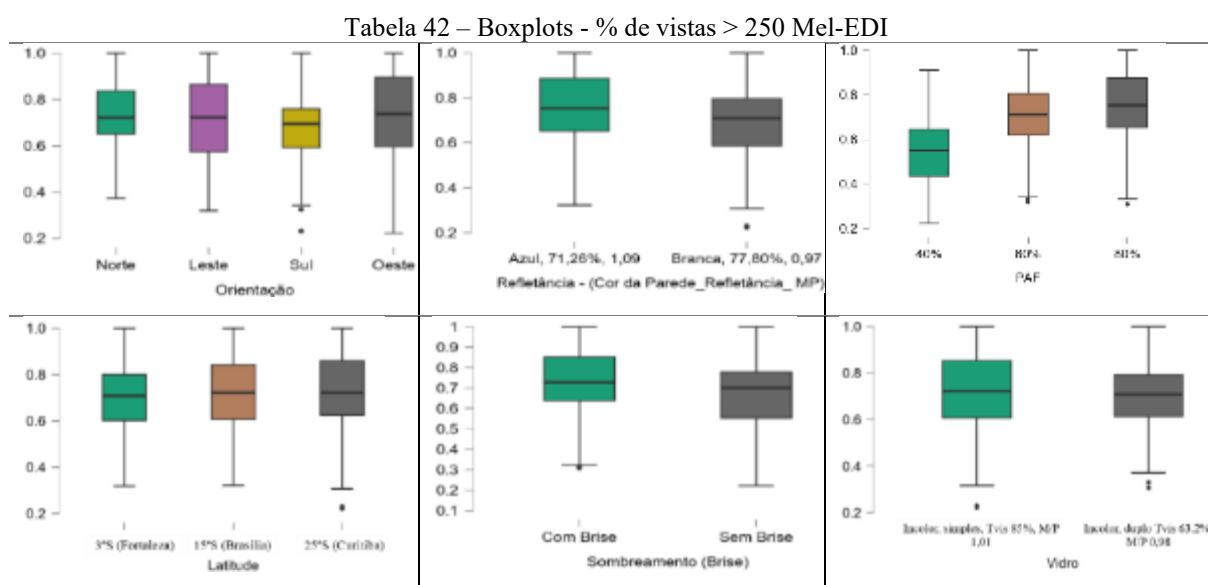
Tabela 41 - Porcentagem de área acima de 250 Mel-EDI em relação ao PAF

	PAF 40%	PAF 60%	PAF 80%
Média	54,9%	71,3%	75,8%
Mínimo	22,2%	31,77%	30,8%
Máximo	91,1%	100%	100%

Fonte: Autora

O **PAF 40%** obteve a menor média (54,9%), refletindo a redução na entrada de luz natural devido à menor abertura de fachada. A diferença entre **PAF 60%** e **80%** foi relativamente pequena (71,3% vs. 75,8%), indicando que o aumento acima de 60% não resulta em ganhos proporcionais significativos. Em alguns casos específicos, entretanto, ambos os PAFs maiores alcançaram 100% de atendimento ao requisito mínimo.

A Tabela 42 e os gráficos associados apresentam a relação da porcentagem de vistas >250 Mel-EDI com o período do ano, horários e demais parâmetros arquitetônicos.



Fonte: Autora

Observa-se que o comportamento dessa métrica varia significativamente conforme as variáveis analisadas. Destacam-se os seguintes padrões:

- **PAF:** em relação ao PAF 40%, observaram-se aumentos expressivos para 60% (+29,09%) e ainda maiores para 80% (+36,36%).
- **Propriedades reflexivas dos materiais nas paredes da sala de aula:** o acabamento com cor azul ($\rho = 71,26\%$, M/P = 1,09) apresentou desempenho 8,87% superior ao acabamento na cor branca ($\rho = 77,80\%$, M/P = 0,97).
- **Orientação da fachada:** norte, oeste e leste obtiveram cerca de 73% de vistas acima de 250 Mel-EDI, enquanto sul alcançou apenas 67%. Apesar disso, considerando uma sala

profunda¹⁰, os resultados podem ser considerados satisfatórios, ainda que inferiores ao ideal de 75% (CHPS, 2022; WELL, 2020).

- **Sombreamento:** a média *com brise horizontal* foi aproximadamente 7,91% superior à situação *sem brise*. O brise horizontal favoreceu a distribuição de luz e contribuiu para maior número de vistas acima do limite (Parsaei et al., 2020; Chen; Zhang; Du, 2019; Hosseini; Ansari, 2022).
- **Vidro:** o vidro incolor simples com $T_{vis} = 85\%$ ($M/P = 1,01$) foi ligeiramente mais eficiente, mas o ganho foi pouco expressivo, de apenas $\approx 2\%$.
- **Horário:** os melhores resultados ocorreram às 12h e 15h, com predominância para o meio-dia.
- **Período do ano:** o equinócio de primavera e o solstício de verão apresentaram desempenhos equivalentes.
- **Latitude:** em Brasília ($-15,78^\circ$) e Curitiba ($-25,42^\circ$) obtiveram maior área atendida na sala de aula em comparação a Fortaleza ($-3,72^\circ$).

Gráficos complementares desta análise descritiva encontram-se no APÊNDICE H: gráficos complementares DA ANÁLISE DESCRITIVA.

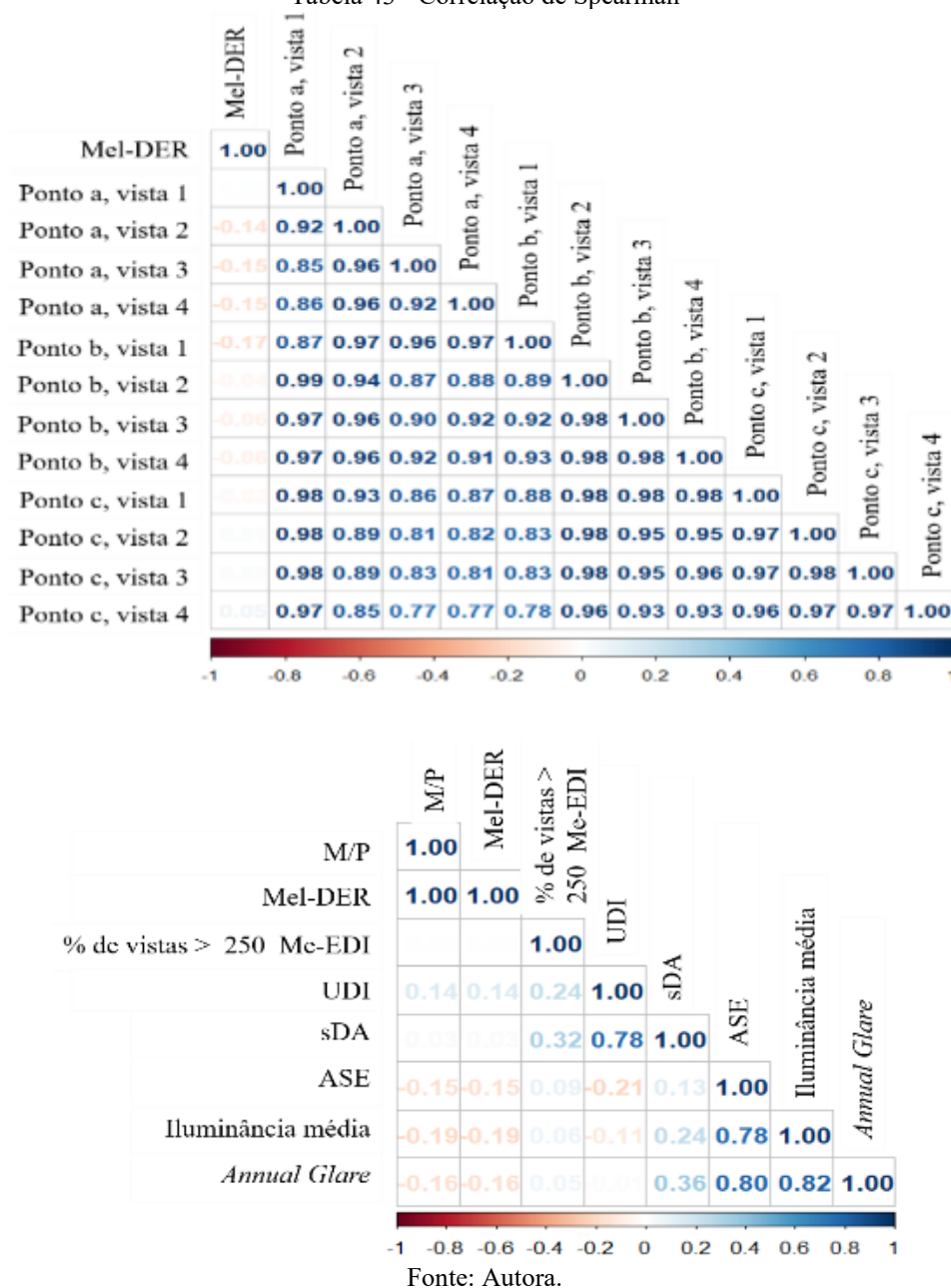
4.2.1.3 Correlação e teste e hipóteses

A correlação e o teste de hipóteses são métodos estatísticos que permitem avaliar relações entre variáveis e verificar a validade de suposições teóricas. A correlação identifica padrões de associação e sua intensidade, enquanto o teste de hipóteses determina se os resultados observados são estatisticamente significativos (Moore; Notz; Fligner, 2017).

Para avaliar relações lineares ou monotônicas entre variáveis quantitativas, adotou-se o coeficiente de correlação de Spearman. Esse método permite identificar se alterações em uma variável estão associadas a mudanças em outra, sem pressupor proporcionalidade constante (Bussab; Morettin, 2017). (Tabela 43).

¹⁰ Salas profundas — cuja profundidade (D) excede 2,5 vezes a altura do vão superior da janela (H) (Altenberg & Inanici, 2021).

Tabela 43 - Correlação de Spearman



Fonte: Autora.

Os principais achados foram:

- **Independência do Mel-DER:** não houve relação linear entre Mel-DER e os dados por ponto/vista (Mel-EDI). Valores próximos de zero indicam independência estatística. Consistência entre as métricas por ponto (A, B e C).
- **Consistência local:** vistas de um mesmo ponto (ex.: Ponto A, vistas 1–4) apresentaram alta correlação (p-valor > 0,85), confirmando coerência nos dados.

- **Similaridade entre Vistas Laterais (2 e 3):** vistas laterais direita (2) e esquerda (3) mostraram resultados equivalentes, permitindo considerar apenas uma delas em análises futuras.
- **Métricas visuais × não visuais:** a correlação entre métricas visuais (UDI, sDA, DGP, iluminância média) e Mel-DER foi extremamente fraca, praticamente inexistente.

Para verificar diferenças estatísticas entre grupos, aplicaram-se o teste de **Mann-Whitney** (dois grupos) e o **Kruskal-Wallis** (mais de dois grupos), considerando nível de significância de 0,05 (Hollander; Wolfe; Chicken, 2014; Klope; Mckean, 2024; Moore; Notz; Fligner, 2017). Os resultados estão organizados em tabelas no APÊNDICE I: TABELAS DO TESTE DE HIPÓTESES. A Tabela 44 resume os principais achados.

Tabela 44 - Tabela do Teste de Hipóteses (resumo)

TESTE DE HIPÓTESES	p-valor < 0,05 significativa	p-valor ≥ 0,05 não significativa
Quanto à Orientação:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % vistas > 250 Mel-EDI; ▪ Mel-DER; ▪ Todos os sensores Mel-EDI. 	
Quanto ao PAF:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % vistas > 250 Mel-EDI; ▪ Todos os sensores Mel-EDI. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mel-DER;
Quanto à Propriedade Reflexiva:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % vistas > 250 Mel-EDI; ▪ Mel-DER; ▪ Maioria dos sensores Mel-EDI. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ponto a (2, 3 e 4).
Quanto ao tipo de vidro:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % vistas > 250 Mel-EDI; ▪ Mel-DER; ▪ Maioria dos sensores Mel-EDI. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ponto a (1, 2, 3, 4). ▪ Ponto c (4).
Quanto ao Sombreamento (brise):	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % vistas > 250 Mel-EDI; ▪ Mel-DER; ▪ Maioria dos sensores Mel-EDI. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ponto b (2 e 3)
Quanto ao Horário:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % vistas > 250 Mel-EDI; ▪ Mel-DER; ▪ Todos os sensores Mel-EDI. 	
Quanto ao Período do Ano:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % vistas > 250 Mel-EDI; ▪ Mel-DER; ▪ Todos os sensores Mel-EDI. 	

Fonte: Autora.

De forma geral, a maioria das variáveis apresentou **p < 0,05**, o que confirma a validade estatística dos resultados obtidos nas simulações. Nos casos em que não houve respaldo estatístico, a interpretação deve ser contextualizada.

4.2.1.4 Análise de regressão

A análise de regressão investiga relações entre variáveis por meio de modelos matemáticos, permitindo quantificar associações e realizar previsões (Hollander; Wolfe; Chicken, 2014; Moore; Notz; Fligner, 2017).

O **intercepto** representa o valor base da variável dependente (ex.: desempenho do Mel-EDI) nas condições de referência do estudo, funcionando como linha de comparação para os efeitos das demais variáveis — como latitude, PAF ou proteção solar.

INTERCEPTO:

- Latitude: Brasília (-15,780°)
- PAF: 40%
- Orientação: Norte
- Propriedade reflexiva: 77.80% (branca), M/P 0,97
- Vidro: Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01
- Sombreamento: sem brise
- Período do ano: outono
- Nebulosidade: parcialmente encoberto (26% a 74%)

Essa condição de referência permite compreender o impacto de cada parâmetro arquitetônico em relação ao cenário-base (APÊNDICE J: TABELAS análise de regressão)¹¹. A Tabela 45 apresenta apenas os resultados com **p-valor <0,05**, ou seja, aqueles estatisticamente significativos segundo a análise de regressão.

Tabela 45 - Análise de Regressão (ponto A, B e C)

PONTO A	
Impacto Positivo (Ponto a, vista 1)	Impacto Negativo (Ponto a, vista 1)
↑ PAF: 80% (vs. 40%)	↑ Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)
PAF: 60% (vs. 40%)	Orientação Sul (vs. norte)
Horário: 12h (vs. 9h)	Período: inverno (vs. outono)
Horário 15h (vs. 9h)	
Latitude: Curitiba, -25,429° (vs. Brasília, -15,780°)	
Período: Primavera (vs. outono)	
Impacto Positivo (Ponto a, vista 2)	Impacto Negativo (Ponto a, vista 2)
↑ PAF: 80% (vs. 40%)	↑ Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)
PAF: 60% (vs. 40%)	Orientação Sul (vs. norte)
Horário 15h (vs. 9h)	Período: inverno (vs. outono)
Latitude: Curitiba, -25,429° (vs. Brasília, -15,780°)	
Horário: 12h (vs. 9h)	
Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)	
Período: Primavera (vs. outono)	

Cap. 4 – Resultados e Discussões |

¹¹ Estabelecer relação e grau de impacto entre os parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais da luz, tendo como fonte a luz natural.

Propriedade refletiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09
(vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)

Impacto Positivo (Ponto a, vista 3)

PAF: 80% (vs. 40%)
PAF: 60% (vs. 40%)
Latitude: Curitiba, -25,429° (vs. Brasília, -15,780°)
Horário: 15h (vs. 9h)
Horário: 12h (vs. 9h)
Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98
(vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
Propriedade reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09
(vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)
Período: Primavera (vs. outono)

Impacto Negativo (Ponto a, vista 3)

Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)
Orientação Sul (vs. norte)

Impacto Positivo (Ponto a, vista 4)

PAF: 80% (vs. 40%)
PAF: 60% (vs. 40%)
Horário: 12h (vs. 9h)
Latitude: Curitiba, -25,429° (vs. Brasília, -15,780°)
Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98
(vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
Horário 15h (vs. 9h)
Propriedade refletiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09
(vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)

Impacto Negativo (Ponto a, vista 4)

Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)
Orientação Sul (vs. norte)

PONTO B

Impacto Positivo (Ponto b, vista 1)

PAF: 80% (vs. 40%)
PAF: 60% (vs. 40%)
Horário: 12h (vs. 9h)
Horário 15h (vs. 9h)
Período: Primavera (vs. outono)

Impacto Negativo (Ponto b, vista 1)

Orientação Sul (vs. norte)
Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
Período: inverno (vs. outono)
Latitude: Fortaleza, 3,72°S (vs. Brasília, -15,780°)

Impacto Positivo (Ponto b, vista 2)

PAF: 80% (vs. 40%)
PAF: 60% (vs. 40%)
Horário: 12h (vs. 9h)
Horário 15h (vs. 9h)
Período: Primavera (vs. outono)
Propriedade reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09
(vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)
Latitude: Curitiba, -25,429° (vs. Brasília, -15,780°)

Impacto Negativo (Ponto b, vista 2)

Orientação Sul (vs. norte)
Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)
Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
Período: inverno (vs. outono)

Impacto Positivo (Ponto b, vista 3)

PAF: 80% (vs. 40%)
PAF: 60% (vs. 40%)
Horário: 12h (vs. 9h)
Horário 15h (vs. 9h)
Período: Primavera (vs. outono)
Propriedade reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09
(vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)
Latitude: Curitiba, -25,429° (vs. Brasília, -15,780°)

Impacto Negativo (Ponto b, vista 3)

Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)
Orientação Sul (vs. norte)
Período: inverno (vs. outono)
Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)

Impacto Positivo (Ponto b, vista 4)	Impacto Negativo (Ponto b, vista 4)
PAF: 80% (vs. 40%)	Orientação Sul (vs. norte)
PAF: 60% (vs. 40%)	Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
Horário: 12h (vs. 9h)	Período: inverno (vs. outono)
Horário 15h (vs. 9h)	Latitude: Fortaleza, 3,72°S (vs. Brasília, -15,780°)
Período: Primavera (vs. outono)	
Propriedade reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09 (vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)	
Orientação: oeste (vs. norte)	

PONTO C

Impacto Positivo (Ponto c, vista 1)	Impacto Negativo (Ponto c, vista 1)
PAF: 80% (vs. 40%)	Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
PAF: 60% (vs. 40%)	Orientação Sul (vs. norte)
Horário: 12h (vs. 9h)	Período: inverno (vs. outono)
Horário 15h (vs. 9h)	Latitude: Fortaleza, 3,72°S (vs. Brasília, -15,780°)
Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)	
Período: Primavera (vs. outono)	

Impacto Positivo (Ponto c, vista 2)	Impacto Negativo (Ponto c, vista 2)
PAF: 80% (vs. 40%)	Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
PAF: 60% (vs. 40%)	Orientação Sul (vs. norte)
Horário: 12h (vs. 9h)	Período: inverno (vs. outono)
Horário 15h (vs. 9h)	Latitude: Fortaleza, 3°S (vs. Brasília, -15,780°)
Período: Primavera (vs. outono)	
Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)	
Propriedade reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09 (vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)	

Impacto Positivo (Ponto c, vista 3)	Impacto Negativo (Ponto c, vista 3)
PAF: 80% (vs. 40%)	Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
PAF: 60% (vs. 40%)	Orientação Sul (vs. norte)
Horário: 12h (vs. 9h)	Período: inverno (vs. outono)
Horário 15h (vs. 9h)	Latitude: Fortaleza, 3,72°S (vs. Brasília, -15,780°)
Período: Primavera (vs. outono)	
Orientação: oeste (vs. norte)	
Sombreamento (brise) - Com Brise (vs. sem brise)	
Propriedade reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09 (vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)	

Impacto Positivo (Ponto c, vista 4)	Impacto Negativo (Ponto c, vista 3)
PAF: 80% (vs. 40%)	Vidro: Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98 (vs. Incolor, simples Tvis 85%, M/P 1,01)
PAF: 60% (vs. 40%)	Orientação Sul (vs. norte)
Horário: 12h (vs. 9h)	Período: inverno (vs. outono)
Horário 15h (vs. 9h)	Latitude: Fortaleza, 3,72°S (vs. Brasília, -15,780°)
Período: Primavera (vs. outono)	
Orientação: oeste (vs. norte)	
Sombreamento (brise) – C/ Brise (vs. sem brise)	
Propriedade reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09 (vs. Branca, 77,80%, M/P 0,97)	

Os resultados evidenciam padrões consistentes: os PAFs de 60% e 80% (em comparação a 40%) e os horários de 12h e 15h (em relação às 9h) apresentaram impacto positivo significativo em todas as vistas analisadas. Em contrapartida, a orientação sul (vs. norte) revela efeito negativo sistemático. Esses achados quantificam de forma estatística as relações entre os parâmetros arquitetônicos e seus efeitos, oferecendo subsídios objetivos para diretrizes projetuais.

4.2.1.5 Relação e grau de impacto entre os parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais

Com base nos dados estatísticos, é possível apresentar a distribuição percentual da frequência com que as variáveis independentes (como o PAF e demais parâmetros) exerceram impactos positivos ou negativos nas simulações. A Tabela 46 reúne esses resultados, extraídos da análise de regressão e restritos aos coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Tabela 46 - Impactos na Mel-EDI (em %) em relação à análise de regressão (p -valor $< 0,05$)

Impactos na métrica Mel-EDI (em %)															
Latitude: Brasília (15°S); PAF: 40%; Orientação: Norte, Refletância: Branca, 77.80%, M/P 0,97; Vidro: Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01; Sombreamento: sem brise; Período do ano: outono; Nebulosidade: parcialmente encoberto (26% a 74%)															
Positivos	Pontos	Ponto a				Ponto b				Ponto c				Total	Em %
	Vistas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
	PAF 80%	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	12	100%
	PAF 60%	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	12	100%
	Horário: 15h	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	12	100%
	Horário: 12h	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	12	100%
	Latitude Curitiba (25°S)	x	x	x	x			x	x					6	50%
	Período do ano: primavera	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	11	92%
	Reflexão: azul, 71.26%, M/P 1,09	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	10	83%
	Orientação: oeste									x			x	3	25%
Negativos	Sombreamento: com brise									x	x	x	x	4	33%
	Vidro: Incolor, duplo, Tvis 63.2%, M/P 0,98		x	x	x									3	25%
	Pontos	Ponto a				Ponto b				Ponto c				Total	Em %
	Vistas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
	Sombreamento: com brise	x	x	x	x		x	x						6	50%
	Orientação: sul	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	12	100%
	Período do ano: inverno	x				x	x	x	x	x	x	x	x	9	75%
	Orientação: leste		x											1	8%
	Vidro: Incolor, duplo, Tvis 63.2%, M/P 0,98					x	x	x	x	x	x	x	x	8	67%
	Latitude: Fortaleza (5°S)					x			x	x	x	x	x	6	50%

Fonte: Autora.

Os PAFs de 60% e 80% reforçaram o desempenho do Mel-EDI devido à maior disponibilidade de luz, maior impacto nas simulações quanto aos efeitos não visuais da luz. Entre os demais parâmetros, o maior impacto positivo foi observado na refletância $\rho = 71,6\%$ (cor azul, M/P = 1,09). Em relação aos impactos negativos, destacaram-se a orientação sul, que apresentou baixo desempenho em todos os pontos (A, B e C), e o vidro Tvis = 63%, cujo

desempenho foi inferior ao do vidro de referência nos Pontos B e C. Do ponto de vista do impacto negativo, a orientação sul apresentou baixo desempenho no Mel-EDI em todos os pontos (A, B e C), seguida pelo tipo de vidro com Tvis de 63%, que, nos Pontos B e C, teve baixo desempenho nos efeitos não visuais (Mel-EDI).

A Tabela 47 apresenta a classificação das variáveis pela soma dos impactos absolutos na Vista 2 (lateral à janela, nos três pontos), indicando a direção do efeito (+, – ou neutro). Diferentemente da Tabela 47, os coeficientes com $p > 0,05$ (em cinza) foram desconsiderados, por não apresentarem significância estatística. O ranking prioriza variáveis com maior número de dados estatisticamente válidos ($p < 0,05$)¹².

Tabela 47 - Soma do valor absoluto do impacto com as variáveis – apenas vista lateral a janela

°	Variável	Vista 2 (lateral à janela)			Soma - Valor absoluto	Significância P-valor (ponto)
		Ponto a	Ponto b	Ponto c		
1º	PAF 80%	+979,70	+232,45	+94,68	1.306,83	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
2º	PAF 60%	+894,30	+191,41	+67,90	1.153,61	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
3º	Sombreamento: Com Brise	-909,00	-70,73	+14,05	993,78	0,000 (a), 0,000 (b), 0,007 (c)
4º	Orientação Sul	-373,10	-76,94	-32,55	482,59	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
5º	Horário: 15h	+243,90	+68,84	+30,52	343,26	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
6º	Horário: 12h	+176,60	+74,18	+38,07	288,85	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
7º	Latitude: Curitiba (-25,429°)	+215,90	+27,88	+3,70	247,48	0,000 (a), 0,012 (b), 0,423 (c)*
8º	Vidro: Incolor, duplo, Tvis 63,2%, M/P 0,98	+128,80	-31,61	-34,35	194,76	0,013 (a), 0,005 (b), 0,000 (c)
9º	Prop. reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09	+119,60	+29,04	+11,59	160,23	0,012 (a), 0,005 (b), 0,007 (c)
-	PAF 40% (ref.)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
-	Orientação Norte (ref.)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
-	Latitude: Brasília (ref.)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
-	Prop. Refl.: Branca, 77.80%, M/P 0,97 (ref.)	0,00	0,00	0,00	0,00	-

Legenda:

Impacto Positivo: - Aumenta o Mel-EDI.

Impacto Negativo: - Reduz o Mel-EDI.

Neutro (referência): - Categoria neutra (Análise base de referência para a regressão).

(*)Variável não significativa ($p > 0,05$).

Fonte: Autora

A 10ª posição, pelo impacto em valores absolutos, corresponderia à variável “Latitude: Fortaleza (-3,718°)”, com valor de 56,07. Embora todos os pontos (A, B e C) tenham apresentado impactos negativos, essa variável não foi incluída na tabela, pois os coeficientes dos pontos A e B apresentaram $p\text{-valor} > 0,05$, ou seja, não foram estatisticamente significativos.

¹² Análise base de referência para a regressão: Latitude: Brasília (-15,780°); PAF: 40%; Orientação: Norte, Refletância: Branca, 77.80%, M/P 0,97; Vidro: Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01; Sombreamento: sem brise; Período do ano: outono; Nebulosidade: parcialmente encoberto (26% a 74%)

A Tabela 48 classifica as variáveis pela soma dos impactos absolutos na **Vista 2** (lateral à janela, nos três pontos), indicando a direção do efeito (+, – ou neutro/referência).

Tabela 48 - Ordem por valor absoluto do impacto com as variáveis – apenas vista lateral à janela

°	Variável	Vista 2 (lateral à janela)			Significância P-valor (ponto)
		Ponto a	Ponto b	Ponto c	
1º	PAF 80%	+979,70	+232,45	+94,68	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
2º	PAF 60%	+894,30	+191,41	+67,90	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
3º	Horário: 15h	+243,90	+68,84	+30,52	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
4º	Horário: 12h	+176,60	+74,18	+38,07	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
5º	Latitude: Curitiba (-25,429°)	+215,90	+27,88	+3,70*	0,000 (a), 0,012 (b), 0,423* (c)
6º	Período do ano: Primavera (Equinócio)	+ 124,20	+ 36,21	+15,42	0,034 (a), 0,004 (b), 0,003 (c)
7º	Prop. reflexiva: Azul, 71.26%, M/P 1,09	+119,60	+29,04	+11,59	0,012 (a), 0,005 (b), 0,007 (c)
8º	Sombreamento: Com Brise	-909,00**	-70,73	+14,05	0,000 (a), 0,000 (b), 0,007 (c)
-	PAF 40% (ref.)	0,00	0,00	0,00	-
-	Horário: 9h (ref.)	0,00	0,00	0,00	-
-	Latitude: Brasília (15,78°S) (ref.)	0,00	0,00	0,00	-
-	Prop. refl.: Branca, 77.80%, M/P 0,97 (ref.)	0,00	0,00	0,00	-
-	Sombreamento: Sem Brise (ref.)	0,00	0,00	0,00	-
-	Orientação Norte (ref.)	0,00	0,00	0,00	-
-	Período do ano: Outono (Equinócio) (ref.)	0,00	0,00	0,00	-
9º	Latitude: Fortaleza (3,72°S)	-22,50*	-20,81*	-12,76	0,649* (a), 0,051* (b), 0,004 (c)
10º	Período do ano: Inverno (Solstício)	-28,50*	-30,78	-21,04	0,625* (a), 0,014 (b), 0,000 (c)
11º	Orientação: Leste	-170,40	-8,92*	-2,06*	0,003(a), 0,475* (b), 0,692* (c)
12º	Vidro: Incolor, duplo, Tvis 63,2%, M/P 0,98	+128,80***	-31,61	-34,35	0,013 (a), 0,005 (b), 0,000 (c)
13º	Orientação Sul	-373,10	-76,94	-32,55	0,000 (a), 0,000 (b), 0,000 (c)
-	Período do ano: Verão (Solstício)	+19,00*	+4,87*	+ 0,74*	0,745* (a), 0,699* (b), 0,887 (c)
-	Orientação: Oeste	+13,10*	+8,18*	+7,48*	0,819* (a), 0,506* (b), 0,145* (c)

Legenda:

Impacto Positivo:		- Aumenta o Mel-EDI.
Impacto Negativo:		- Reduz o Mel-EDI.
Neutro (referência):		- Categoria neutra (Análise base de referência para a regressão).
*Variável não significativa ($p > 0,05$).		- Não estatisticamente relevante
** Falso negativo (benéfico ao aluno)		
*** Falso positivo (prejudica o aluno)		- Exceção

Fonte: Autora

A maioria dos coeficientes negativos, embora numericamente inferiores ao cenário de referência, não apresentou significância estatística. Portanto, não é possível afirmar, por exemplo, que a orientação leste seja de fato pior que a norte nos Pontos B e C da Vista 2.

Alguns parâmetros exigiram tratamento específico para evitar interpretações equivocadas. No caso do vidro Tvis = 63% (incolor, M/P = 0,98), observou-se desempenho superior no Ponto A, mas este já apresentava valores muito acima do limiar de 250 Mel-EDI, não sendo um ponto crítico para efeitos não visuais. Nos Pontos B e C, o desempenho foi inferior, confirmando que a aplicação desse vidro não é vantajosa. Para evitar distorções na soma total dos coeficientes, o sinal do valor no Ponto A foi ajustado.

Situação semelhante ocorreu no parâmetro de sombreamento. O coeficiente negativo do “com brise” no Ponto A representava um falso negativo: embora reduza a iluminância, o brise controla o ofuscamento, beneficiando o conforto visual sem comprometer os efeitos não visuais (que permanecem acima de 250 Mel-EDI). Além disso, no Ponto C, verificou-se melhoria em relação ao cenário sem brise. Assim, também foi necessária a inversão do sinal nesse caso, para que o resultado refletisse o real benefício projetual.

A Tabela 49 apresenta a soma do Mel-EDI por parâmetro arquitetônico, considerando-os de forma isolada. Para coeficientes com $p > 0,05$, foi adotado o valor base de referência do intercepto. Essa análise considera apenas a Vista 2.

Tabela 49 – Soma de Mel-EDI em cada variável independente (parâmetros arquitetônicos)

Variável	Opção	Mel-EDI A	Mel-EDI B	Mel-EDI C	Total Mel-EDI
Refletância	Azul	1.337,4	278,76	111,65	1781,81
	Cor branca (cenário base)	1271,80	249,72	100,06	1621,58
Vidro	Tvis 85% (cenário base)	1271,80	249,72	100,06	1621,58
	Tvis 63.2%	1.143,00	218,11	65,71	1.426,82
PAF	80%	2251,50	482,17	194,74	2928,41
	40% (cenário base)	1271,80	249,72	100,06	1621,58
Orientação	Norte (cenário base)	1271,80	249,72	100,06	1621,58
	Sul	898,70	172,78	67,51	1138,99
Sombreamento	Com brise	2180,80	178,99	114,05	2473,84
	Sem brise (cenário base)	1.271,80	249,72	100,06	1,651,58

Fonte: Autora.

Com base nesses resultados, é possível comparar o desempenho total de cada parâmetro em relação ao cenário-base definido pela regressão (intercepto).

A Tabela 50 **organiza os parâmetros arquitetônicos** em classificação percentual (descrescente, do melhor resultado para o pior), tomando o cenário-base como 100% (soma A + B + C = 1.621,58). Os percentuais refletem o impacto relativo de cada opção no Mel-EDI, quando as demais variáveis permanecem fixas.

Tabela 50 – Ranking com observações considerando as três latitudes, todos os pontos e vistas

Variável	Classificação (Melhor para o Pior)
PAF	1° 80% (181%) > 2° 60% (171%) > 3° 40% (100% - base)
Observações	PAF foi a variável com maior impacto positivo absoluto no Mel-EDI.
Orientação	1° Norte (base) = 100% ≈ Oeste > 2° Leste (89%) > 3° Sul (70%)
Observações	Oeste e Norte são equivalentes e melhores. A orientação Leste é considerada como orientação intermediária. A Sul é consistentemente o pior desempenho - reduziu os valores de Mel-EDI em todos os sensores.
Prop. Reflexivas	1° Azul, 71.26%, M/P 1,09 (110%) > 2° Branca, 77.80%, M/P 0,97 (100% - base)
Observações	A refletância Azul (71,29%), embora seja inferior à da parede branca (77,80%), apresentou melhor desempenho em todos os pontos, indicando que o M/P mais elevado (1,09) foi decisivo para essa superioridade.
Vidro	1° Tvis 85%, M/P 1,01 (100% - base) > 2° Tvis 63,2%, M/P 0,98* (88%)
Observações	O vidro com Tvis de 63,2% reduz os valores de Mel-EDI nos Pontos B e C.
Sombreamento	1° Com Brise (153%) > 2° Sem Brise (100% - base)
Observações	Uma análise superficial pode sugerir que a opção "Sem Brise" é a mais eficiente, devido aos seus coeficientes positivos predominantes. No entanto, essa conclusão é enganosa. Os coeficientes negativos significativos do "Com Brise" (ex.: -1.318,30 no Ponto A , Vista 1) indicam uma redução no ofuscamento próximo à janela, o que representa uma vantagem para os efeitos visuais e não visuais. No Ponto C (11,95 m), o "Com Brise" apresenta impactos positivos (ex.: +30,79 na Vista 4), contribuindo para uma melhor distribuição luminosa no ambiente.
Latitude	1° Curitiba (25,429°S) > 2° Brasília (15,780°) > 3° Fortaleza (3,72°S)
Observações	Curitiba apresenta impacto positivo especialmente no Ponto A e em algumas vistas do Ponto B , enquanto Fortaleza demonstra efeito negativo no Ponto C .

Fonte: Autora.

A orientação Oeste, mesmo considerando só o coeficiente do Ponto C (p-valor <0.05), ainda é positivo e relativamente alto, e como o somatório A + B + C é a base do cálculo, esse valor sozinho já foi suficiente para puxar o desempenho do Oeste para um valor similar a 100% (base = Norte).

A Tabela 51 **analisa a variável latitude** em comparação à referência de Brasília (–15,780°), considerando Fortaleza (–3,718°) e Curitiba (–25,429°). Foram incluídos apenas os coeficientes estatisticamente significativos (p < 0,05), referentes à Vista 2.

Tabela 51 - Impactos das latitudes -3,718° e 25,43°S em Mel-EDI em relação a latitude 15,78°S

Latitude	Mel-EDI A	Mel-EDI B	Mel-EDI C	Total Mel-EDI
25,43°S CWB (p<0.05)	1487,70	277,60	100,06	1865,36
3,72°S FOR (p<0.05 apenas em C)	1271,80	249,72	87,30	1608,82

Fonte: Autora.

A latitude –25,429° (Curitiba) apresentou o melhor desempenho em Mel-EDI, superando –3,718° (Fortaleza) em 15,94% e 15,780°S (Brasília) em 15,04%. A latitude –3,718° (Fortaleza) teve desempenho muito próximo ao de Brasília, apenas 0,79% inferior, indicando que a proximidade ao Equador não proporciona vantagens significativas em relação à latitude de Brasília para o Mel-EDI neste contexto.

Enquanto este subcapítulo analisou as variáveis independentes de forma isolada, o próximo subcapítulo aborda os cenários, ou seja, a combinação dos parâmetros arquitetônicos e das latitudes, identificando as combinações que resultaram nos melhores e piores desempenhos da sala de aula em Mel-EDI.

4.2.1.6 Cenários – melhor e pior para obtenção de Mel-EDI

Os cenários — ou *casos*, termo mais usual em estatística — correspondem às combinações entre as variáveis independentes. Cada combinação resulta em um cenário específico.

Para a avaliação, foram geradas todas as combinações possíveis, inicialmente apenas entre os parâmetros arquitetônicos:

$$2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 4 = 96 \text{ cenários.}$$

A lista completa encontra-se no **APÊNDICE K**. Somando-se os resultados dos pontos A, B e C (em Mel-EDI), foi possível classificar os melhores e piores cenários.

Na análise, apenas coeficientes com $p < 0,05$ foram considerados válidos; valores não significativos ($p \geq 0,05$) foram zerados. Ressalta-se que coeficientes **positivos** representam incremento do Mel-EDI em relação ao cenário de referência (maior potencial para os efeitos não visuais), enquanto coeficientes **negativos** indicam redução do Mel-EDI.

Nos parâmetros **Vidro** e **Brise**, foram aplicados ajustes, conforme explicado no subcapítulo anterior, para evitar distorções no Ponto A. Assim, nesse ponto, o sinal dos coeficientes foi invertido (apenas no Ponto A).

Melhor cenário (A+B+C, todas as vistas):

- PAF 80%
- Propriedades reflexivas: azul ($p = 71,26\%$, $M/P = 1,09$)
- Vidro Tvis 85%, incolor ($M/P = 1,01$)
- Com brise
- Orientação norte

Pior cenário (A+B+C, todas as vistas):

- PAF 40%
- Propriedades reflexivas: branca ($p = 77,80\%$, $M/P = 0,97$)
- Vidro Tvis 63,2%, incolor ($M/P = 0,98$)
- Sem brise

- Orientação sul

Segundo a regressão estatística, a diferença relativa entre esses dois cenários, entre o melhor e pior, alcança $\approx 507,7\%$ (A+B+C).

Fazendo a mesma análise, agora para somente a vista 2, os **3 melhores e piores cenários (A+B+C)** foram:

Melhores Cenários (vista 2)

1. **PAF 80% + Propriedades Reflexivas (cor azul, $\rho = 71,26\%$, M/P 1,09) + Vidro Tvis 85%, incolor M/P 1,01 + Com brise + Orientação norte \rightarrow o melhor cenário**
2. PAF 80% + Propriedades Reflexivas (cor azul, $\rho = 71,26\%$, M/P 1,09) + Vidro Tvis 63,2%, incolor M/P 0,98 + Com brise + Orientação norte
3. PAF 80% + Propriedades Reflexivas (cor azul, $\rho = 71,26\%$, M/P 1,09) + Vidro Tvis 85%, incolor M/P 1,01 + Sem brise + Orientação norte

Piores Cenários (vista 2)

1. **PAF 40% + Propriedades Reflexivas (cor branca, $\rho = 77,80\%$, M/P 0,97) + Vidro Tvis 63,2%, incolor M/P 0,98 + Sem brise + Orientação sul \rightarrow o pior cenário**
2. PAF 40% + Propriedades Reflexivas (cor branca, $\rho = 77,80\%$, M/P 0,97) + Vidro Tvis 85%, incolor M/P 1,01 + Sem brise + Orientação sul
3. PAF 40% + Propriedades Reflexivas (cor branca, $\rho = 77,80\%$, M/P 0,97) + Vidro Tvis 63,2%, incolor M/P 0,98 + Com brise + Orientação sul

Na Vista 2, o melhor cenário gera aproximadamente **+317% de Mel-EDI** em relação ao pior cenário.

Inserindo a variável independente, latitude (3,72°S, 15,78°S e 25,43°S) em conjunto com os parâmetros arquitetônicos, gera um total de combinações:

$$2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 4 \times 3 = 288 \text{ cenários.}$$

A adição da latitude não alterou a configuração do melhor e do pior cenário, que permaneceram os mesmos. Contudo, a Tabela 52 apresenta as variações percentuais entre melhor e pior cenário para cada latitude, tomando como referência $-15,780^\circ$ (Brasília).

Tabela 52 - Variação (%) entre o pior e o melhor cenário

Latitude (Cidade)	Melhor Cenário (em Mel-EDI)	Pior Cenário (em Mel-EDI)	Variação (%) Entre o pior e o melhor cenário
3,72°S (Fortaleza)	3907.39	910.66	+328.9%
15,78°S (Brasília)	3940.96	944.23	+317.4%
25,43°S (Curitiba)	4184.74	1188.01	+252.2%

Fonte: Autora.

Portanto, a **média da variação percentual** entre o pior e o melhor cenário é de **299.5%**.

Cálculo por latitude

- 3°S (Fortaleza):

$$\frac{3907.39}{910.66} \approx 4.29 \text{ vezes}$$
- 15°S (Brasília):

$$\frac{3940.96}{944.23} \approx 4.17 \text{ vezes}$$
- 25°S (Curitiba):

$$\frac{4184.74}{1188.01} \approx 3.52 \text{ vezes}$$

Média entre as três latitudes

$$\frac{4.29 + 4.17 + 3.52}{3} \approx 4.00 \text{ vezes}$$

Logo, considerando a média entre as três latitudes, o melhor cenário apresentou desempenho aproximadamente **quatro vezes superior** ao pior.

Dessa forma, os resultados das simulações permitem identificar não apenas o impacto individual de cada parâmetro arquitetônico nas decisões projetuais, mas também a configuração dos **melhores e piores cenários**.

Os dados apresentados nos subcapítulos **4.2.1.5** e **4.2.1.6** atendem ao terceiro objetivo específico desta tese: *“Estabelecer relação e grau de impacto entre os parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais da luz”*.

As implicações desses achados são discutidas no subcapítulo seguinte.

4.3 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS EM RELAÇÃO À LITERATURA

As análises e discussões deste subcapítulo têm como objetivo interpretar os resultados obtidos, esclarecer seus significados e discutir suas relações com a literatura existente sobre o tema. O material foi organizado por variável dependente: **Mel-DER, % de vistas com Mel-EDI > 250 e Mel-EDI**, com ênfase nessa última, por ser a mais explorada nos estudos da área.

4.3.1 Mel-DER

No teste de hipóteses e na análise de regressão, o Mel-DER apresentou **p-valor > 0,05**, não demonstrando relevância estatística em relação às variáveis independentes – PAF, sombreamento e período do ano. Ainda assim, verificou-se que o parâmetro arquitetônico mais influente foi a **propriedade reflexiva dos materiais**. Além disso, observou-se que o **tipo de céu (nebulosidade)** também impactou os resultados, ainda que essa variável não tenha sido incluída de forma independente na tese, mas identificada indiretamente pelas alterações nas configurações de céu simuladas no software ALFA.

Embora o Mel-DER não seja amplamente explorado nos artigos sobre efeitos não visuais em ambientes com iluminação natural, esta pesquisa aponta que ele pode ser promissor em estudos futuros. No entanto, dentro do escopo desta tese, a métrica não apresentou grandes variações diante da alteração das variáveis independentes, mantendo valores médios **acima de 0,90**, o que indica boa eficácia melanópica (rica em espectros azuis).

Na literatura, Bellia et al. (2020) verificaram que a diferença de Mel-DER entre latitudes foi insignificante (variação máxima de 10%), resultado semelhante ao encontrado nessa pesquisa para Fortaleza (3,72°S), Brasília (-15,780°) e Curitiba (-25,429°). Em consonância, os dados desta tese também mostraram que a latitude com maior nebulosidade apresentou os menores valores.

Apesar da média geral satisfatória (>0,90), **Fortaleza apresentou desempenho inferior**, especialmente nos pontos B e C. Essa limitação deve-se ao fato de não terem sido realizadas simulações em condição de céu claro (0–25% de nebulosidade), ao contrário do que ocorreu nas demais localidades. O teste de hipóteses demonstrou que o céu parcialmente encoberto apresentou valores **11,54% menores** em comparação ao céu claro, justificando os resultados obtidos.

Os achados reforçam a necessidade de **pesquisas sobre SPDs característicos das cidades brasileiras**, com perfis diários típicos por estação do ano. A partir de dados meteorológicos (Climate.onebuilding.org, 2023), seria possível estimar sazonalmente o número de dias claros, nublados e intermediários e calcular o potencial anual da luz diurna para os efeitos não visuais (Inanici, Abboushi, Safranek, 2023; Bellia et al., 2020; Balakrishnan et al., 2023).

4.3.1.1 Porcentagens de vistas acima de 250 Mel-EDI – % de vistas >250 Mel-EDI

Segundo o teste de hipóteses, **todos os parâmetros arquitetônicos apresentaram significância estatística** em relação à porcentagem de vistas acima de 250 Mel-EDI (% de vistas >250 Mel-EDI) (ver APÊNDICE I e J).

Esse parâmetro não corresponde a uma métrica consolidada, mas sim a uma referência adotada pelo software ALFA. Por isso, não foram encontradas menções diretas na literatura. Entretanto, ele pode ser compreendido como uma **“área” de atendimento aos efeitos não visuais** no interior do ambiente. Tal abordagem vem sendo explorada em estudos recentes por meio de fórmulas matemáticas e análises em planta, semelhantes àquelas já consolidadas para efeitos visuais (Konis, 2017).

Com a evolução de softwares para simulação de efeitos não visuais, espera-se que se torne possível não apenas obter dados anuais (Aguilar-Carrasco; Acosta; Domínguez-Amarillo, 2023b; Maskarenj; Deroisy; Altomonte, 2022), mas também realizar **visualizações em planta das áreas que atendem simultaneamente às demandas visuais e biológicas** (Altenberg Vaz; Inanici, 2021d; Konis, 2019).

Os resultados desta tese confirmam que a % de vistas >250 Mel-EDI **reflete a profundidade em que os estímulos circadianos permanecem adequados**. Observou-se que, sobretudo no **Ponto C** (11,95 m) e, em algumas situações, no **Ponto B** (7,15 m), os valores ficaram consistentemente abaixo do limiar mínimo recomendado (>250), reforçando a influência da **distância da janela** sobre a disponibilidade de estímulos não visuais (Brown, 2020).

A Tabela 53 ilustra a aplicação da metodologia de Altenberg Vaz e Inanici (2021), que relaciona a eficiência circadiana à distância da janela e à orientação norte, considerando todos os períodos diários simulados. Esse método mostrou que os estímulos não visuais decaem com

o afastamento da janela, corroborando resultados anteriores (Altenberg Vaz; Inanici, 2021d; Cai et al., 2018c; Ghaeili Ardabili; Wang; Wang, 2023).

Tabela 53 – Orientação - Norte, Horário - 9/12/15h, Período, PAF – 40/60/80%

Latitude	PAF	Vista	Porcentagens com vista acima de 250 Mel-EDI (considerando uma vista por ponto)			Média das Porcentagens com vistas acima de 250 Mel-EDI (área da sala)
			PONTO A (2,35m)	PONTO B (7,15m)	PONTO C (11,95m)	
FOR -3,718°	40%	1	100%	100%	41,6%	53% da área da sala
		2 e 3	100%	41,6%	0%	
		4	83%	0%	0%	
	60%	1	100%	100%	100%	70% da área da sala
		2 e 3	100%	91,6%	4%	
		4	95,8%	4,1%	4,1%	
	80%	1	100%	100%	100%	83% da área da sala
		2 e 3	100%	100%	10%	
		4	95%	6,6%	11,6%	
BSB 15,78°S	40%	1	100%	100%	97,2%	59% da área da sala
		2 e 3	100%	66,6%	75%	
		4	83,3%	0%	0%	
	60%	1	100%	100%	95%	72% da área da sala
		2 e 3	100%	88,3%	10%	
		4	88,3%	3,3%	11,6%	
	80%	1	100%	100%	95%	75% da área da sala
		2 e 3	100%	90,4%	30,9%	
		4	92,8%	22,1%	21,4%	
CWB 25,43°S	40%	1	100%	100%	91,6%	63% da área da sala
		2 e 3	100%	75%	8,3%	
		4	91,6%	8,3%	0%	
	60%	1	100%	100%	100%	77% da área da sala
		2 e 3	100%	100%	25%	
		4	100%	20,8%	22,9%	
	80%	1	100%	100%	100%	81% da área da sala
		2 e 3	100%	100%	36,6%	
		4	100%	28,3%	30%	

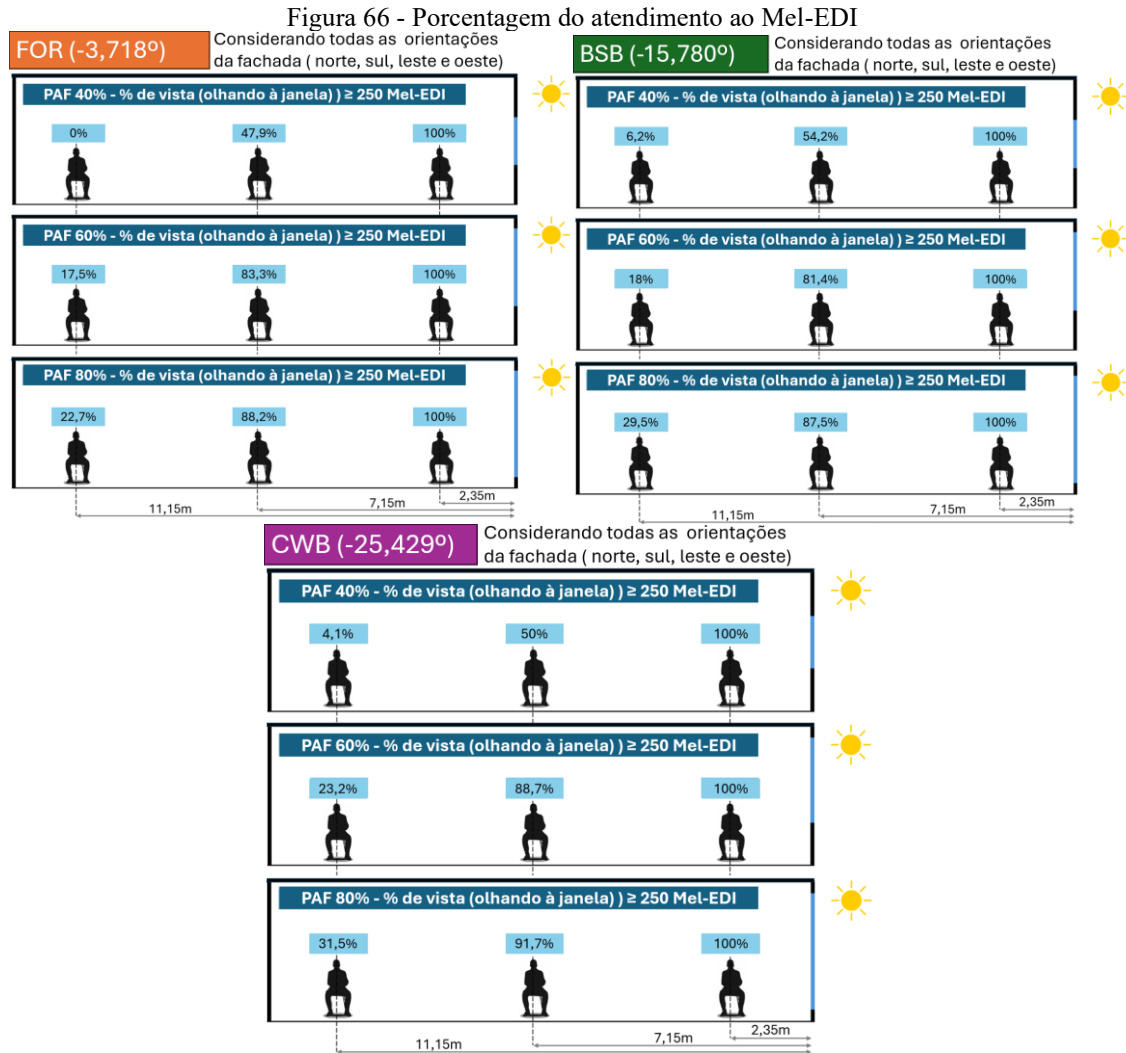
Fonte: Autora.

Adicionalmente, os pontos analisados (A, B e C) foram correlacionados à média das porcentagens de vistas >250 Mel-EDI em relação à área total da sala de aula em estudo. Essa associação amplia a interpretação dos resultados, permitindo estabelecer vínculos entre métricas pontuais e a abrangência espacial dos efeitos não visuais.

Os resultados indicam um aumento expressivo na área que atende aos efeitos não visuais no intervalo entre PAF 40% e 60%. Esse comportamento evidencia que a variação do PAF está diretamente associada à ampliação da superfície do ambiente capaz de oferecer estímulos circadianos adequados.

A Figura 66, ilustra, de forma esquemática, o desempenho dos pontos A, B e C em função de seu distanciamento da janela, destacando a posição mais favorável para o aluno:

aquela situada em proximidade imediata à abertura, isto é, adjacente à janela da sala de aula (Tregenza; Wilson, 2011; CHPS, 2022). Essa representação reforça a importância da relação entre layout espacial, orientação luminosa e distribuição dos efeitos não visuais no interior do ambiente construído.



Fonte: Autora

Assim como na Tabela 53, a Figura 66 reforça o baixo desempenho do **Ponto C** em todas as análises, especialmente no PAF de 40%, que chega a 0% em Fortaleza.

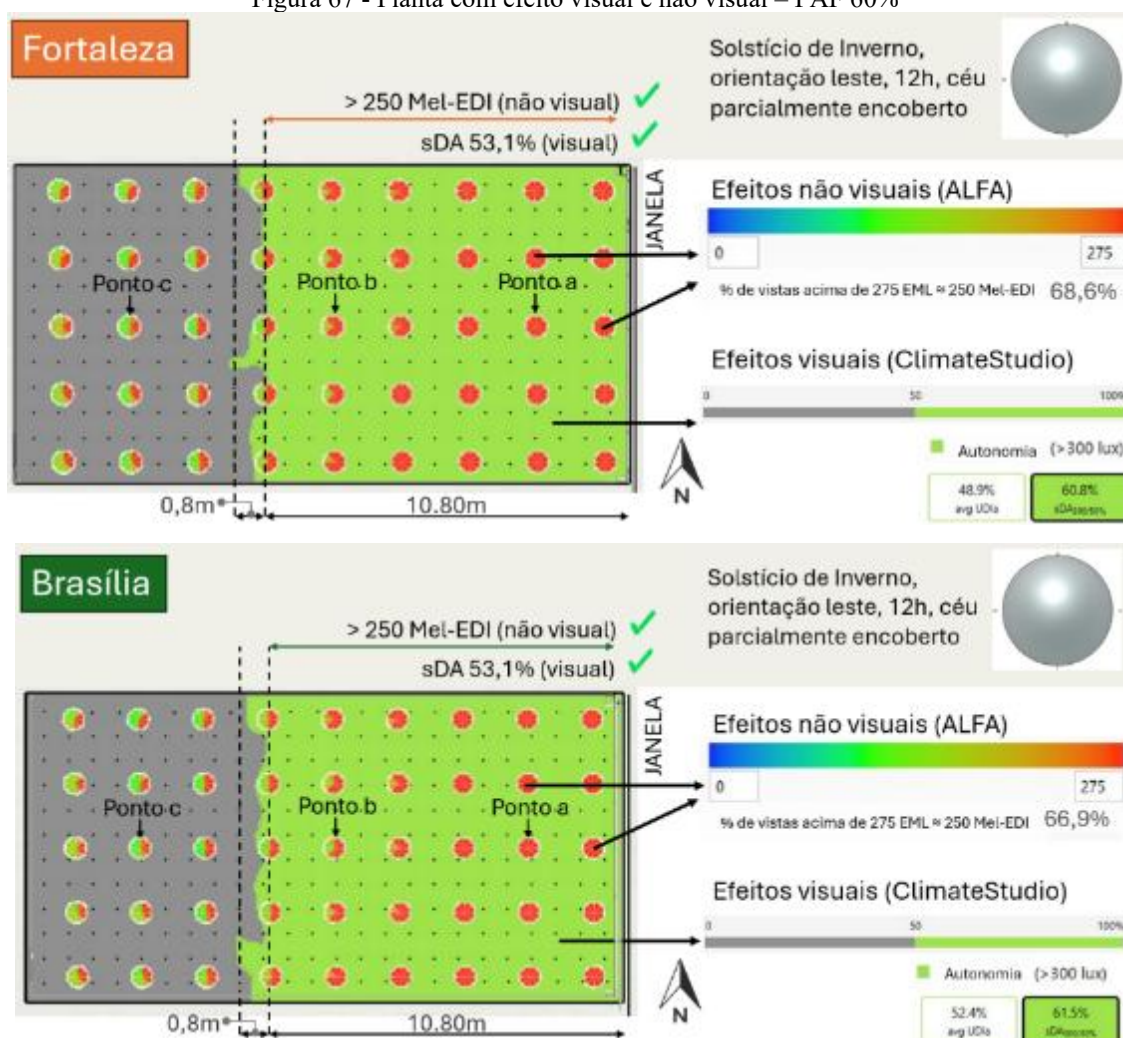
A Figura 67 apresenta a sobreposição, em planta (PAF 60%), da sala de aula analisada às 12h, durante o solstício de inverno, com a fachada orientada para o leste. As visualizações em planta englobam tanto os efeitos visuais, obtidos por meio das simulações no ClimateStudio, quanto os efeitos não visuais, gerados a partir do ALFA.

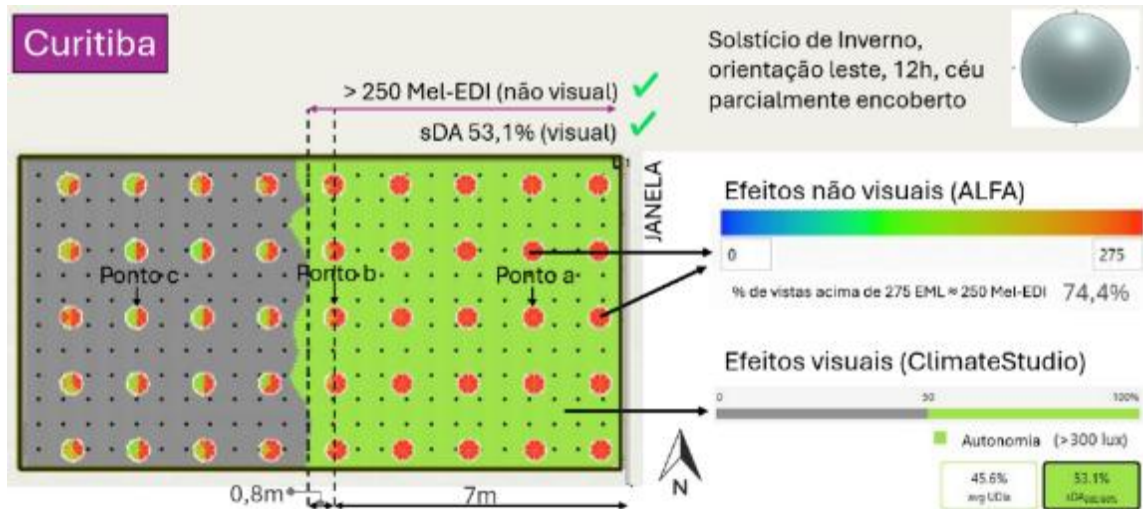
A escolha do horário das 12h justifica-se por seu desempenho satisfatório em diferentes estudos da literatura (Gentile et al., 2022; Mardaljevic et al., 2014; Maskarenj; Deroisy;

Altomonte, 2022), além de ter se mostrado consistente também nos resultados desta tese. Contudo, a análise foi realizada considerando o solstício de inverno — período menos favorável do ano — e uma orientação leste, a qual tende a apresentar desempenho intermediário em termos de eficiência circadiana apresentada nessa tese

O objetivo dessa estratégia metodológica é avaliar uma condição adversa em termos sazonais, mas tomando como referência o horário mais adequado para a obtenção de efeitos não visuais. Ademais, a Figura 67 permite evidenciar, de maneira visualmente clara, a compatibilização das simulações entre efeitos visuais e não visuais, ressaltando as zonas do ambiente que atendem simultaneamente a ambos os critérios em planta.

Figura 67 - Planta com efeito visual e não visual – PAF 60%





Fonte: Autora.

Fortaleza ($-3,718^\circ$) e Brasília ($15,78^\circ\text{S}$) apresentaram médias semelhantes quanto à profundidade de atendimento aos efeitos visuais. O limite da mancha de sDA coincide com o alcance dos efeitos não visuais para ocupantes posicionados frontalmente à janela, atingindo aproximadamente 10,80 metros; lateralmente, cerca de 7 metros. Para ocupantes voltados para o lado oposto à janela, essa distância reduziu-se de forma significativa: cerca de 5 metros em Fortaleza e 4 metros em Brasília.

Em Curitiba, por sua vez, a mancha de atendimento do sDA mostrou-se compatível com os efeitos visuais tanto para ocupantes posicionados frontalmente quanto lateralmente à janela, alcançando aproximadamente 7 metros em ambos os casos. Para aqueles voltados para o lado oposto, a profundidade de atendimento foi de cerca de 5 metros, valor semelhante ao observado nas demais localidades.

À luz da literatura, uma proposta de profundidade de sala de aula que contemple simultaneamente os efeitos visuais e não visuais deve considerar, além de parâmetros técnicos, a percepção dos próprios usuários. Um estudo recente com alunos, voltado à avaliação subjetiva da iluminação natural, indicou maior satisfação em ambientes de menor profundidade — aproximadamente 5 metros, conforme apontam os autores (Xu; Gao; Wu, 2025). Naturalmente, tais dados podem apresentar variações caso a avaliação seja realizada com alunos brasileiros. Contudo, o resultado apresentado pelos autores constitui uma referência válida a ser considerada.

Com base nos resultados desta tese, destaca-se o bom desempenho observado no Ponto B (≈ 7 metros da janela). Considerando, ainda, os resultados de trabalhos anteriores (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Tregenza; Wilson, 2011; Xu; Gao; Wu, 2025), **sugere-se que a profundidade da sala de aula varie entre 5 e 7 metros**, considerando salas com planta

retangulares, conforme adotado no estudo de caso. **Ressalta-se, entretanto, que a profundidade ideal deve ser determinada a partir de simulações específicas em cada projeto arquitetônico;** ainda assim, a faixa aqui identificada constitui uma referência inicial pertinente para estudos preliminares.

4.3.1.2 Mel-EDI

A seguir, discute-se o comportamento do Mel-EDI em relação aos parâmetros arquitetônicos, com base nos resultados desta tese e em comparação com a literatura.

4.3.1.3 Percentual de Abertura da Fachada - PAF

O Percentual de Abertura da Fachada (PAF) é um dos parâmetros arquitetônicos cujo impacto nos efeitos não visuais pode variar de acordo com outros aspectos do projeto. A seguir, discutem-se fatores observados tanto na literatura quanto nos resultados desta tese.

O PAF foi a variável independente de maior impacto para o aumento dos efeitos não visuais na sala de aula analisada, caracterizada por uma planta profunda¹³. Nesse contexto, PAFs mais elevados — 60% e 80% — apresentaram desempenho superior em relação ao valor de 40%, promovendo maior potencial de estimulação não visual. O aumento do PAF (de 40% para 60% ou 80%) resultou em um acréscimo positivo e estatisticamente significativo do Mel-EDI, considerando a vista 2, em todos os pontos avaliados ($p < 0,05$). O maior impacto percentual foi verificado no ponto C (94,62% ao passar para PAF 80%), seguido pelo ponto B (93,08%) e pelo ponto A (77,04%). De forma geral (média dos 3 pontos), o aumento foi de $\approx 88,25\%$. Ambientes mais profundos demandam maior aporte de luz natural, o que torna os PAFs mais altos mais eficazes na promoção dos efeitos não visuais.

Considerando uma hipótese em que a profundidade da sala fosse limitada até o ponto B (≈ 7 metros da janela), o PAF de 40% já não representaria uma escolha desfavorável para o projeto, uma vez que o ponto C concentrava a situação mais crítica para a estimulação não visual, a qual deixaria de existir com a redução da profundidade. Dessa forma, a definição do PAF deve estar vinculada à profundidade prevista no projeto arquitetônico (Acosta et al., 2019c; Acosta; Leslie; Figueiro, 2017b; Altenberg Vaz; Inanici, 2021d; Tregenza; Wilson, 2011b; Xu; Gao; Wu, 2025). Em salas menos profundas (menos de 7 m, no caso deste estudo), o aumento

¹³ Salas profundas — cuja profundidade (D) excede 2,5 vezes a altura do vão superior da janela (H) (Altenberg & Inanici, 2021).

do PAF deixa de assumir importância crítica, visto que o objetivo principal dos efeitos não visuais não é alcançar os maiores valores absolutos de Mel-EDI, mas sim garantir o mínimo de 250 Mel-EDI por cerca de 3 a 4 horas diárias (Andersen; Mardaljevic; Lockley, 2012a).

Nessas condições, a refletância dos materiais internos torna-se tão determinante quanto o próprio PAF (Acosta et al., 2019c; Acosta; Leslie; Figueiro, 2017b; Altenberg Vaz; Inanici, 2021d; Tregenza; Wilson, 2011b; Xu; Gao; Wu, 2025). A literatura destaca uma relação de compensação: PAFs mais baixos requerem o uso de materiais de alta refletância, enquanto PAFs mais elevados podem garantir desempenho satisfatório mesmo com refletâncias médias. Esse aspecto é especialmente relevante em ambientes menores, nos quais a proximidade entre superfícies potencializa as reflexões internas, ampliando sua influência sobre a distribuição luminosa.

Outro fator que influencia diretamente a escolha do PAF é o tipo de céu (porcentagem de nebulosidade) da localidade onde a edificação foi implantada. Em cidades com alta incidência de céu claro ou parcialmente encoberto, como Brasília e Curitiba, os efeitos não visuais podem ser atendidos mesmo com PAFs menores, como 40%. Já em localidades com maior prevalência de céu encoberto ou baixa ocorrência de céu claro, como Fortaleza, é recomendável o uso de PAFs mais elevados, como 60% (Bellia et al., 2020b; Xu; Gao; Wu, 2025). Os resultados obtidos por estes autores são corroborados pelos resultados desta tese.

De acordo com os resultados desta tese, PAFs entre 40% e 80% atendem aos critérios relacionados aos efeitos não visuais da luz. A adequação do PAF de 40%, contudo, está condicionada à adoção de estratégias complementares. Entre elas, incluem-se a redução da profundidade da sala, o uso de superfícies com cores claras, refletâncias elevadas nas paredes ($\rho \approx 80\%$) e no teto ($\rho \approx 90\%$), refletâncias de piso dentro da faixa da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 ($\rho \approx 40\%$) e elevados índices Mel-DER ($> 0,90$). Este resultado corrobora os achados da literatura (Acosta et al., 2019c; Acosta; Leslie; Figueiro, 2017b; Xu; Gao; Wu, 2025; Yao et al., 2020c).

O **PAF de 60%** é considerado o ideal em projetos (Acosta; Leslie; Figueiro, 2017; Yao et al., 2020), por proporcionar bom desempenho nos efeitos não visuais, reduzir a necessidade de superfícies altamente refletoras e ainda permitir vistas externas, contribuindo para a estimulação circadiana. Já o PAF de 80% apresenta desempenho similar, com leve vantagem em relação à estimulação não visual.

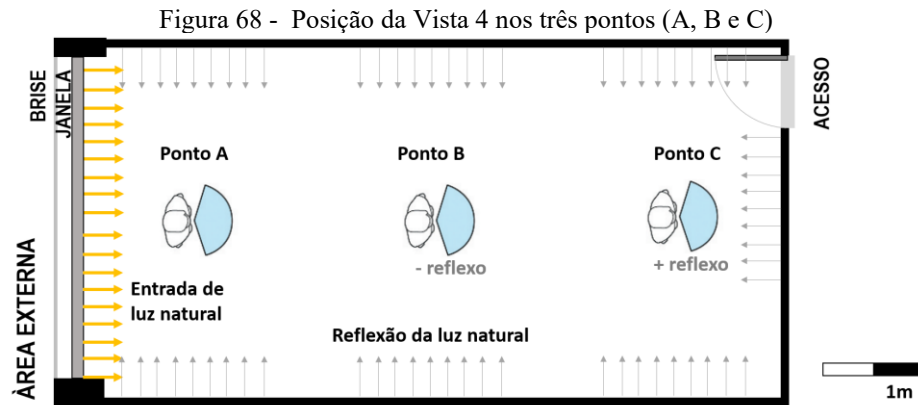
Portanto, recomenda-se o uso de PAFs mais elevados para favorecer a entrada de luz natural e o estímulo circadiano. Ainda assim, é fundamental que essa escolha leve em conta outros aspectos do conforto ambiental.

4.3.1.4 Propriedades reflexivas

As propriedades reflexivas dos materiais — com valores elevados em paredes ($\rho \approx 80\%$), teto ($\rho \approx 90\%$) e pisos ($\rho \approx 40\%$), conforme recomendado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 —, associadas ao uso de cores e tonalidades claras, como branco e azul-claro, e a elevados valores de Mel-DER (> 1 ou $> 0,90$ para M/P), apresentam maior impacto positivo na iluminação circadiana. Esse resultado corrobora os achados da literatura (França, 2024; Yao et al., 2020c; Potočnik; Košir, 2020).

Esta variável independente está associada à área disponível para a reflexão da luz e, por isso, relaciona-se diretamente tanto ao PAF quanto ao dimensionamento da sala. Em ambientes com PAF mais elevado, a entrada direta de luz natural é maior, o que reduz a contribuição das superfícies internas na reflexão da luz e, conseqüentemente, diminui o impacto da refletância sobre os efeitos não visuais (Cai et al., 2018; Yao et al., 2020).

O mesmo ocorre em salas de grandes dimensões, como a analisada nessa tese, nas quais o maior distanciamento entre as superfícies reduz a eficácia das reflexões internas (Altenberg Vaz; Inanici, 2021; França, 2024). Esse efeito foi evidenciado nas simulações da Vista 4, voltada para o fundo da sala. O Ponto B, localizado a aproximadamente 7 metros da janela, apresentou, em diversas condições, menor estímulo circadiano do que o Ponto C, mesmo estando este último mais afastado (≈ 12 metros). A diferença se deve ao fato de que, no Ponto C, o sensor estava orientado diretamente para uma superfície refletora — a parede de fundo da sala —, enquanto, no Ponto B, havia maior afastamento em relação a qualquer plano de reflexão. Essa condição fez com que, em algumas simulações, o Ponto C apresentasse melhor desempenho em termos de estímulo circadiano (França, 2024). A Figura 68 ilustra a Vista 4, de costas para a janela, com os três pontos estudados (A, B e C).



Fonte: Autora.

Em salas menores (Cai et al., 2018c; Xu; Gao; Wu, 2025), a menor distância entre superfícies — especialmente as paredes — aumenta o potencial de reflexão da luz no ambiente, tornando a refletância um fator mais relevante para intensificar os efeitos não visuais. Assim, o impacto da refletância depende do contexto espacial, sendo mais significativo em ambientes compactos e menos influente em salas profundas, nas quais o PAF exerce papel predominante ao ampliar a luz em áreas afastadas da janela.

Embora o tamanho das janelas e as propriedades do vidro também influenciem a iluminação circadiana, a luz refletida internamente ganha maior importância quando o ocupante está posicionado em zonas mais profundas da sala (Cai et al., 2018c; Yao et al., 2020).

Nas simulações desta tese, a parede com acabamento na cor azul ($\rho = 71,26\%$; $M/P = 1,09$) apresentou melhor desempenho nos efeitos não visuais do que a com parede na cor branca ($\rho = 77,80\%$; $M/P = 0,97$). Apesar da menor refletância, o valor mais elevado do índice M/P mostrou-se mais determinante para a estimulação circadiana, resultando em desempenho médio 10,71% superior da superfície azul em relação à branca. Esse resultado corrobora os achados da literatura (Cai et al., 2018; Yao et al., 2020; França, 2024).

Essa análise é especialmente relevante porque grande parte da literatura concentra suas discussões em parâmetros como cor, refletância e acabamento dos materiais¹⁴ (Cai et al., 2018c; Xu; Gao; Wu, 2025; Yao et al., 2020), sem apresentar informações sobre o M/P (ou Mel-DER) dos materiais empregados.

Portanto, ao comparar diferentes estudos que abordam propriedades reflexivas, é fundamental considerar não apenas os valores obtidos, mas também as características ópticas

¹⁴ Os materiais selecionados nesta pesquisa foram selecionados com acabamentos foscos (matte) nas paredes e teto (ver

dos materiais, os dados de M/P (ou Mel-DER), as condições experimentais aplicadas e os objetivos de cada investigação.

4.3.1.5 Orientação

A Tabela 54 apresenta os resultados da variável independente *orientação* (norte, sul, leste e oeste), expressos pela porcentagem de medições em que os sensores registraram valores iguais ou superiores a 250 Mel-EDI. Os cálculos consideraram simultaneamente todas as demais variáveis independentes analisadas nessa tese — latitude, horário, período do ano e parâmetros arquitetônicos. As porcentagens foram avaliadas separadamente para cada ponto (A, B e C) e em relação a todas as vistas (1, 2, 3 e 4).

Tabela 54 - Porcentagem média geral ≥ 250 Mel-EDI por ponto e orientação

Orientação	Ponto A (2,35m)			Ponto B (7,15m)			Ponto C (11,95m)		
	Vistas ↓			Vistas ↓			Vistas ↓		
	1	2 e 3	4	1	2 e 3	4	1	2 e 3	4
Norte	100%	100%	94,5%	100%	91,4%	14,3%	96%	20,8%	16,4%
Leste	100%	100%	83,3%	100%	78,5%	20,4%	89,7%	25,5%	21,5%
Oeste	100%	100%	83%	99,7%	81%	26%	91,6%	30,3%	26,5%
Sul	100%	100%	87,2%	99,7%	82,1%	5,6%	89,8%	8,3%	5,3%

Fonte: autora

As orientações apresentaram o seguinte desempenho geral, considerando os dados absolutos de todos os pontos avaliados: **1° Norte \approx Oeste > 2° Leste > 3° Sul**.

No contexto brasileiro, localizado no Hemisfério Sul, verificou-se um empate técnico entre as orientações norte e oeste em termos de valores absolutos de Mel-EDI. A orientação oeste apresentou desempenho ligeiramente superior apenas em alguns casos pontuais, especialmente no Ponto C. Entretanto, ao se considerar os resultados da análise de regressão, a orientação norte se destacou como a mais favorável, com impacto positivo significativo no Mel-EDI, sobretudo em função de sua constância ao longo do ano e da presença de coeficientes estatisticamente válidos ($p < 0,05$). Já a orientação oeste apresentou coeficientes estatisticamente válidos apenas na Vista 4 do Ponto B e nas Vistas 3 e 4 do Ponto C, de modo que, apesar dos bons resultados descritivos, a falta de consistência estatística não permite considerá-la a melhor opção.

A orientação leste também não obteve validação em todos os casos na análise de regressão, mas apresentou maior número de coeficientes estatisticamente significativos do que a orientação oeste. Ainda assim, seu desempenho médio foi ligeiramente inferior, o que permite classificar as orientações leste e oeste como opções intermediárias.

Por outro lado, a orientação sul apresentou desempenho consistentemente desfavorável em todas as análises (descritiva, regressão e cenários). Seus resultados foram todos validados pela análise de regressão, confirmando o pior desempenho circadiano entre as orientações estudadas. Especificamente, **a orientação sul apresentou o maior impacto negativo sobre o Mel-EDI, com redução de 28,08% em relação à orientação norte.**

Esses achados estão em consonância com pesquisas realizadas no hemisfério Norte. Altenberg, Vaz e Inanici (2021) observaram que fachadas voltadas para o sul — equivalente à orientação norte no hemisfério Sul — apresentaram 16% mais potencial circadiano do que fachadas voltadas para o norte — equivalente à orientação sul no hemisfério Sul. Esses autores também classificaram as orientações leste e oeste como intermediárias, corroborando os resultados desta pesquisa (Acosta et al., 2019; Altenberg Vaz; Inanici, 2021; Cai et al., 2022; Mardaljevic et al., 2014; Yao et al., 2020).

Ao se considerar apenas as Vistas 2 e 3 — posições laterais em relação à janela, recomendadas para salas de aula (Bernardi; Kowaltowski, 2016; Hellinga, 2013; Kowaltowski, 2011; Tregenza; Wilson, 2011; Veitch; Galasiu, 2012) — e com base nos coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,05$), a recomendação de orientação da fachada, sob a perspectiva dos efeitos não visuais em salas de aula do ensino superior, é:

1. Norte – melhor desempenho, maior impacto positivo em Mel-EDI ao longo do ano;
2. Leste e Oeste – desempenho intermediário/neutro;
3. Sul – pior opção, com impacto negativo no Mel-EDI (–28,08% em relação à orientação norte).

Apesar do pior desempenho relativo (tanto em Mel-DER quanto em Mel-EDI), a orientação sul não deve ser interpretada como incapaz de atender aos efeitos não visuais, mas sim como a menos eficaz em comparação às demais orientações avaliadas.

Entretanto, é importante destacar que, no solstício de inverno, a combinação da orientação sul com condições de céu parcialmente encoberto ou encoberto acentua ainda mais a redução da eficácia circadiana na sala de aula.

Considerando o desempenho das orientações de fachada por cidade e restringindo a análise às vistas laterais — recomendadas para salas de aula (Bernardi; Kowaltowski, 2016; Hellinga, 2013; Kowaltowski, 2011; Tregenza; Wilson, 2011; Veitch; Galasiu, 2012) —, apresentam-se os resultados na Tabela 55:

Tabela 55 - Orientação por latitude (cidade) - vista lateral com ranking da melhor para a pior orientação

Latitude (cidade)	Ponto A, lateral				Ponto B, lateral				Ponto C, lateral				Ranking
	N	S	L	O	N	S	L	O	N	S	L	O	
-3,717° (FOR)	100%	100%	100%	100%	89%	86%	68%	89%	10%	8%	24%	29%	O>N>L≈S Δ=8,67%
15,78°S (BSB)	100%	100%	100%	100%	89%	80%	77%	80%	24%	13%	25%	28%	N≈O>L>S Δ=6,67%
25,43°S (CWB)	100%	100%	100%	100%	98%	81%	93%	73%	29%	9%	28%	33%	N>L>O>S Δ=6,67%

Legenda: N – Norte/ S – Sul/ L – Leste/ O – Oeste / Δ - diferença percentual / > (maior) / ≈ (aproximadamente).

Fonte: autora

A orientação norte, geralmente a mais recomendada, apresentou o melhor desempenho em Brasília e Curitiba. Em Fortaleza, entretanto, a orientação oeste se destacou. Essa diferença pode estar relacionada à trajetória solar quase vertical sobre a cidade (latitude -3,717°) durante boa parte do ano, condição que reduz a diferença de desempenho entre as fachadas norte e sul e valoriza as fachadas leste e oeste, que recebem maior incidência solar no início e no fim do dia (Hopkinson, R. G.; Petherbridge, P.; Longmore, J., 1966).

De modo geral, a orientação sul mostrou-se pouco adequada para salas profundas, especialmente em localidades com predominância de céus parcialmente encobertos ou encobertos, como ocorre em Fortaleza. Nesses contextos, sua combinação com maiores profundidades potencializa a ineficiência da intensidade em regiões distantes da janela, como o ponto B e, sobretudo, o ponto C. Em outras palavras, a variável independente *orientação*, associada à latitude, deve ser avaliada em conjunto com as condições climáticas específicas (particularmente o tipo de céu) de cada local (Inanici; Abboushi; Safranek, 2023; Bellia et al., 2020).

Os melhores resultados observados para a **orientação Norte** nessa pesquisa, em consonância com a literatura, podem ser atribuídos à sua maior incidência solar ao longo do ano no hemisfério Sul, o que proporciona uma intensidade mais elevada para os estímulos circadianos. Em contrapartida, a **orientação Sul** apresenta desempenho inferior, em função da menor disponibilidade anual de luz natural e, por consequência, da reduzida intensidade para os efeitos não visuais.

Contudo, a adoção da orientação Sul não deve ser descartada. Ela exige, entretanto, **maior cautela projetual**, como projetar **ambientes não profundos** e utilizar **materiais com propriedades reflexivas adequadas**, de modo a potencializar a disponibilidade circadiana da luz. Esses resultados reforçam que não existe um consenso universal sobre a influência da orientação da fachada nos efeitos não visuais da luz. Contudo, ao se considerar apenas as vistas laterais à janela, a diferença entre o melhor e o pior desempenho foi relativamente modesta, em

torno de 8%. Isso sugere que, nesses casos, a orientação da fachada pode não ser o fator mais determinante para a promoção da estimulação circadiana.

4.3.1.5.1 Sombreamento

O uso do brise possibilitou controlar o ofuscamento próximo à janela, reduzir a entrada de luz direta e otimizar a distribuição luminosa em áreas mais profundas da sala — aspecto particularmente relevante em salas profundas. Essa constatação é corroborada por Alkhatatbeh e Asadi (2021), que ressaltam a importância da distribuição da luz natural.

Cabe destacar que os brises empregados nas simulações não eram fixos, mas ajustados individualmente em cada cenário. Seu dimensionamento considerou variáveis como a orientação geográfica, a latitude da localidade e as propriedades internas do ambiente — propriedades reflexivas dos materiais e transmissão dos vidros utilizados (APÊNDICE G: Brises).

Embora o brise tenha gerado impactos distintos sobre os valores absolutos de Mel-EDI, seu efeito geral pode ser considerado positivo no contexto dos efeitos não visuais. Favoreceu a ocupação dos assentos próximos à janela e manteve o acesso à vista externa — relevante para a estimulação não visual, por ampliar a exposição direta da retina à luz natural e por contribuir para a redução do estresse (Kowaltowski, 2011; Xu, Gao e Wu, 2025). Contudo, mesmo com esse acréscimo **no ponto C — o brise contribuiu para um aumento de cerca de 23,59% no Mel-EDI em comparação ao sombreamento original do projeto da sala de aula** —, os resultados nessa região permaneceram baixos em termos de qualidade circadiana, inferiores a 250 Mel-EDI (Brown et al., 2020).

O uso do sombreamento no projeto assemelha-se à lógica dos efeitos visuais. Em salas profundas, o sombreamento deve estar associado à redistribuição da luz, como ocorre com os brises: dessa forma, reduz-se o ofuscamento nas proximidades do ponto A (mantendo um nível > 250 Mel-EDI) e aumenta-se a luminosidade que beneficiará os efeitos não visuais nas áreas dos pontos B e C.

Em salas menos profundas, o sombreamento não precisa necessariamente cumprir a função de redistribuir a luz, podendo atuar apenas como elemento de bloqueio da luz direta — por exemplo, uma marquise —, cuja principal função é atenuar a luminosidade excessiva nas proximidades da janela e manter o Mel-EDI em nível superior a 250 no ambiente. No restante do espaço, além da região equivalente ao Ponto A (próximo à janela) — como em uma sala compacta de 7 m de largura por 4 m de profundidade e pé-direito de 3 m —, as principais

variáveis para atender aos efeitos não visuais passam a ser o PAF e as propriedades reflexivas dos materiais empregados. Nessas condições, em regiões mais distantes da janela, o sombreamento perde importância.

Considerando os estudos de melhores e piores cenários para obtenção de Mel-EDI, embora o uso do brise tenha se mostrado, em termos gerais, uma estratégia favorável ao projeto, é importante destacar que determinadas combinações com variáveis independentes podem comprometer seu desempenho. Para todos os pontos analisados, considerando especificamente a Vista 2, observou-se:

Variáveis que mais prejudicam (aumentam a perda quando associadas ao brise):

- **Pior combinação:** orientação Sul + brise → $-1.448,27$ Mel-EDI ($\approx -89,3\%$).
- **Muito prejudicial:** vidro Tvis 63,2% + brise → $-1.031,64$ Mel-EDI ($\approx -63,6\%$).

Variáveis que melhoram:

- **PAF 80%** — soma líquida **+341,15** ($\approx +21,0\%$ em relação ao intercepto).
- **PAF 60%** — soma líquida **+187,93** ($\approx +11,6\%$).

De forma geral, a combinação mais benéfica ocorre quando o brise é associado ao aumento do PAF, enquanto os cenários mais prejudiciais aos efeitos não visuais estão relacionados ao uso conjunto do brise com vidro de Tvis 63,2% e com a orientação sul.

Por fim, a definição do uso de brises deve sempre considerar as necessidades específicas de cada projeto, abrangendo não apenas os efeitos não visuais, mas também o conforto luminoso, o conforto térmico e a trajetória solar mais adequada à latitude de implantação.

4.3.1.6 Vidro

Considerando as recomendações da literatura (Treguenza e Wilson, 2011; Potočnik; Košir, 2020; Šprah; Potočnik; Košir, 2024; Bertolotti, 2007), este estudo optou por não simular vidros que pudessem comprometer a fidelidade da reprodução de cores (IRC), uma vez que essa é uma característica essencial para ambientes de ensino em todos os níveis.

Em função da preferência por sistemas de envidraçamento com alta transmissão e/ou coloração neutra (Chen; Zhang; Du, 2019), as alterações realizadas nessa tese restringiram-se aos **Tvis de 63% e 85%**, com **M/P** de 0,98 e 1,01, respectivamente. Não foram incluídas análises com Tvis inferior a 63%, pois, abaixo desse valor, mesmo em vidros incolores, não

seria possível atender aos requisitos dos efeitos visuais definidos pelas normas brasileiras — limitação especialmente relevante em salas profundas.

O impacto geral do tipo de vidro neste estudo de caso foi relativamente sutil nos efeitos não visuais. O vidro incolor com Tvis de 85% favoreceu os Pontos B e C, que correspondem aos sensores mais distantes. Entretanto, o vidro tende a ter maior influência em ambientes com profundidade aproximada de 4 a 5 metros. Embora o vidro com Tvis de 63% tenha ajudado inicialmente a reduzir o excesso de luz nas áreas próximas à janela, sua menor transmissão de luz natural não se mostrou a melhor opção para salas profundas, pois no Ponto B reduziu em 12,65% o Mel-EDI, e no Ponto C essa redução foi, em média, de 40,05%.

A melhor combinação de variável para o vidro de 85%, assim como no sombreamento com brise, é o uso do PAF 80% (+1.306,83 Mel-EDI, $\approx +80,6\%$ em relação ao intercepto). E a mais variável mais prejudicial é orientação sul ($-482,6$ Mel-EDI, $\approx -29,7\%$ em relação ao intercepto).

Logo, o vidro original com Tvis de 85% demonstrou melhor desempenho geral, configurando-se como a opção mais vantajosa para os efeitos não visuais. As simulações com o vidro de Tvis 63% mostraram-se úteis ao evidenciar que, embora favoreça a indução do aluno ao contato com a iluminação natural e à vista externa — por reduzir o risco de ofuscamento e, conseqüentemente, a obstrução das janelas —, a escolha do vidro deve estar associada à profundidade da sala de aula. Isto porque a redução da Tvis de 85% para 63% resultou em uma diminuição da intensidade e, por consequência, reduziu seu potencial de estímulo circadiano nas regiões mais distantes das janelas.

Contudo, o uso do vidro incolor com Tvis de 85%, por permitir maior intensidade de luz nas áreas mais distantes da janela, tem como contrapartida o aumento do risco de ofuscamento. Sendo assim, é adequado associar esse vidro a um brise com medidas ajustadas à implantação, exceto em situações em que o conforto visual seja garantido sem esse elemento.

No caso específico desta tese, a associação do uso do brise — responsável pela redistribuição da luz — ao vidro com Tvis de 85% promoveu uma redução de 52,56% no somatório de Mel-EDI nos pontos A, B e C. Embora tenha ocorrido uma atenuação da intensidade no ponto A, os valores mantiveram-se superiores a 250 Mel-EDI. Simultaneamente, registrou-se um aumento nos níveis de Mel-EDI no ponto C. Essa condição demonstrou ser a estratégia mais eficaz para atingir os objetivos de um projeto de sala de aula no ensino superior voltado à promoção de efeitos não visuais.

Baseando-se em todos os resultados obtidos e nas análises e discussões apresentadas nessa tese, a hipótese desta tese foi aceita, ou seja, **é possível correlacionar parâmetros arquitetônicos (PAF, propriedades reflexivas, tipo de vidro, orientação e sombreamento) e quantificar seu impacto sobre os efeitos não visuais da luz natural em salas de aula.**

Os resultados demonstraram que é possível correlacionar parâmetros arquitetônicos e quantificar seus impactos sobre os efeitos não visuais da luz natural, expressos pelas métricas Mel-EDI e Mel-DER.

Todos os parâmetros arquitetônicos (variáveis independentes) analisados — PAF, propriedades reflexivas, tipo de vidro, orientação e dispositivos de sombreamento — mostraram efeitos estatisticamente significativos. O PAF foi a variável de maior influência, com incrementos de até 88,83% no Mel-EDI em relação ao PAF de 40%. As propriedades reflexivas confirmaram o papel do valor melanópico na intensificação da estimulação circadiana, com destaque para o acabamento na cor azul ($p = 71,26\%$; $M/P = 1,09$), que superou em 10,71% o desempenho da parede com acabamento na branca¹⁵. A orientação norte apresentou melhor desempenho, enquanto a sul reduziu o Mel-EDI em até 28,08%. O vidro de alta transmissão ($T_{vis} 85\%$) superou o de menor transmissão ($T_{vis} 63\%$) em 26,59% nos pontos mais profundos, e os brises horizontais, embora tenham reduzido a intensidade próxima à janela, proporcionaram aumento médio de 23,59% em áreas distantes.

Esses resultados confirmam a hipótese inicial, ainda que ressaltem a necessidade de integrar diferentes variáveis de projeto (parâmetros arquitetônicos) e considerar os compromissos entre iluminação circadiana, conforto visual, eficiência energética e conforto térmico.

Os resultados podem apontar direcionamentos, especialmente em casos de salas semelhantes a este estudo de caso, mas a generalização para mais cidades e plantas diversas requer a realização de estudos adicionais que contemplem salas com diferentes dimensões, um maior número de horários ao longo do dia e um conjunto ampliado de variáveis independentes, incluindo uma maior variedade de PAFs, materiais reflexivos, entre outros. Também se destaca a inclusão de um número maior de cidades brasileiras, representativas de diferentes condições climáticas.

¹⁵ O teto e o piso foram mantidos inalterados durante as simulações, reforçando que as paredes da sala de aula foram o foco principal da análise das propriedades reflexivas deste estudo.

4.4 RECOMENDAÇÕES PARA PROJETOS DE SALAS DE AULA DE ENSINO SUPERIOR

Este subcapítulo atende ao quarto e último objetivo específico desta tese: elaborar recomendações que sirvam de base para projetos futuros de salas de aula no ensino superior, considerando os efeitos não visuais da luz natural. Embora direcionadas ao contexto de salas de aula, tais recomendações também podem ser aplicadas a outros ambientes de longa permanência, como escritórios de planta aberta.

As recomendações a seguir foram elaboradas considerando o comportamento dos efeitos não visuais da luz em uma sala com planta retangular, com abertura envidraçada em apenas uma fachada e sem obstruções ao ingresso de luz natural, adotando-se o layout tradicional. Dessa forma, essas recomendações podem ser estendidas a salas com profundidade inferior a 14 m, desde que se mantenha uma proporção aproximada entre a altura da parte superior da janela (2,79 m) e a profundidade do ambiente analisado.

As diretrizes apresentadas têm por objetivo subsidiar estudos preliminares voltados à promoção dos efeitos não visuais da luz natural no projeto de salas de aula do ensino superior. Foram elaboradas a partir dos resultados obtidos nessa pesquisa e de diretrizes identificadas em estudos anteriores, cujos achados foram corroborados pela literatura.

As recomendações derivadas especificamente dos resultados dessa tese foram destacadas na cor azul. A síntese das diretrizes e as respectivas considerações sobre as estratégias das variáveis independentes — parâmetros arquitetônicos — é apresentada na Tabela 56.

Tabela 56 - Recomendações para estudo preliminar de projetos de salas de aula

Sobre: Percentual de área de Fachada - PAF	
Diretrizes:	<ul style="list-style-type: none"> – O PAF é um parâmetro arquitetônico que tem grande impacto em salas profundas. – Salas profundas exigem PAFs elevados (acima de 50%) para garantir a intensidade de luz necessária ao estímulo dos efeitos não visuais nas áreas mais distantes da janela. – Salas não profundas (entre 3 e 5 metros de profundidade) possibilitam a aplicação de PAFs entre 30% e 50%. No entanto, recomenda-se o uso de propriedades reflexivas dos materiais, com cores claras e níveis de refletância (ρ) conforme a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Teto: $\rho \approx 0,8-0,9$ ▪ Parede: $\rho \approx 0,7-0,8$ ▪ Piso: $\rho \approx 0,3-0,4$

	<p>Essa combinação promove maior eficiência na reflexão da luz, potencializando o estímulo circadiano.</p> <ul style="list-style-type: none"> – O PAF de 60% pode ser adotado como referência inicial em estudos preliminares. – Dependendo das condições de nebulosidade predominantes no local de implantação do projeto, pode ser indicada a adoção de um PAF (Percentual de Abertura na Fachada) maior ou menor, sendo a situação mais crítica em salas profundas. Em cidades com predominância de céu encoberto (>75%) ou parcialmente encoberto (26% a 74%), é necessário um PAF mais elevado em comparação ao mesmo projeto em locais com predominância de céu claro ($0 \geq 25\%$), visando compensar a menor disponibilidade de luz natural direta e garantir níveis adequados de iluminação e estímulo circadiano no interior do ambiente. – Ao projetar a fachada, é essencial garantir que a altura do peitoril permita aos alunos a visão do exterior, pois isso favorece o direcionamento da luz para a retina — especialmente em ângulos entre 0° e 45° acima da linha horizontal que corta o centro do olho. – Em salas de aula no ensino superior, a definição da parede onde a janela será instalada deve orientar o layout do ambiente, posicionando preferencialmente os ocupantes lateralmente à janela. Considerando que – Quanto maior o PAF, maior a entrada de luz natural, o que potencializa o estímulo circadiano. Entretanto, é fundamental considerar outros aspectos do projeto, como o conforto visual (ex.: controle de ofuscamento) e o conforto térmico (ex.: ganho de calor excessivo), a fim de equilibrar as demais exigências projetuais e garantir um ambiente integrado e eficiente.
Considerações:	<ul style="list-style-type: none"> – Salas profundas são aquelas cuja profundidade (D) excede 2,5 vezes a altura do vão superior da janela (H). – A definição do PAF está relacionada: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Às propriedades reflexivas dos materiais; ▪ Ao tipo de sala (profunda ou não profunda); ▪ Ao tipo de céu predominante na localidade de implantação. – O PAF exerce influência mais significativa do que as propriedades reflexivas dos materiais em ambientes grandes e profundos. – Esta tese considerou apenas três níveis de PAF, o que representa uma limitação. Estudos futuros poderão explorar o desempenho de outros valores de PAF para ampliar a compreensão no ambiente interno.
Referências:	Acosta et al. (2019), Yao et al. (2020), Cai et al. (2018), NBR 15.215-3 (2023), NBR 15.215-4 (2024), Altenberg Vaz; Inanici, 2021. Lich.de (2018), Zielinska-Dabkowska (2018),
Sobre:	Porcentagem da área (Porcentagem de vista acima de 250 Mel-EDI – ALFA ou similares)
Diretrizes:	<ul style="list-style-type: none"> – O ideal é que, no mínimo, 75% da área ocupada da sala de aula atinja níveis iguais ou superiores a 250 Mel-EDI durante o período de uso.
Considerações:	<ul style="list-style-type: none"> – A porcentagem de vistas com valores acima de 250 Mel-EDI é obtida por meio de simulações no software ALFA, que ainda apresenta limitações quanto à geração de dados anuais completos. Para contornar essa restrição, recomenda-se simular cenários críticos (como solstícios

	e equinócios) a fim de garantir que, mesmo nas piores condições, a meta de 75% da área seja atendida.
Referências:	US-CHPS Criteria 2.0 (2022), WELL (2025) e Safranek et al. (2020), Solemma (2019), Altenberg Vaz e Inanici (2021), Konis (2019).
Sobre:	Profundidade da sala de aula
Diretrizes:	<p>– Sugere-se que a definição da profundidade, na fase projetual, seja feita por meio de simulação computacional, contemplando tanto os efeitos visuais quanto os não visuais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Efeitos visuais: podem ser analisados em softwares como o <i>ClimateStudio</i> (ou similares), capazes de simular o sDA da área prevista inicialmente para o projeto, de modo a verificar o atendimento à norma NBR 15.215/2024. ▪ Efeitos não visuais: podem ser avaliados em softwares como o ALFA (ou equivalentes), utilizando como referência o pior período do ano para uso anual — o solstício de inverno — e o horário das 12h, quando se observa melhor desempenho quanto aos efeitos não visuais. <p>A sobreposição da mancha formada pelas vistas com valores iguais ou superiores a 250 Mel-EDI e da mancha gerada pela simulação de sDA permite identificar a área em que a sala atende simultaneamente a ambos os efeitos. Assim, ao localizar o último aluno, considerando a orientação compatível com o layout da sala de aula e atendendo aos dois critérios, pode-se definir a profundidade adequada.</p> <p>– Com base nas simulações realizadas no contexto brasileiro, recomenda-se a profundidade entre aproximadamente 5 e 7 metros, considerando janelas cuja linha superior esteja a \approx 2,80 metros de altura.</p> <p>– O aumento da profundidade, assim como ocorre nos efeitos visuais, está relacionado à altura da janela a partir de sua linha superior, associada à elevada transmissão luminosa do vidro, o que favorece a penetração da luz natural em áreas mais profundas. Entretanto, essa decisão deve ser integrada à avaliação de outros parâmetros projetuais relacionados ao conforto ambiental.</p>
Considerações:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ As diretrizes pressupõem que a janela esteja posicionada lateralmente ao aluno. A alternância de posição do aluno em sala de aula altera a profundidade adequada para o projeto, portanto, para esta definição, o layout da sala deve estar definido.
Referências:	Altenberg Vaz e Inanici (2021), Tregenza & Wilson (2011), Allen & Iano (2017) e Grondzik e Kwok (2019), Xu; Gao; Wu (2025), NBR 15.215/2024.
Sobre:	Orientação da fachada
Diretrizes:	<p>– A orientação norte, de modo geral, é a mais indicada por atingir maiores níveis para os efeitos não visuais e proporcionar estímulo circadiano mais estável ao longo do ano.</p> <p>– As orientações leste e oeste apresentam desempenho semelhante entre si para os efeitos não visuais, porém inferior à orientação norte no contexto geral. A escolha entre leste e oeste deve considerar outros aspectos do projeto, como o horário de ocupação ou questões projetuais relacionadas a conforto térmico.</p> <p>– A orientação sul é, em geral, a menos recomendada, sobretudo em salas de aula profundas. Essa configuração mostrou-se particularmente ineficiente em cidades com predominância de céu encoberto (>75%) ou</p>

	parcialmente encoberto (26%–74%), condições em que a intensidade se torna crítica nas zonas mais afastadas das janelas.
Considerações:	– As orientações analisadas referem-se ao hemisfério Sul .
Referências:	Altenberg Vaz e Inanici (2021), Bellia et al. (2020), Inanici; Abboushi; Safranek (2023), Acosta et al. (2019), Cai et al. (2018), Yao et al. (2020), Mardaljevic et al. (2014), Andersen; Gochenour; Lockley, (2013), Zeng et al. (2021).
Sobre: Propriedades reflexivas dos materiais	
Diretrizes:	<ul style="list-style-type: none"> – As propriedades reflexivas dos materiais são um dos fatores mais importantes para potencializar os efeitos não visuais da luz em ambientes internos. – Cores claras favorecem o estímulo do ritmo circadiano devido à elevada porcentagem de refletância. – Tonalidades de azul refletem espectro de ondas curtas, que estimulam os efeitos não visuais. Esse efeito ocorre porque tais superfícies apresentam altos valores de iluminância melanópica, correspondendo à maior sensibilidade das células da retina contendo melanopsina (ipRGCs) a esse comprimento de onda. – Diferentes revestimentos podem fornecer estímulo de alerta ao usuário, especialmente em paredes laterais e de fundo, onde a componente refletida exerce maior influência sobre a luz que alcança o plano ocular. – As propriedades reflexivas dos materiais devem apresentar M/P \geq 0,90 (ou Mel-DER \geq 1). – A influência das propriedades reflexivas dos materiais está vinculada à distância entre as paredes e à profundidade do ambiente (distância da janela). Em salas não profundas e com dimensões reduzidas (ex.: 5 × 4 m), a refletância exerce maior impacto sobre os efeitos não visuais do que o PAF, em virtude do aumento da superfície refletora e da menor distância entre superfícies, o que amplia o potencial de reflexão da luz no ambiente.
Considerações:	<ul style="list-style-type: none"> – Embora o tamanho das janelas e as características do vidro influenciem a iluminação circadiana, a luz refletida internamente ganha maior relevância para ocupantes em áreas profundas da sala. – É necessário verificar se a cor definida para o projeto altera o Índice de Reprodução de Cor (IRC) da sala de aula, o qual deve ser ≥ 80 em salas de aula conforme a NBR ISO/CIE 8995-1:2013. – A literatura aponta que, em <i>retrofit</i>, investir no aumento da área de superfícies internas claras é uma estratégia prática e econômica para melhorar a distribuição da luz e potencializar os benefícios não visuais — especialmente quando não é viável modificar o PAF.
Referências:	Acosta et al. (2019), Cai et al. (2018), Xu; Gao; Wu (2025), Potočnik; Košir, (2020), Šprah; Potočnik; Košir (2024), França (2024), NBR ISO/CIE 8995-1:2013.
Sobre: Sombreamento	
Diretrizes:	<ul style="list-style-type: none"> – Sombreamento horizontal bloqueia de forma eficiente a luz solar direta e promove melhor distribuição da luz natural em salas profundas, mitigando o ofuscamento nas proximidades da janela e potencializando os efeitos não visuais em áreas mais distantes. – Minimizar o ofuscamento também favorece os efeitos não visuais, pois evita que os ocupantes bloqueiem a luz natural, garantindo a continuidade do estímulo circadiano.

	<ul style="list-style-type: none"> – Cores neutras nos dispositivos de sombreamento são recomendadas para evitar distorções no Índice de Reprodução de Cor (IRC), que deve ser ≥ 80 em salas de aula, conforme a NBR ISO/CIE 8995-1:2013. – Redução do ângulo dos sombreamentos intensifica seus efeitos na iluminação natural e auxilia na minimização do ofuscamento.
Considerações:	<ul style="list-style-type: none"> – Acabamentos foscos impactam mais fortemente a razão melanópica/fotópica, a intensidade e a distribuição da luz do que superfícies brilhantes. Embora este estudo não tenha explorado a variação de acabamentos, a literatura destaca sua relevância. – Melhorar a distribuição da luz natural favorece os efeitos não visuais, mas é necessário equilíbrio para não reduzir excessivamente a intensidade, sob risco de comprometer o estímulo circadiano. – O dimensionamento do sombreamento deve atender às particularidades de cada projeto, considerando fatores como latitude, nebulosidade e orientação da fachada, além de integrar-se às demais necessidades, como conforto térmico e eficiência energética.
Referências:	Parsaei et al. (2020), Hosseini & Ansari (2022), Alkhatatbeh & Asadi (2021), NBR 15.215-3 (2023), NBR 15.215-4 (2024).
Sobre: Tipo de vidro	
Diretrizes:	<ul style="list-style-type: none"> – As características do vidro, como a transmissão luminosa e a coloração, são determinantes para a luminosidade circadiana no ambiente interno. Vidros com elevada transmissão luminosa (70–90%) e coloração neutra são os mais indicados, pois potencializam os efeitos não visuais da luz em salas de aula e preservam a fidelidade na reprodução de cores (IRC). – O aumento da transmissão luminosa exerce impacto mais significativo sobre os efeitos não visuais do que alterações na tonalidade do vidro. Ainda assim, a mudança de cor não é recomendada. – A associação entre vidro incolor de alta transmissão luminosa (70–90%) e PAFs elevados constitui estratégia eficaz para potencializar os efeitos não visuais. – O uso de vidro incolor com alta transmissão luminosa (70–90%) favorece a entrada de maior intensidade de luz natural nas áreas mais distantes da janela, ampliando os efeitos não visuais. Como contrapartida, aumenta-se o risco de ofuscamento, o que provavelmente exigirá associação desse tipo de vidro a elementos de sombreamento dimensionados de acordo com as necessidades do projeto. A solução deve ser integrada às demais necessidades projetuais, como conforto térmico e eficiência energética, garantindo equilíbrio entre desempenho circadiano e conforto visual.
Considerações:	<ul style="list-style-type: none"> – Em ambientes educacionais, é essencial preservar a fidelidade cromática ($IRC \geq 80$) para assegurar percepção visual adequada. Dessa forma, a escolha de cores deve ser criteriosa, de modo a evitar soluções que, embora favoreçam os efeitos não visuais, comprometam a qualidade visual do espaço.
Referências:	Chen; Zhang; Du (2019), Alkhatatbeh & Asadi (2021), Potočnik; Košir, (2020), Šprah; Potočnik; Košir (2024), Nazari; Matusiak; Stefani (2023).

Fonte: Autora

Ressalta-se que as decisões projetuais da edificação não devem ser avaliadas de forma isolada, mas sempre em conjunto com outros parâmetros, considerando a correlação entre as diferentes variáveis envolvidas.

5 CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta uma síntese das principais contribuições e resultados obtidos ao longo deste estudo. Retomam-se aqui o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa, bem como a hipótese proposta. Além disso, são discutidas as limitações encontradas e apresentadas sugestões para futuras investigações.

Esta tese teve como ponto de partida a constatação, fundamentada em diversos estudos, de que a luz natural exerce impactos que vão muito além do desempenho visual, estendendo-se a efeitos não visuais que influenciam diretamente a saúde, o bem-estar, a regulação do ritmo circadiano e o desempenho cognitivo dos usuários. Em ambientes de longa permanência, como as salas de aula do ensino superior, em que os indivíduos permanecem por longos períodos e realizam atividades que exigem alta concentração, compreender e projetar adequadamente a iluminação natural tornou-se não apenas um requisito técnico, mas também uma questão de promoção da saúde.

O problema central que motivou esta pesquisa girou em torno das seguintes questões: **Quais parâmetros arquitetônicos exercem maior impacto nos efeitos não visuais da iluminação natural e como podem orientar decisões projetuais? Qual o impacto dessas estratégias nas decisões projetuais em salas de aula no ensino superior?** Essa indagação decorreu da identificação de lacunas na literatura, que, embora reconheça os efeitos não visuais da luz, ainda carece de estudos aplicados, especialmente no contexto brasileiro, caracterizado por latitudes tropicais e subtropicais.

Partindo desta problemática, a hipótese que norteou a investigação foi a de que **é possível correlacionar alguns parâmetros arquitetônicos — PAF, orientação das janelas, propriedades reflexivas dos materiais, transmissão luminosa de vidros e estratégias de sombreamento — e quantificar seu impacto sobre os efeitos não visuais em salas de aula no ensino superior considerando o uso da iluminação natural.**

Para investigar essa hipótese definiu-se como objetivo geral: estabelecer relação e grau de impacto entre os parâmetros arquitetônicos e os efeitos não visuais da luz, tendo como fonte a luz natural em salas de aula de ensino superior. Para atingir esse propósito foram estabelecidos quatro objetivos específicos: (1) identificar características representativas de salas de aula no contexto brasileiro; (2) identificar métodos adequados para a quantificação dos efeitos não visuais em ambientes internos, especialmente em salas de aula; (3) identificar os parâmetros arquitetônicos de maior impacto nos efeitos não visuais da iluminação natural em salas de aula

de ensino superior; e, (4) apresentar recomendações que possam embasar futuros projetos para salas de aula do ensino superior quanto aos efeitos não visuais.

Em relação ao **primeiro objetivo específico** constatou-se que, em linhas gerais, as salas de aula em instituições de ensino superior públicas federais brasileiras tendem a apresentar plantas retangulares, com disposição tradicional dos alunos voltada ao professor e revestimentos internos predominantemente em cores claras, com elevada refletância (aproximadamente 60-90%), sobretudo no teto e nas paredes. Contudo, observou-se grande variação nos PAFs, que vão desde ambientes com amplas janelas — permitindo a entrada significativa de luz natural, cerca de 90% (Faculdade de Educação – UnB) — até salas com PAF de 20% (UFRR). Essa heterogeneidade, embora compreensível em razão da diversidade climática e construtiva do Brasil, evidencia a necessidade de parâmetros mais claros para garantir condições mínimas de qualidade luminosa, não apenas sob o aspecto visual, mas também no que diz respeito aos efeitos não visuais.

No que se refere ao **segundo objetivo específico**, o trabalho se debruçou sobre as metodologias de análise dos efeitos não visuais, tema ainda em desenvolvimento na literatura. Optou-se por empregar métricas recomendadas internacionalmente (Mel-EDI e Mel-DER), pelo uso de simulações computacionais com os softwares ClimateStudio (efeitos visuais da luz) e ALFA (efeitos não visuais da luz). A metodologia adotada permitiu quantificar métricas como Mel-EDI e Mel-DER, fornecendo resultados robustos, embora tenha revelado limitações significativas dos softwares, especialmente na modelagem precisa de condições de céu variável e na análise anual contínua, aspectos que poderão ser aprimorados em pesquisas futuras quanto aos efeitos não visuais da luz. Para o tratamento dos dados obtidos utilizou-se análise estatística, que permitiu avaliar e quantificar o impacto dos parâmetros arquitetônicos aplicados no modelo estudado.

O **terceiro objetivo específico, a análise estatística, confirmou a hipótese**: todos os parâmetros arquitetônicos (variáveis independentes) avaliados apresentaram impactos mensuráveis nos efeitos não visuais da luz. **No entanto, é necessário cautela na interpretação dos dados e nas decisões projetuais derivadas**, considerando a complexidade das interações envolvidas. Por exemplo, as características climáticas locais influenciam diretamente a eficiência da luz natural, e variáveis como o PAF, devem ser analisadas em conjunto com as propriedades reflexivas dos materiais e dimensionamento da profundidade proposto no projeto.

O PAF foi o parâmetro arquitetônico de **maior impacto nessa pesquisa**. Comparado ao PAF de 40%, o PAF de 60% apresentou aumento de 71,20% no Mel-EDI médio, enquanto o PAF de 80% alcançou incremento de 88,83%. Entre 60% e 80%, a diferença foi de 17,63%,

evidenciando que maiores aberturas intensificam o estímulo circadiano. Contudo, ambientes profundos mostraram que nem mesmo altos PAFs asseguram níveis adequados em zonas afastadas da janela, reforçando a necessidade de integrar profundidade do ambiente e demais variáveis. Ressalta-se que esses ganhos foram obtidos em cenários com vidro incolor de elevada transmissão luminosa ($T_{vis} = 85\%$).

No entanto, a definição do PAF deve vir acompanhada de cautela, pois seu aumento traz riscos de ofuscamento (desconforto visual), desconforto térmico e aumento do consumo energético, o que pode implicar, por exemplo, a associação de estratégias de sombreamento, portanto, adequando-se às necessidades locais.

No que diz respeito às **propriedades reflexivas dos materiais** verificou-se que elevada refletância, tonalidades claras, elevados valores de M/P e cores brancas ($\rho = 77,80\%$, $M/P = 0,97$) e azuis ($\rho = 71,26\%$, $M/P = 1,09$) nas paredes, como utilizadas nessa pesquisa, são benéficas para os efeitos não visuais da luz. Como resultado, apesar da menor refletância fotópica, a parede com acabamento na cor azul apresentou desempenho superior em Mel-EDI, com acréscimo médio de 10,71% em relação à parede com acabamento na cor branca. Esse resultado ilustra a relevância de considerar a razão melanópica pela fotópica (M/P) nas especificações de materiais, uma vez que o potencial melanópico pode ser mais determinante do que a refletância total. **As normas atuais, nacionais e internacionais, limitam-se a indicar os percentuais de refletância fotópica dos materiais, sem levar em conta o potencial melanópico** que diferentes materiais podem oferecer. Como a literatura sobre o assunto ainda está em evolução, é possível que futuramente seja possível ter mais dados em M/P ou Mel-EDR presentes nas especificações dos materiais, assim como em revisões futuras de normas.

As propriedades reflexivas dos materiais passam a ter um maior impacto nos efeitos não visuais em salas pequenas não profundas (como 5×4 m), pois a proximidade entre as superfícies aumenta a reflexão da luz, tornando seu efeito sobre a iluminação não visual mais relevante que o do PAF. Tanto que, em casos de *retrofit* para promover os efeitos não visuais em salas de aula semelhantes à citada já existentes, indica-se a substituição dos acabamentos dos materiais com propriedades reflexivas que aumentem o estímulo circadiano, visto que alterar o PAF muitas vezes não é possível.

Em relação à **orientação das fachadas**, a análise indicou que a fachada norte no hemisfério Sul obteve os melhores resultados, com desempenho estatisticamente mais consistente, seguida por leste e oeste, enquanto a fachada sul reduziu em 28,08% o Mel-EDI em comparação com a norte. Esses achados confirmam a literatura internacional e reforçam a importância da orientação como critério de projeto em salas de aula. **Isso se explica porque,**

no hemisfério sul, a orientação norte recebe maior incidência solar ao longo do ano, garantindo maior intensidade e, portanto, maior potencial de estímulo circadiano. O baixo desempenho da orientação sul, baseado nos resultados gerados pelas simulações, decorre de sua menor intensidade, o que dificultou o alcance de valores acima de 250 Mel-EDI.

Contudo, a adoção da orientação Sul não deve ser descartada. Ela exige, entretanto, maior cautela projetual, como projetar ambientes não profundos e utilizar materiais com propriedades reflexivas adequadas, de modo a potencializar a disponibilidade circadiana da luz.

Sobre o **vidro**, a comparação entre o incolor de Tvis 85% e o de Tvis 63%, evidenciou uma diferença de 26,59% no desempenho do Mel-EDI nos pontos mais afastados da janela, reforçando a vantagem de vidros com maior transmissão luminosa, sobretudo em ambientes profundos. Já no Mel-DER, a diferença entre os dois vidros foi pequena (~2,3%), mas suficiente para confirmar que maior transmissão assegura maior estímulo circadiano. Assim como no caso do PAF, vidros com elevada Tvis aumentam os riscos de ofuscamento e desconforto térmico, afetando a eficiência energética do projeto; portanto, recomenda-se a associação de estratégias de sombreamento adequadas para cada projeto.

Devido à recomendação da literatura, este estudo optou por não simular vidros com cores que pudessem alterar a fidelidade da reprodução de cores (IRC), visto que é uma importante característica a ser seguida em salas de aula de modo geral, em todos os níveis de ensino.

O **sombreamento** horizontal (brise), embora tenha reduzido em até 58% do Mel-EDI em pontos próximos à janela, promoveu ganho significativo em zonas distantes, com incremento médio de 23,59% no Ponto C. Esse resultado demonstra que dispositivos de sombreamento, além de reduzir ofuscamento, podem redistribuir a luz de forma mais eficaz, equilibrando conforto visual e estimulação circadiana. O brise vertical, por sua vez, apesar de ter sido testado, apresentou menor eficácia no caso estudado, condicionado pela profundidade da sala de aula selecionada para o objeto de estudo desta tese. É importante salientar que o brise vertical não deve ser descartado em projetos voltados à promoção da iluminação circadiana, porém deve atender ao projeto (efeitos visuais e não visuais da luz, conforto térmico e eficiência energética) e às características do local de implantação.

A **análise dos melhores e piores cenários** permitiu reforçar a compreensão integrada dos parâmetros arquitetônicos avaliados. O cenário mais favorável foi obtido com a combinação de PAF de 80%, vidro incolor de alta transmissão luminosa (Tvis 85%), paredes internas de cor azul ($\rho = 71,26\%$, M/P = 1,09), brise horizontal e fachada voltada para o norte, resultando em ganhos médios de Mel-EDI da ordem de 80% em relação ao intercepto. Por outro lado, o pior

desempenho ocorreu com PAF de 40%, vidro de menor transmissão (T_{vis} 63%), paredes brancas ($\rho = 77,80\%$, $M/P = 0,97$), sem dispositivos de sombreamento e orientação sul, levando a uma redução de aproximadamente 29% no Mel-EDI em relação ao cenário de referência. Essa comparação evidencia a amplitude de variação possível em função das decisões projetuais e reforça a importância de escolhas integradas que conciliem iluminação circadiana, conforto visual e eficiência energética.

No cumprimento do **quarto objetivo específico**, esta tese apresenta recomendações que podem servir como subsídios para futuras práticas projetuais que podem orientar o desenvolvimento de salas de aula mais saudáveis e eficientes. As recomendações a seguir consideram o comportamento dos efeitos não visuais em uma sala que possui **janela em apenas uma fachada (parede)**, sem obstruções para o recebimento da luz natural. Destacam-se:

▪ Quanto ao PAF

Profundidade da sala	PAF recomendado	Estratégias complementares
Salas profundas	>50%	<ul style="list-style-type: none"> – Usar materiais claros e refletivos (teto ρ 0,8–0,9; parede ρ 0,7–0,8; piso ρ 0,3–0,4) – Avaliar nebulosidade do local: em céus encobertos/parcialmente encobertos → adotar PAF mais elevado – Garantir conforto visual e térmico (ex.: brises, vidros adequados) – Estudar a necessidade de associar estratégias de sombreamento para mitigar ofuscamento e desconforto térmico. Além de beneficiar a eficiência energética
Salas médias ($\approx 5\text{--}7$ m)	$\approx 30\text{--}50\%$	<ul style="list-style-type: none"> – Combinar PAF intermediário com materiais de alta refletância – Avaliar peitoril para garantir visão externa - Layout com ocupantes lateralmente às janelas – Materiais claros (ρ conforme ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013) tornam o PAF mais eficiente - Possível reduzir o PAF em locais de céu claro predominante - Cuidado com risco de ofuscamento
Geral		<ul style="list-style-type: none"> – O PAF é um parâmetro arquitetônico que tem grande impacto em salas profundas – Avaliar altura do peitoril para garantir visão externa – As recomendações do PAF são válidas para o layout da sala de aula com ocupantes sentados lateralmente às janelas – Garantir conforto visual e térmico (ex.: brises, vidros adequados)

- O ideal é que, no mínimo, **75% da área ocupada da sala de aula** atinja níveis iguais ou superiores a **250 Mel-EDI** durante o período de uso;
- Sugere-se que a definição da profundidade, na fase projetual, por meio de simulação computacional, complemente tanto os efeitos visuais quanto os não visuais;
- **Profundidade da sala entre 5 e 7 metros**, considerando janelas cuja linha superior esteja a $\approx 2,80$ metros de altura, para permitir níveis mínimos de Mel-EDI, e salas com janelas posicionadas lateralmente aos ocupantes. A alternância de posição do aluno em sala de aula altera a profundidade adequada para o projeto;
- **Preferir vidro incolor**, para preservar o IRC (≥ 80), e com alta transmissão luminosa (70–90%). Como contrapartida, aumenta-se o risco de ofuscamento, o que provavelmente exigirá a associação desse tipo de vidro a elementos de sombreamento dimensionados, atendendo às necessidades do projeto, como os efeitos visuais e não visuais da luz, conforto visual e conforto térmico;
- **O sombreamento**, como estratégia eficaz para controle de ofuscamento, assegurando distribuição mais homogênea da luz natural, preservando a vista externa e estimulando os efeitos circadianos em zonas mais profundas do ambiente. A mitigação do ofuscamento e a preservação da vista incentivam o olhar na direção da janela, aumentando a entrada de luz natural pela retina e, conseqüentemente, potencializando os efeitos não visuais da iluminação. Dispositivos de sombreamento horizontais propiciam uma melhor distribuição para zonas mais distantes da janela, especialmente em salas profundas, favorecendo o aumento de Mel-EDI;
- **Propriedades reflexivas dos materiais** devem ser priorizadas em tons claros, como branco ou azul, apresentando $M/P \geq 0,90$ (ou **Mel-DER ≥ 1**) e elevada refletância, conforme estabelece a norma brasileira: teto, $\rho \approx 0,8–0,9$; parede, $\rho \approx 0,7–0,8$; e piso, $\rho \approx 0,3–0,4$. Em salas não profundas ($\approx 5 \times 4$ m), recomenda-se priorizar a refletância dos materiais para a promoção dos efeitos não visuais, em vez de aumentar o PAF, pois a maior área refletora — decorrente da não necessidade de aberturas elevadas — e a menor distância entre planos intensificam a reflexão da luz no ambiente. É importante que as propriedades reflexivas dos materiais não interfiram no IRC (≥ 80) dentro da sala de aula;
- **Fachadas voltadas para o norte** (considerando o hemisfério sul) preservam o estímulo circadiano ao longo do ano nas latitudes estudadas. Já a orientação sul, entre as quatro analisadas (norte, sul, leste e oeste), mostrou-se a menos eficaz por apresentar menor intensidade ao longo do ano. No entanto, isso não significa que deva ser descartada — apenas que apresenta desempenho inferior em relação às demais;

- As **condições climáticas locais** (como a nebulosidade), nos horários e períodos de uso ao longo do ano, devem ser consideradas em projetos de iluminação natural. Esses fatores influenciam diretamente os parâmetros arquitetônicos analisados neste estudo, afetando tanto o desempenho visual quanto os efeitos não visuais da luz natural. **Cada cidade apresenta características climáticas próprias, o que reforça a necessidade de investigar SPDs específicos para diferentes contextos urbanos brasileiros.** Os resultados indicam a importância de considerar perfis diários típicos por estação do ano e mostram que, a partir de dados meteorológicos é possível estimar sazonalmente a ocorrência de dias claros, parcialmente encobertos e encobertos, além de projetar o potencial anual da luz natural para efeitos não visuais. A análise do SPD revelou-se particularmente relevante, já que as variações de latitude, neste estudo, não se mostraram determinantes. Contudo, é importante destacar que as avaliações realizadas foram pontuais, e não baseadas em séries anuais completas.

Além de atender aos objetivos propostos, esta tese contribui para o avanço da discussão sobre os efeitos não visuais da luz natural no ambiente construído, aproximando o campo da arquitetura das ciências da saúde, como a medicina e a psicologia. Essa abordagem interdisciplinar é essencial para a criação de espaços mais humanizados e alinhados ao bem-estar dos usuários.

Apesar dos avanços proporcionados por esta pesquisa, algumas **limitações** devem ser reconhecidas. Primeiramente, o estudo concentrou-se em único espaço físico, o que limita a generalização dos resultados. Além disso, embora as simulações tenham abrangido diferentes latitudes e condições climáticas, não se tratou de medições *in loco* em múltiplos edifícios reais, o que poderia ter validado ainda mais os achados. A limitação técnica dos softwares utilizados também impôs restrições, especialmente na modelagem de condições dinâmicas do céu ao longo de períodos extensos. Cabe reconhecer as **limitações deste estudo**:

- O estudo realizado em apenas três latitudes;
- Foi simulada somente uma sala (geometria, dimensão e proporção);
- A ausência de levantamento *in loco* da composição espectral da luz, tanto no ambiente interno quanto da luz do céu — CCT e SPD;
- A não consideração do mobiliário, focando-se apenas em elementos fixos do espaço;
- A ausência de avaliação subjetiva dos usuários quanto à percepção dos efeitos da luz.

Essas limitações não comprometem os resultados obtidos, mas apontam oportunidades para futuras pesquisas que integrem medições experimentais, diferentes configurações espaciais e a participação dos usuários, aprofundando a compreensão sobre os efeitos não visuais da luz natural.

A abordagem desta tese focou exclusivamente nos efeitos não visuais da luz, não abrangendo de forma aprofundada outras dimensões igualmente importantes do conforto ambiental, tais como acústica, qualidade do ar ou aspectos térmicos. Assim, há necessidade de pesquisas que integrem esses múltiplos fatores, uma vez que a qualidade ambiental interna é, por natureza, multidimensional e interdependente. Diante dessas limitações, **sugere-se para pesquisas futuras:**

- A realização de estudos empíricos *in loco*, envolvendo medições prolongadas dos efeitos não visuais em salas reais, sob distintas condições climáticas e sazonais;
- O aprofundamento da análise integrada entre efeitos visuais e não visuais buscando soluções projetuais que conciliem conforto visual, estímulo circadiano e eficiência energética;
- Investigações sobre a percepção subjetiva dos usuários em relação aos efeitos não visuais;
- Estudos sobre a aplicação dos efeitos não visuais em outros tipos de edifícios com longa permanência, como hospitais e escritórios;
- O aprimoramento de métodos de aferição dos efeitos não visuais em ambientes reais;
- Aperfeiçoar diretrizes projetuais que conciliem efeitos visuais e não visuais.

Em síntese, esta tese demonstra que a arquitetura vai além da estética e da funcionalidade, assumindo um papel essencial na promoção da saúde, do bem-estar e do desempenho cognitivo dos usuários. As evidências reunidas aqui reforçam a necessidade de uma prática projetual que transcenda o campo puramente visual, integrando os efeitos biológicos e não visuais da luz natural. Conclui-se que considerar tais efeitos desde as fases iniciais do projeto é uma estratégia indispensável para a criação de ambientes educacionais mais saudáveis, sustentáveis e verdadeiramente centrados nas necessidades humanas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO/CIE 8995- 1 ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE TRABALHO (Parte 1: Interior)**. Rio de Janeiro: 2013.
- ABNT. **NBR 15215-1: Iluminação Natural, Parte 1 – Conceitos básicos e definições**. Rio de Janeiro /Brasil: 2023.
- ABNT. **NBR 15215-2: Iluminação Natural, Parte 2 – Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural e para a distribuição espacial da luz natural**. Rio de Janeiro /Brasil: 2023.
- ABNT. **NBR 15215-3: Iluminação Natural, Parte 3 – Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos**. Rio de Janeiro /Brasil: 2024.
- ABNT. **NBR 15.125-4. Iluminação Natural - Parte 4: Verificação Experimental das condições de iluminação natural interna**. Brasil: 2024.
- ACOSTA, I. et al. Daylighting design for healthy environments: Analysis of educational spaces for optimal circadian stimulus. **Solar Energy**, v. 193, p. 584–596, 2019.
- ACOSTA, I.; LESLIE, R. P.; FIGUEIRO, M. G. Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms. **Lighting Research and Technology** 49(1) 2015;49(1):49-61. doi:10.1177/1477153515592948
- AGHNIAEY, S. et al. Thermal comfort evaluation in campus classrooms during room temperature adjustment corresponding to demand response. **Building and Environment**, v. 148, p. 488–497, 15 jan. 2019.
- AGRESTI, A. **An Introduction to Categorical Data Analysis**. 2. ed. Flórida, USA: John Wiley & Sons, 2019.
- AGUILAR-CARRASCO, M. T.; ACOSTA, I.; DOMÍNGUEZ-AMARILLO, S. CircaLight, a new circadian light assessment tool for Grasshopper environment: Development and reliability testing. **Journal of Building Engineering**, v. 71, 2023.
- AL ENEZI, J. et al. A “melanopic” spectral efficiency function predicts the sensitivity of melanopsin photoreceptors to polychromatic lights. **Journal of Biological Rhythms**, v. 26, n. 4, p. 314–323, 2011.
- ALBERTO, K. CHAVES. Formalizando o ensino superior na década de 1960: a cidade universitária da UnB e seu projeto urbanístico. **Tese (doutorado)** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.
- ALIGHT, Athina; JAKUBIEC, Alstan. Evaluating the use of photobiology-driven alertness and health measures for circadian lighting design. In: **BUILDING SIMULATION CONFERENCE**, 17., 2021, Bruges. Proceedings. [Bruges]: IBPSA, 2021. v. 1. p. 2529-2537. Disponível em:

https://publications.ibpsa.org/proceedings/bs/2021/papers/bs2021_30463.pdf. Acesso em: 19 jun. 2025.

ALKHATATBEH, B. J.; ASADI, S. Role of architectural design in creating circadian-effective interior settings. **Energies**, v. 14, n. 20, 2021.

ALKHATATBEH, B. J.; KURDI, Y.; ASADI, S. Multi-objective optimization of classrooms' daylight performance and energy use in U.S. Climate Zones. **Energy and Buildings**, v. 297, p. 113468, out. 2023.

AL-KHATATBEH, B. J.; MA'BDEH, S. N. Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques. **Energy Procedia**, v. 136, p. 102–108, out. 2017.

ALKHATIB, H. et al. Deployment and control of adaptive building facades for energy generation, thermal insulation, ventilation and daylighting: A review. **Applied Thermal Engineering**, v. 185, p. 116331, 25 fev. 2021.

ALTENBERG VAZ, N.; INANICI, M. Syncing with the Sky: Daylight-Driven Circadian Lighting Design. **LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America**, v. 17, n. 3, p. 291–309, 2021.

ALTOMONTE, S. et al. Ten questions concerning well-being in the built environment. **Building and Environment**, v. 180, 2020.

AMIRAZAR, A. et al. A low-cost and portable device for measuring spectrum of light source as a stimulus for the human's circadian system. **Energy and Buildings**, v. 252, p. 111386, 1 dez. 2021.

AMOATEY, P. et al. Impact of Indoor Environmental Quality on Students' Comfort in High School Buildings during the Summer Season in an Extreme Climate. **Journal of Architectural Engineering**, v. 29, n. 3, set. 2023.

AMORIM, C. et al (ed). Evaluating integrated lighting projects: A Procedure to Post-Occupancy Evaluation of Daylight and Electrical Lighting Integrated - **IEA SHC Task 61 / EBC Annex 77: Integrated Solutions for Daylighting and Electric Lighting Project**. 2021.

AMORIM, C. et al. An Integrated Design Process in Practice: A Nearly Zero Energy Building at the University of Brasília - Brazil. In: **Zero-Energy Buildings**. INTECHOPEN, 2022. p. 1–26.

AMUNDADOTTIR, M. L. et al. A human-centric approach to assess daylight in buildings for non-visual health potential, visual interest and gaze behavior. **Building and Environment**, v. 113, p. 5–21, 2017.

ANACLETO, T. S.; BORGIO, J. G. F.; LOUZADA, F. M. Daytime sleepiness in elementary school students: the role of sleep quality and chronotype. **Revista de Saúde Pública**, v. 56, 2022.

ANDERSEN, M.; MARDALJEVIC, J.; LOCKLEY, S. W. A framework for predicting the non-visual effects of daylight-Part I: Photobiology-based model. **Lighting Research and Technology**, v. 44, n. 1, p. 37–53, 2012.

ANDRADE, F.; GRAVIA, G.; ALVES, C. **UnB volta a ter nota máxima no MEC**: no DF foram avaliadas 46 instituições, veja ranking. TV Globo e g1 DF, 2023.

ARELLANO PEREZ, A. D.; ALVES, J.; DE OLIVEIRA ALVARES, L. Re-exposures in the Dark Cycle Promote Attenuation of Fear Memory: Role of the Circadian Cycle and Glucocorticoids. **Neuroscience**, v. 505, p. 1–9, 2022.

ARENDT, J. Aaron Lerner, who discovered melatonin. **Journal of Pineal Research**, v. 43, n. 1, p. 106–107, 26 ago. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.215**: Iluminação natural. Parte 3: Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro/RJ: 2024.

ATTHAILLAH, A. et al. Daylighting design validation and optimisation of tropical school classrooms with asymmetrical bilateral opening typology. *Indoor and Built Environment*, v. 33, n. 3, p. 551–570, 3 mar. 2024.

AUBÉ, M.; ROBY, J.; KOCIFAJ, M. Evaluating Potential Spectral Impacts of Various Artificial Lights on Melatonin Suppression, Photosynthesis, and Star Visibility. **PLoS ONE**, v. 8, n. 7, 2013.

AYOUB, M. 100 Years of daylighting: A chronological review of daylight prediction and calculation methods. **Solar Energy**, v. 194, p. 360–390, 1 dez. 2019.

BABILON, S. et al. Measurement of circadian effectiveness in lighting for office applications. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 15, 2021.

BALAKRISHNAN, P, D. DUMORTIER, A. DIAKITE-KORTLEVER, PAUL KENNY, and et al SKYSPECTRA: An Opensource Data Package of Worldwide Spectral Daylight. **International Commission on Illumination, CIE**, September 23, 2023. <https://doi.org/10.25039/x50.2023.op026>. Acesso em: 4 jun. 2025.

BALLARINI, I. et al. Transformation of an office building into a nearly zero energy building (NZEB): Implications for thermal and visual comfort and energy performance. **Energies**, v. 12, n. 5, 2019.

BARIANI, Isabel Cristina Dib; PAVANI, Renatha. Sala de aula na universidade: espaço de relações interpessoais e participação acadêmica *Artigos • Estud. psicol.* (Campinas) 25 (1) • Mar 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-166X2008000100007>

BARRETT, P. et al. The Holistic Impact of Classroom Spaces on Learning in Specific Subjects. **Environment and Behavior**, v. 49, n. 4, p. 425–451, 2017.

BDTD-IBICT. **Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações**: Acesso e Visibilidade às teses e Dissertações Brasileiras. Disponível em: <<https://bdtd.ibict.br/vufind/>>.

BELLAZZI, A. et al. An artificial skylight compared with daylighting and LED: Subjective and objective performance measures. **Journal of Building Engineering**, v. 45, 2022a.

BELLIA, L. et al. Matching CIE illuminants to measured spectral power distributions: A method to evaluate non-visual potential of daylight in two European cities. **Solar Energy**, v. 208, p. 830–858, 15 set. 2020.

BELLIA, L. et al. Assessment of melanopsin-based quantities: Comparison of selected design tools and validation against on-field measurements. **Building and Environment**, v. 232, 2023.

BELLIA, L.; FRAGLIASSO, F. Good Places to Live and Sleep Well: A Literature Review about the Role of Architecture in Determining Non-Visual Effects of Light. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, p. 1002, 23 jan. 2021.

BELLIA, L.; PEDACE, A.; BARBATO, G. Lighting in educational environments: An example of a complete analysis of the effects of daylight and electric light on occupants. **Building and Environment**, v. 68, p. 50–65, 1 out. 2013.

BELLIA, L.; PEDACE, A.; BARBATO, G. Daylighting offices: A first step toward an analysis of photobiological effects for design practice purposes. **Building and Environment**, v. 74, p. 54–64, 1 abr. 2014.

BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Environmental Comfort in School Buildings. **Environment and Behavior**, 38(2), 155-172. 2006.

BERSON, D. M.; DUNN, F. A.; TAKAO, M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. **Science**, v. 295, n. 5557, p. 1070–1073, 2002.

BERTOLOTTI, DIMAS. Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. **Dissertação (mestrado)**. Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19092007-141031/>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BIAN, Y. et al. Contrast demand on the blackboard in typical secondary school classrooms of China: Effects of daylight reflections on text legibility. **Energy and Buildings**, v. 261, p. 111974, abr. 2022.

BILDER, C.; LOUGHIN, T. **Analysis of Categorical Data with R**. 1. ed. New York, USA: CRC Press Taylor & Francis Group, 2014.

BOMMEL, W. VAN. **Interior Lighting. Fundamentals, Technology and Application**. Switzerland: Springer Nature, 2019.

BOYCE, P.; HUNTER, C.; HOWLETT, O. **The Benefits of Daylight through Windows** Sponsored by: Capturing the Daylight Dividend Program. 2003.

BOYCE, P. R. Illuminance Selection Based on Visual Performance—and other Fairy Stories. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 25, n. 2, 1996.

BOYCE, P. R. **Human Factors in Lighting**. terceira ed. Flórida: Taylor & Francis Group, 2014.

BOYCE, P. R. Light, lighting and human health. **Lighting Research and Technology**, v. 54, n. 2, p. 101–144, 2022.

BOYCE, P.; RAYNHAM, P. **The SLL Lighting Handbook** - PDF Room. London. The Society of Light & Lighting, , 2009.

BRAINARD, G. C. et al. Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor. **Journal of Neuroscience**, v. 21, n. 16, p. 6405–6412, 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Instituições de Educação Superior. Manual**. Manual e Nota técnica do FNDE 2023. Disponível em: https://www.fnde.gov.br/phocadownload/programas/pro_infancia/Manuais/volume%203%20-%20manual%20elaboracao%20projetos%20ed.%20escolares%20-%20fundamental_desenvolvimento.pdf. Acesso em: 23 mar. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. **Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de 2021** - Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Brasília, Ministério da Economia, 2021. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002707.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2024.

BREMBILLA, E.; MARDALJEVIC, J. Climate-Based Daylight Modelling for compliance verification: Benchmarking multiple state-of-the-art methods. **Building and Environment**, v. 158, p. 151–164, 1 jul. 2019.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 8206-2:1992 Lighting for buildings. Code of practice for daylighting**. Superseded by BS 8206-2:2008. Supersedes DD 73:1982. 389 Chiswick High Road, London, 1992.

BROWN, T. M. Melanopic illuminance defines the magnitude of human circadian light responses under a wide range of conditions. **Journal of Pineal Research**, v. 69, 2020.

BROWN, T. M. et al. Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults. **PLoS Biology**, v. 20, n. 3, 2022.

BRUNDTLAND, G. H. **Relatório Brundtland** – Nosso Futuro Comum - Our Common Future – The World Commission on Environment and Development. Oxford:1987.

BRUNSGAARD, C.; FICH, L. B. “Healthy Buildings”: Toward understanding user interaction with the indoor environment. **Indoor and Built Environment**, v. 25, n. 2, p. 293–295, 2016.

BUSATTO, N. et al. Application of Different Circadian Lighting Metrics in a Health Residence. **Journal of Daylighting**, v. 7, p. 13–24, 2020.

BUTERA, F. M. **Da Caverna à Casa Ecológica: história do conforto e da energia**. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2009.

CAI, W. et al. The impact of room surface reflectance on corneal illuminance and rule-of-thumb equations for circadian lighting design. **Building and Environment**, v. 141, p. 288–297, 15 ago. 2018.

CAJOCHEN, C. et al. Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. **Behavioural Brain Research**, v. 115, n. 1, p. 75–83, 2000a.

CAJOCHEN, C. et al. High Sensitivity of Human Melatonin, Alertness, Thermoregulation, and Heart Rate to Short Wavelength Light. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 90, n. 3, p. 1311–1316, mar. 2005.

CAPES. **Catálogo de Teses e Dissertações**. Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/index.html#!/>. Acesso em: 23 mar. 2025.

CARMON, Donnatienne; ALTOMONTE, Sergio. Lighting for circadian well-being: a simulation-based workflow for the visual and non-visual lighting design of a nursing home. In: **BUILDING SIMULATION CONFERENCE**, 17., 2021, Bruges. Proceedings. [Bruges]: IBPSA, 2021. v. 1. p. 2911-2918. Disponível em: https://publications.ibpsa.org/proceedings/bs/2021/papers/bs2021_31101.pdf. Acesso em: 15 jun. 2025.

CARVALHO, J. **MÉTODO PARA ANÁLISE DO POTENCIAL LUMINOSO DE ELEMENTOS DE CONTROLE DA INSOLAÇÃO POR REDIRECIONAMENTO DA RADIAÇÃO**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

CASARIN, R. **A luz e sua relação com a saúde**. Lume Arquitetura, p. 8–12, 2009.

CASTILLA, N. et al. Subjective assessment of university classroom environment. **Building and Environment**, v. 122, p. 72–81, 2017.

CASTILLA, Nuria; LLINARES, Carmen; BISEGNAC, Fabio; GIMÉNEZA, Vicente Blanca-. Affective evaluation of the luminous environment in university classrooms. **Journal of Environmental Psychology**, 58, p. 52–62, 2018a.

CASTILLA, N. et al. Emotional evaluation of lighting in university classrooms: A preliminary study. **Frontiers of Architectural Research**, v. 7, n. 4, p. 600–609, 2018b.

CASTILLA, N.; HIGUERA-TRUJILLO, J. L.; LLINARES, C. The effects of illuminance on students' memory. A neuroarchitecture study. **Building and Environment**, v. 228, p. 109833, 15 jan. 2023.

CASTRO, A. A. S. C.; AMORIM, C. N. D. A Arquitetura Como Fator De Controle Da Covid-19 Em Campus Universitário. VI ENANPARQ - Encontro de Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. **Anais...Brasília - DF: VI ENANPARQ**, 2020

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 17037: Daylight in buildings. Brussels: 2023.

CHAVES, N. P. **Novos Processos de Projeto: Explorando a Iluminação Integrativa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

CHEN, X.; ZHANG, X.; DU, J. The potential of circadian lighting in office buildings using a fibre optics daylighting system in Beijing. **Building and Environment**, v. 182, p. 107118, 1 set. 2020.

CHIOU, Y.-S.; SAPUTRO, S.; SARI, D. P. Visual Comfort in Modern University Classrooms. **Sustainability**, v. 12, n. 9, p. 3930, 11 maio 2020.

CHPS. **US-CHPS Criteria 2.0: Criteria & Implementation Guide for New Construction & Major Renovation of School Buildings**. Califónia: 2020.

CHPS. **Better Student Outcomes Start with Better Learning Environments**. Disponível em: <https://chps.net/>. Acesso em: jun. 2023.

CHPS. **CHPS Criteria**. Disponível em: <https://chps.net/chps-criteria>. Acesso em: jun. 2023.

CIBSE. **Lighting Guide 5: Lighting for education**. London: 2021.

CIE. **CIE S 026:2018**. CIE System for Metrology of Optical Radiation for IPRGC-Influenced Responses to Light. Vienna: 2018.

CIE. **CIE 015:2018**. Colorimetry, 4th edition. Technical report. Vienna: 2018.

CIE. **POSITION STATEMENT ON NON-VISUAL EFFECTS OF LIGHT - RECOMMENDING PROPER LIGHT AT THE PROPER TIME, 2ND EDITION (OCTOBER 3, 2019)**. Vienna: 2019.

CIE. **LAUNCH OF CIE S 026 TOOLBOX AND USER GUIDE**. Vienna: 2022.

CLARIVATE. **Journal Citation Reports™** - The world's leading journals and publisher-neutral data. Disponível em: <https://jcr-clarivate.ez54.periodicos.capes.gov.br/jcr/home?Init=Yes&SrcApp=IC2LS>. Acesso em: jun. 2023.

CLARIVATE. **About us**. Disponível em: <https://clarivate.com/about-us/>. 2023.

CLARIVATE. **Web of Science**. Disponível em: <https://clarivate.com/products/webofscience/>. 2023.

CLAVIVATE. **WEB OF SCIENCE** - pesquisar. Disponível em: <https://www-webofscience.ez54.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search>. 2023.

CLIMATE.ONEBUILDING.ORG. **Dados Climáticos INMET de 2018**. Disponível em: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html. 2023

CLIMATESTUDIO. **Annual Glare.** Disponível em: <https://climatestudiodocs.com/docs/annualGlare.html>. 2023.

CORREIA, C. **Rolé UFRJ #12: Escola de Enfermagem Anna Nery.** Disponível em: <https://conexao.ufrj.br/2023/05/role-ufrj-12-escola-de-enfermagem-anna-nery/>. Acesso em: 14 jan. 2025.

COSTA, João Francisco Walter. Electrochromic glazing: Visual and non-visual effects in highly glazed non-residential buildings in Brazil. **Tese de doutorado.** Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília: Brasília, 2024.

COSTAMAGNA, P. **FUEL CELLS – OVERVIEW | Modeling.** Editor(s): Jürgen Garche, Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, Elsevier, 2009, Pages 309-320, ISBN 9780444527455, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-044452745-5.00039-3>.

COSTANZO, V.; EVOLA, G.; MARLETTA, L. A Review of Daylighting Strategies in Schools: State of the Art and Expected Future Trends. **Buildings**, v. 7, n. 41, 2017.

DABAJ, B.; RAHBAR, M.; FAKHR, B. V. Impact of Different Shading Devices on Daylight Performance and Visual Comfort of A Four Opening Sides' Reading Room In Rasht. **Journal of Daylighting**, v. 9, n. 1, p. 97–116, 2022.

DAI, Q. et al. Spatial and spectral illumination design for energy-efficient circadian lighting. **Building and Environment**, v. 146, p. 216–225, 1 dez. 2018.

DIAKITE-KORTLEVER, A.; WEBER, N.; KNOOP, M. Reconstruction of Daylight Spectral Power Distribution Based on Correlated Color Temperature: A Comparative Study between the CIE Approach and Localized Procedures in Assessing Non-image Forming Effects. **LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America**, v. 19, n. 2, p. 118–145, 2023a.

DIAS, L. C. A. **Campi sustentáveis: desafios para a construção de espaços universitários.** São Carlos: Universidade de São Paulo, 5 set. 2017.

DIKKER, S. et al. Morning brain: Real-world neural evidence that high school class times matter. **Social Cognitive and Affective Neuroscience**, v. 15, n. 11, p. 1193–1202, 2020.

DIN. TECHNICAL SPECIFICATION - **DIN/TS 67600:** Complementary criteria for lighting design and lighting application with regard to non-visual effects of light. (Título original em alemão: “Ergänzende Kriterien für die Lichtplanung und Lichtanwendung im Hinblick a. Berlin: 2022.

ELETROBRAS. **Editais de Chamada Pública NZEB Brasil.** Rio de Janeiro: [s.n.].

ELSEVIER. **Scopus - Start exploring.** Disponível em: <https://www-scopus.ez54.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?zone=TopNavBar&origin=&display=basic#basic>.

ENGLEZOU, M; MICHAEL, A. Investigation of the daylight spectrum in an indoor environment using CIE S 026 melanopic metrics. **Lighting Research and Technology**, v. 55, n. 7-8, p. 690-711, 2023.

EZPELETA, S. et al. Analysis of photopic and melanopic lighting in teaching environments. **Buildings**, v. 11, n. 10, 2021.

FANI, M.; SHARP, N.; ANARAKI, M.; SHAHVERDI, A.P Evaluation of the influence of interior design parameters on circadian daylighting of design-studio classrooms. . **In: BUILDING SIMULATION CONFERENCE**, 18., 2023, Shanghai. Proceedings. [Shanghai]: IBPSA, 2023. v. 1. p. 221-229. Disponível em: https://publications.ibpsa.org/conference/paper/?id=bs2023_1323 . Acesso em: 15 jun. 2025.

FERNANDES, J. T. Qualidade da Iluminação Natural e o Projeto Arquitetônico: a relação da satisfação do usuário quanto à vista da janela e a percepção do ofuscamento. **Tese (doutorado)** Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília - UnB, Brasília: 2016.

FIGUEIRO, M. et al. **Light and Human Health: An Overview of the Impact of Optical Radiation on Visual, Circadian, Neuroendocrine, and Neurobehavioral Responses**. IES TM-18-18. New York: 2018.

FIGUEIRO, M. G. et al. Comparisons of three practical field devices used to measure personal light exposures and activity levels. **Journal of Circadian Rhythms**, v. 45, p. 421–434, 2013.

FIGUEIRO, M. G. et al. The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers. **Sleep Health**, v. 3, n. 3, p. 204–215, jun. 2017.

FIGUEIRO, M. G. et al. Circadian-effective light and its impact on alertness in office workers. **Lighting Research and Technology**, v. 51, n. 2, p. 171–183, 2019.

FIGUEIRO, M. G.; REA, M. S. Evening daylight may cause adolescents to sleep less in spring than in winter. **Chronobiology International**, v. 27, n. 6, p. 1242–1258, 2010.

FIORINI, Daniela Bissoli et al . Sala de aula invertida com aprendizagem baseada em problemas e orientação por meio de projeto, apoiada pela gestão do conhecimento. **Acta Educ.**, Maringá , v. 44, e53601, 2022 . Disponível em <http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2178-52012022000100205&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 21 jul. 2025. Epub 02-Jan-2022. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v44i1.53601>.

FICHER, Sylvia (org.). Instituto Central de Ciências 1963-1971. Brasília: UnB, 2001.

FISCHER, D.; HILDITCH, C. J. Light in ecological settings: Entrainment, circadian disruption, and interventions. **Progress in Brain Research**, v. 273, n. 1, p. 303–330, 1 jan. 2022.

FRANÇA. Suelem Schier de. Influência da componente refletida da luz natural na iluminação circadiana. **Dissertação (mestrado)** - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2024.

FREITAS, Ludmylla Faria de; OLIVEIRA, Raquel Diniz; LIMA, Frederico Romagnoli S. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO DOS USUÁRIOS EM AMBIENTES NATURALMENTE VENTILADOS: SIMULAÇÃO APLICADA À

EDIFICAÇÃO ESCOLAR PÚBLICA. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2019. **Anais [...]. [S. l.]**, 2019. p. 950–960. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/3990>. Acesso em: 21 jul. 2025.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA: CONCEITUAÇÃO, PRODUÇÃO E PUBLICAÇÃO. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57–73, 15 set. 2019.

GENTILE, N. et al. Evaluation of integrated daylighting and electric lighting design projects: Lessons learned from international case studies. **Energy and Buildings**, v. 268, p. 112191, 1 ago. 2022.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4a ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2002.

GUIDALLI, CLÁUDIA ROCHA RAPUANO. Diretrizes para o projeto de salas de aula em universidades visando o bem-estar do usuário. **Dissertação (mestrado)** - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Florianópolis, 2012.

GKAINATZI-MASOUTI, M.; VAN DUIJNHOFEN, J.; AARTS, M. P. J. Simulations of non-image-forming effects of light in building design: A literature review. **Lighting Research and Technology**, 2022.

GOLOMBEK, D. A.; ROSENSTEIN, R. E. Physiology of circadian entrainment. **Physiol Rev.**, v. 90, n. 3, p. 1063–102, 2010.

GORGULU, S.; KOCABEY, S. An energy saving potential analysis of lighting retrofit scenarios in outdoor lighting systems: A case study for a university campus. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 2020.

GRASSHOPPER 3D. **Grasshopper - algorithmic modeling for Rhino**. Disponível em: <https://www.grasshopper3d.com/>. Acesso em: jun. 2023.

HARTMEYER, S. L.; WEBLER, F. S.; ANDERSEN, M. Towards a framework for light-dosimetry studies: Methodological considerations. **Lighting Research and Technology**, p. 1–23, 2022.

HATHAWAY, WARREN. A Study Into the Effects of Types of Light on Children - A Case of Daylight Robbery. **Reports - Descriptive**. Alberta Dept. of Education, Edmonton. Planning and Information Services. ISBN-0-7732-0724-4. Edmonton, Canadá: 1992

HATTAR, S. et al. Melanopsin-containing retinal ganglion cells: Architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. **Science**, v. 295, n. 5557, p. 1065–1070, 2002.

HE, S.; YAN, Y.; CAI, H. Improving the accuracy of circadian lighting simulation with field measurement. **JOURNAL OF BUILDING PERFORMANCE SIMULATION**, v. 2022, n. 5, p. 575–598, 2022.

HELLINGA, H. Daylight and View: the Influence of Windows on the Visual Quality of Indoor Spaces. **Doctoral Thesis**, TU Delft – Delft University of Technology - Netherlands, 2013.

HOANG, K.; PETERS, T. Optimisation of Housing Design Options for Human-Centric Lighting. (W. Bustame, M. Andrade, P. Ortiz, Eds.) 36th **PLEA CONFERENCE**. Passive and Low Energy Architecture – PLEA. Edition Will Cities Survive. Anais...Santiago de Chile: 2022.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Daylighting: A Design Guide**. London: Heinemann, 1966.

HOSSEINI, S. N.; ANSARI, I. S. A Daylight Assessment on Visual and Nonvisual Effects of Light Shelves: A Human-centered Simulation-based Approach. **Journal of Daylighting**, v. 9, n. 1, p. 28–47, 2022.

HOUSER, K. W. et al. Human-centric lighting: Myth, magic or metaphor? **Lighting Res. Technol.**, v. 53, p. 97–118, 2021.

HRAŠKA, JOZEF ET AL. The practical implications of the EN 17037 minimum target daylight factor for building design and urban daylight in several European countries. **Heliyon**, Volume 10, Issue 1, e23297, 2024.

IBGE. Brasil em Síntese: território - dados geográficos. **Dados técnicos**. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/dados-geograficos.html>. Acesso em: jun. 2023.

IEA. **The IEA works with governments and industry to shape a secure and sustainable energy future for all**. Disponível em: <https://www.iea.org/about>. 2023.

INANICI M, ABOUSHI B, SAFRANEK S. Evaluation of sky spectra and sky models in daylighting simulations. **Lighting Research & Technology**. 2022; 55(6): 502-529. doi:10.1177/14771535221103400

INANICI, M.; ZGF ARCHITECTS. Lark spectral lighting - **Index** of/inanici/Lark. , 2023.

INMETRO. **INI COMERCIAL - Instrução Normativa Inmetro para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas** (ANEXO DA PORTARIA INMETRO No 309/2022).

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY - IES. IES LM- 83-12, Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York, NY, USA, 2012.

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY - IES. ANSI/IES LM- 83-23, Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE) an American National Standard. New York, NY, USA, 2023.

ISO/CIE. ISO/CIE 8995-1:2025. Light and lighting — Lighting of work places. Part 1: Indoor. Technical Committee: ISO/TC 274 **International Standard published**. Edition 1, 2025.

JUNG, B.; INANICI, M. Measuring circadian lighting through high dynamic range photography. **Lighting Research and Technology**, v. 51, n. 5, p. 742–763, 2019a.

KAYMAZ, E.; MANAV, B. A proposal on residential lighting design considering visual requirements, circadian factors and energy performance of lighting. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 22(5), 2851–2866. <https://doi.org/10.1080/13467581.2022.2161308>, 2022.

KAZANASMAZ, Z. T.; KÖSE, F. B.; TAYFUR, G. Emerging Concept of Human Centric Lighting in Literature Review. **Proceedings - 2023 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2023 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2023**. Anais...2023a.

KENNY, P. Characterising the melanopic/spectral microclimate of indoor spaces. **Tese (doutorado)**. Loughborough University, 2021.

KHADEMAGHA, P. et al. Implementing non-image-forming effects of light in the built environment: A review on what we need. *Building and Environment*, v. 108, p. 263–272, 2016.

KHADEMAGHA, P. et al. A multidirectional spectral measurement method and instrument to investigate non-image-forming effects of light. *Measurement Science and Technology*, v. 29, n. 8, 2018.

KIRIMTAT, A. et al. Review of simulation modeling for shading devices in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 53, p. 23–49, jan. 2016.

KNOOP, M. et al. Methods to Describe and Measure Lighting Conditions in Experiments on Non-Image-Forming Aspects. *LEUKOS The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America* 15(2-3):1-17, v. 15, n. 2–3, p. 163–179, 3 jul. 2019.

KNOOP, M. et al. Daylight: What makes the difference? *Lighting Res. Technol.*, v. 52, p. 423–442, 2020.

KONIS, K. A novel circadian daylight metric for building design and evaluation. *Building and Environment*, v. 113, p. 22–38, 15 fev. 2017.

KONIS, K. Field evaluation of the circadian stimulus potential of daylit and non-daylit spaces in dementia care facilities. *Building and Environment*, v. 135, p. 112–123, 1 maio 2018.

KONIS, K. A circadian design assist tool to evaluate daylight access in buildings for human biological lighting needs. *Solar Energy*, v. 191, p. 449–458, 2019.

KOŠIR, M. et al. Automatically controlled daylighting for visual and non-visual effects. *Lighting Research and Technology*, v. 43, n. 4, p. 439–455, 2011.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. *Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KRUISSELBRINK, T.; DANGOL, R.; ROSEMAN, A. Photometric measurements of lighting quality: An overview. *Building and Environment*, v. 138, p. 42–52, 15 jun. 2018.

KUGLEY, S. et al. Searching for studies: a guide to information retrieval for Campbell systematic reviews. *Campbell Systematic Reviews*, v. 13, n. 1, p. 1–73, 13 jan. 2017.

KWONG, Q. J. Light level, visual comfort and lighting energy savings potential in a green-certified high-rise building. *Journal of Building Engineering*, v. 29, 2020.

LAWRENCE, T. M. et al. Ten questions concerning integrating smart buildings into the smart grid. *Building and Environment*, v. 108, p. 273–283, 1 nov. 2016.

LEAL FILHO, W. et al. A comparative study of approaches towards energy efficiency and renewable energy use at higher education institutions. *Journal of Cleaner Production*, v. 237, 2019.

LECCESE, F. et al. A method to assess lighting quality in educational rooms using analytic hierarchy process. *Building and Environment*, v. 168, p. 106501, jan. 2020.

LEE, J.; BOUBEKRI, M.; PARK, J. DAYLIGHT, HUMAN HEALTH, AND DESIGN FOR SUSTAINABLE GREEN BUILDINGS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Journal of Green Building*, v. 17, n. 4, p. 151–178, 2022.

LEE, K. S.; HAN, K. J.; LEE, J. W. The impact of shading type and azimuth orientation on the daylighting in a classroom-focusing on effectiveness of façade shading, comparing the results of da and udi. *Energies*, v. 10, n. 5, 2017.

LEE, S.-J.; SONG, S.-Y. Evaluation of Visual Comfort and Lighting Energy in a Residential Building Equipped with Suspended Particle Device Smart Window Based on In-situ Measurement. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, v. 39, n. 5, p. 147–156, 2023.

LEGATES, T. A.; FERNANDEZ, D. C.; HATTAR, S. Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect. *Nature Reviews Neuroscience* 2014 15:7, v. 15, n. 7, p. 443–454, 11 jun. 2014.

LEWY, A. J. Current Understanding and Future Implications of the Circadian Uses of Melatonin, a Neurohormone Discovered by Aaron B. Lerner. *Journal of Investigative Dermatology*, v. 127, n. 9, p. 2082–2085, set. 2007.

LI, D. H. W.; CHEUNG, G. H. W.; LAU, C. C. S. A simplified procedure for determining indoor daylight illuminance using daylight coefficient concept. *Building and Environment*, v. 41, n. 5, p. 578–589, 2006.

LICH.DE. **Guideline Human Centric Lighting (HCL)**. Frankfurt: 2012.

LICHT.DE. **Licht. Wissen 02: Good Lighting for a Better Learning Environment**. Frankfurt: 2012.

LIU, B. et al. A study on daylighting metrics related to the subjective evaluation of daylight and visual comfort of students in China. *Energy and Buildings*, v. 287, p. 113001, maio 2023.

LO VERSO, V. R. M. et al. A survey on daylighting education in Italian universities. Knowledge of standards, metrics and simulation tools. **Journal of Daylighting**, v. 8, n. 1, p. 36–49, 2021a.

LO VERSO, V. R. M. et al. Questionnaires and simulations to assess daylighting in Italian university classrooms for IEQ and energy issues. **Energy and Buildings**, v. 252, p. 111433, dez. 2021b.

LO VERSO, V. R. M. et al. Integrative Lighting in Classrooms: Preliminary Results from Simulations and Field Measurements. **Buildings**, v. 13, n. 9, p. 2128, 22 ago. 2023.

LRC. **Lighting Research Center**. Disponível em: <<https://www.lrc.rpi.edu/>>.

LUCAS, R. J. et al. Measuring and using light in the melanopsin age. **Trends in Neurosciences**, v. 37, n. 1, p. 1–9, 2014.

MAHLER, C. R. Territórios universitários : tempos, espaços, formas. Brasília: Universidade de Brasília, 8 jun. 2015.

MARDALJEVIC, J. Simulation of annual daylighting profiles for internal illuminance. **Lighting Research & Technology**, v. 32, n. 3, p. 111–118, 2000.

MARDALJEVIC, J. et al. A framework for predicting the non-visual effects of daylight - Part II: The simulation model. **Lighting Research and Technology**, v. 46, n. 4, p. 388–406, 2014.

MARDALJEVIC, J. The implementation of natural lighting for human health from a planning perspective. **Lighting Research and Technology**, v. 53, n. 5, p. 489–513, 2021.

MARDALJEVIC, J.; HESCHONG, L.; LEE, E. Daylight metrics and energy savings. **Lighting Research and Technology**, v. 41, n. 3, p. 261–283, 2009.

MASKARENJ, M.; DEROISY, B.; ALTOMONTE, S. A new tool and workflow for the simulation of the non-image forming effects of light. **Energy and Buildings**, v. 262, 2022.

MATHEW, V. et al. Real-Time Investigations and Simulation on the Impact of Lighting Ambience on Circadian Stimulus. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 48, n. 5, p. 6703–6716, 2023.

MATSUMOTO, S. et al. PROPOSAL ON THE SIMPLE ESTIMATION METHOD OF DAYLIGHTING ENVIRONMENT BASED ON THE DAYLIGHT AMOUNT FROM A WINDOW IN A RESIDENTIAL ROOM | 住宅居室の側窓からの採光量に基づく昼光照明環境の簡易予測手法の提案. **Journal of Environmental Engineering (Japan)**, v. 87, n. 800, p. 636–647, 2022.

MAYER, B. et al. **LibRadtran**. , 2023.

MCCOWAN, T. **The impact of universities on climate change: a theoretical framework**. n. 1, 2020.

MEDEIROS, M. F. DE M. Influência da temperatura de cor da luz no desempenho e sensações de alunos em baixa latitude. **Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)** - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

MICROSOFT. **Microsoft Excel**. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel>. 2025.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Metodologia do Qualis Referência - Quadriênio 2017-2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/avaliacao-quadrinial/metodologia-do-qualis-referencia-quadrinio-2017-2020>. 2023.

MOHAMED, A. et al. A simulation-based framework for multi-individual circadian re-entrainment using a single light schedule. **Building and Environment**, v. 229, 2023.

MONTEIRO, L. A. Iluminação natural em salas de aula – análise por novos parâmetros normativos. **Dissertação (mestrado)**. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2023.

MOORE MD, R. Y. CIRCADIAN RHYTHMS: Basic Neurobiology and Clinical Applications. **Annual Review of Medicine**, v. 48, n. 1, p. 253–266, fev. 1997.

MOSCHELLA, A.; AMATO, D.; GAGLIANO, A. Lighting characterization of an Italian beginning twentieth-century school building. **Renewable Energy and Power Quality Journal**, v. 21, n. 1, p. 381–387, jul. 2023.

MUKHERJEE, B.; BOUBEKRI, M. Sustainable Architecture and Human Health: A Case for Effective Circadian Daylighting Metrics. **Buildings**, v. 15, n. 3, p. 315, 21 jan. 2025.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: A new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research and Technology*, v. 37, n. 1, p. 41–59, 2006.

NAZARI, M.; MATUSIAK, B.; STEFANI, O. Utilising spectral lighting simulation technique for evaluating transmitted daylight through glazing: Exploring the non-visual effects and colour appearance. **Heliyon**, v. 9, n. 10, p. e20436, out. 2023.

NEBERICH, M.; OPFERKUCH, F. Standardizing melanopic effects of ocular light for ecological lighting design of nonresidential buildings—an overview of current legislation and accompanying scientific studies. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 9, 2021.

NOOR, M. C.; SARADJ, F. M.; YAZDANFAR, S.-A. Analytical evolution of measurement methods for light's non-visual effects. **Results in Engineering**, v. 17, 2023.

NOOR, M. C.; SARADJ, F. M.; YAZDANFAR, S.-A. Optimal daylighting design for standard photopic and melanopic equivalent daylight illuminance, and glare minimization in Tehran classrooms. **Journal of Building Engineering**, Volume 105, 1 July 2025, 112104.

NÚCLEO DE MEMÓRIA DA PUC-RIO. **As salas de aula da PUC-Rio**. Disponível em: <http://nucleodememoria.vrac.puc-rio.br/70anos/colecoes/albuns-de-retratos/galeria/24.html>. Acesso em: 14 jan. 2025.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Design Quality Indicator for Schools in the United Kingdom**. PEB Exchange, Programme on Educational Building 2006/08. <https://dx.doi.org/10.1787/383321326103>. OECD: 2006

OLIVEIRA, A. J. B. DE. **História: Uma breve história da UFRJ**. Disponível em: [https://ufrj.br/aceso-a-informacao/institucional/historia/#:~:text=Em%207%20de%20setembro%20de,Rio%20de%20Janeiro%20\(URJ\)](https://ufrj.br/aceso-a-informacao/institucional/historia/#:~:text=Em%207%20de%20setembro%20de,Rio%20de%20Janeiro%20(URJ)). Acesso em: 14 jan. 2025.

ONU. **Constitution**. Disponível em: <<https://www.who.int/about/governance/constitution>>.

PARSAEE, M. et al. Human-centric lighting performance of shading panels in architecture: A benchmarking study with lab scale physical models under real skies. **Solar Energy**, v. 204, p. 354–368, 2020.

PEÑA-GARCÍA, A.; SALATA, F. Indoor lighting customization based on effective reflectance coefficients: A methodology to optimize visual performance and decrease consumption in educative workplaces. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 1, p. 1–13, 2021.

PIANA, C.; MACHADO, A.; SELAU, L. **Estatística Básica**. Pelotas: 2013.

PIERSON, C. et al. A conceptual simulation workflow to guide design decisions regarding the effects of daylight on occupants' alertness. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 2042, n. 1, p. 012116, 1 nov. 2021.

PINTO, G. A. ; BUFFA, E. **Arquitetura e educação: campus universitários brasileiros**. São Carlos: EdUFSCAR, 2009.

PLISCHKE, H.; LINEK, M.; ZAUNER, J. The opportunities of biodynamic lighting in homes for the elderly: Melanopic measurements and experiences from three senior citizen facilities. *Current Directions in Biomedical Engineering*, v. 4, n. 1, p. 123–126, 2018.

PORTELLA, A. et al. **Estatística básica para os cursos de ciências exatas e tecnológicas**. Palmas: Universidade Federal do Tocantins / EDUFT, 2015.

POTOČNIK, J.; KOŠIR, M. Influence of commercial glazing and wall colours on the resulting non-visual daylight conditions of an office. **Building and Environment**, v. 171, p. 106627, 15 mar. 2020.

POTOČNIK, J.; KOŠIR, M.; DOVJAK, M. Colour preference in relation to personal determinants and implications for indoor circadian luminous environment. **Indoor and Built Environment**, v. 31, n. 1, p. 121–138, 2022.

RADETSKY, L. C. et al. Circadian Disruption: comparing humans with mice. **Chronobiology International**, v. 30, n. 8, p. 1066–1071, 18 out. 2013.

REA, M. S. et al. A model of phototransduction by the human circadian system. **Brain Research Reviews**, v. 50, n. 2, p. 213–228, 2005.

REA, M. S. et al. Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system. **Lighting Research and Technology**, v. 44, n. 4, p. 386–396, 2012.

REA, M. S.; BRONS, J. A.; FIGUEIRO, M. G. Measurements of light at night (LAN) for a sample of female school teachers. **Chronobiology International**, v. 28, n. 8, p. 673–680, 2011.

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. **LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America**, v. 3, n. 1, p. 7–31, 2006.

RHINO. **Rhinoceros**. Disponível em: <https://www.rhino3d.com/>. Acesso em: jun. 2023.

RICCIARDI, P.; BURATTI, C. Environmental quality of university classrooms: Subjective and objective evaluation of the thermal, acoustic, and lighting comfort conditions. **Building and Environment**, v. 127, p. 23–36, 1 jan. 2018.

SAARLOOS, B. A.; QUINN, J. C. Net-zero energy districts and the grid: An energy-economic feasibility case-study of the national western center in Denver, CO, Usa. **Buildings**, v. 11, n. 12, 1 dez. 2021.

SABBAGH, M.; MANDOURAH, S.; HARERI, R. Light Shelves Optimization for Daylight Improvement in Typical Public Classrooms in Saudi Arabia. **Sustainability**, v. 14, n. 20, p. 13297, 16 out. 2022.

SAIEDLUE, S. et al. Assessing Circadian Stimulus Potential of Lighting Systems in Office Buildings by Simulations. ARCC 2019 International Conference | THE FUTURE OF PRAXIS. **Anais...Toronto - Canadá: arcc-repository**, 2019.

SANTANA, C. S. N. de; PRIMO, J. V. B. de A.; SOARES, C. P.; NETO, J. F. da S.; FILHO, M. R. F. L.; JUNIOR, L. M. C. Simulação e avaliação dos parâmetros dinâmicos da luz natural para salas de aula da Universidade Federal da Paraíba – UFPB / João Pessoa / Simulation and evaluation of dynamic parameters of natural light for classrooms of the Federal University of Paraíba - UFPB/João Pessoa. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 25184–25201, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-101. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9663>. Acesso em: 21 jul. 2025.

SAMIOU, A. I.; DOULOS, L. T.; ZEREFOS, S. Daylighting and artificial lighting criteria that promote performance and optical comfort in preschool classrooms. **Energy and Buildings**, v. 258, 2022.

SAMPAIO, H. Evolução do ensino superior brasileiro, 1808 – 1990. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <<https://sites.usp.br/nupps/wp-content/uploads/sites/762/2020/12/dt9108.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2025.

SBSE. **CLIMATE CONSULTANT, V.6**. Disponível em: <https://www.sbse.org/resources/climate-consultant>. Acesso em: jun. 2023.

SCHLANGEN, L. J. M.; PRICE, L. L. A. The Lighting Environment, Its Metrology, and Non-visual Responses. **Frontiers in Neurology**, v. 12, 2021.

SCHMAL, C.; HERZEL, H.; MYUNG, J. Clocks in the Wild: Entrainment to Natural Light. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 522283, 2 abr. 2020.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 1. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2013.

SHAMSELDIN, A. Improvement of the Psychological Lighting Effect Assessment in the Environmental Building Rating Systems. **Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering**, v. 29, n. 2, p. 102–120, 2021.

SHIN, J. Y. ; YUN, G. Y. ; KIM, J. T. View types and luminances effects on discomfort glare assessment from windows. **Energy and Buildings**, v. 46, p. 139–145, 2012.

SILVA, C. **Relatório de Atividades do Eixo 1: morfologia arquitetônica**. Brasília: 2023.

SJR. **SJR - Journal Rank**. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/journalrank.php>. 2023.

SLL. **CIBSE LG10: Daylighting — a guide for designers (Lighting for the built environment)**. England: 2014.

SOARES, N. et al. Energy efficiency of higher education buildings: A case study. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 16, n. 5, p. 669–691, 2015.

SOLEMMA. **ClimateStudio** - Advanced daylighting, electric lighting, and conceptual thermal analysis. Disponível em: <https://www.solemma.com/climatestudio>. Acesso em: jun. 2023a.

SOLEMMA. **ALFA** - Adaptive Lighting for Alertness. Disponível em: <https://www.solemma.com/alfa>. Acesso em: jun. 2023b.

SOUZA, Jullyanne Ferreira de; BRASILEIRO, Mayara Cynthia; NODA, Lumy; LEDER, Solange Maria. ESTUDO DE CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA VENTILADAS NATURALMENTE NO CLIMA QUENTE E ÚMIDO. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2019. **Anais [...]. [S. l.]**, 2019. p. 1241–1250. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4055>. Acesso em: 21 jul. 2025.

SPITSCHAN, M. Time-Varying Light Exposure in **Chronobiology and Sleep Research Experiments**. **Frontiers in Neurology**, v. 12, 2021.

SPITSCHAN, M. et al. luox: novel open-access and open-source web platform for calculating and sharing physiologically relevant quantities for light and lighting [**version 1; peer review: 2 approved**]. 2021a.

SPITSCHAN, M. et al. luox: novel validated open-access and open-source web platform for calculating and sharing physiologically relevant quantities for light and lighting [**version 2; peer review: 2 approved**]. 2021b.

STONE, J. E. et al. The CLASS Study (Circadian Light in Adolescence, Sleep and School): protocol for a prospective, longitudinal cohort to assess sleep, light, circadian timing and academic performance in adolescence. **BMJ Open**, v. 12, p. 55716, 2022.

SUCUPIRA, N. **A condição da universidade e a reforma universitária brasileira**. Brasília: MEC, 1972.

TABATABAEIFARD, S.-A. et al. Exploring view access for biophilic arctic architecture through immersive visualization of integrative lighting. **Journal of Building Engineering**, v. 69, p. 106249, 15 jun. 2023.

THAPAN, K.; ARENDT, J.; SKENE, D. J. An action spectrum for melatonin suppression: Evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. **Journal of Physiology**, v. 535, n. 1, p. 261–267, 2001.

THAYER, A. **Lighting for Healthy Living**. Disponível em: <https://www.lrc.rpi.edu/healthyliving>. Acesso em: jun. 2023.

THE R FOUNDATION. **The R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 15 mar. 2025.

TIAN, Z. et al. A study of daylight glare evaluation with prism daylighting redirecting fenestrations. **Journal of Building Engineering**, v. 71, p. 106428, jul. 2023.

TONIOLI, RENATA MANARA. Cidade e universidade : arquitetura e configuração urbana do Campus Centro da UFRGS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura. 2014.

TORCELLINI, P. ; PLESS, S.; DERU, M. Zero Energy Buildings: A critical look at the Definition. **Conference Paper NREL/CP-550-398333**, Califórnia, US. Anais...Califónia: NREL, 2006.

TRAPNELL, C. et al. Differential gene and transcript expression analysis of RNA-seq experiments with TopHat and Cufflinks. **Nature Protocols**, v. 7, n. 3, p. 562–578, 1 mar. 2012.

TREGENZA, P.; WILSON, M. **Daylighting: Architecture and lighting design**. New York, 2011.

TRINH, V. Q. et al. Processing RGB Color Sensors for Measuring the Circadian Stimulus of Artificial and Daylight Light Sources. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 12, 2022.

UNDERWRITERS LABORATORIES INC. **DG UL 24480: Design guideline for Promoting Circadian Entrainment with Light for Day-Active People**. 2020.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB. FE 50 anos : 1966-2016 : memória e registros da história da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília / Livia Freitas Fonseca Borges, José Luiz Villar, Wivian Weller, [organizadores].– Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA – UFJF. **Faculdade de Medicina**, UFRJ: 2025. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/medicina/institucional/estrutura-da-famed/2-andar/salas-de-aulas/>. Acesso em: jun. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA – UFJF. PROJETO PEDAGÓGICO DE CURSO – FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. **Documento técnico**. Faculdade de medicina, UFJF: 2023. Disponível em: https://www2.ufjf.br/medicina/wp-content/uploads/sites/375/2023/09/PPC_2023_FAMED.pdf. Acesso em: jun. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ– UFPR. Conheça o Prédio Histórico (Santos Andrade). Documentário UFPR-TV (mídia mp4). 27 de dez. de 2021. Disponibilizado: https://youtu.be/skmbN_I6uTQ?si=IZn-9wGH4-2swmUk. Acesso em: mar. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ. **Sobre a UFRJ**. Site oficial. Disponível em: <https://ufrj.br/a-ufrj/sobre-a-ufrj/>. Acesso em: 27 jan. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA – UFRR. **História**. Site oficial. Disponível em: <https://ufrj.br/historia-ufrj/>. Publicado em: 9 de março de 2023. Atualizado em: 15 de março de 2023. Acesso 26 jan. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS – UFT. **Manual de Ambientes Didáticos** - Diretrizes para Layout, Equipamentos e Conforto Ambiental. Documentos Institucionais da Prefeitura Universitária - UFT (DOI - PU/UFT, n.4, jun. 2016).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS – UFT. **Câmpus de Palmas disponibiliza salas de aulas para o descanso dos alunos durante os intervalos**. Por Ascom Câmpus de Palmas | Publicado: Quinta, 28 de setembro de 2023. Acesso em: 10 jun. 2025.

VAN BOMMEL, W. J. M.; VAN DEN BELD, G. J. **Lighting for work: A review of visual and biological effects**. *Lighting Research and Technology*, v. 36, n. 4, p. 255–269, 2004.

VAN CREVELD, K.; MANSFIELD, K. Lit environments that promote health and well-being. *Building Services Engineering Research and Technology*, v. 41, n. 2, p. 193–209, 2020.

VAN DRUNEN, R.; ECKEL-MAHAN, K. Circadian Rhythms of the Hypothalamus: From Function to Physiology. **Clocks and Sleep**, v. 3, n. 1, p. 189–226, 2021.

VAN DUIJNHOFEN, J. et al. Recommendations for measuring non-image-forming effects of light: A practical method to apply on cognitive impaired and unaffected participants | Signed in. **Technology and Health Care**, v. 25, n. 2, 2017.

VAN DUIJNHOFEN, J. et al. Systematic review on the interaction between office light conditions and occupational health: Elucidating gaps and methodological issues. **Indoor and Built Environment**, v. 28, n. 2, p. 152–174, 10 fev. 2019.

VAN REETH, O. et al. Nocturnal exercise phase delays circadian rhythms of melatonin and thyrotropin secretion in normal men. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 6, n. 266, p. 964–974, 1994.

VEITCH, J. A. ;; GALASIU, A. D. The Physiological and Psychological Effects of Windows, Daylight, and View at Home: review and research agenda. **Research Report** (National Research Council of Canada. Institute for Research in Construction). Ottawa - Canadá: [s.n.].

VETTER, C. et al. A Review of Human Physiological Responses to Light: Implications for the Development of Integrative Lighting Solutions. *LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, v. 18, n. 3, p. 387–414, 2022.

VIULA, R.; BOKEL, R.; TENPIERIK, M. Prediction of discomfort from glare from daylight in classrooms. *Lighting Research & Technology*, v. 55, n. 7–8, p. 712–729, 13 nov. 2023.

WAGENMAKERS, E.-J. JASP - A Fresh Way to do Statistics. Disponível em: <<https://jasp-stats.org/>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

WANG, N.; WANG, J.; FENG, Y. Systematic review: Acute thermal effects of artificial light in the daytime. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 165, 2022.

WEEDEN, K.; CORNWELL, B. The Small World Network of College Classes: Implications for Epidemic Spread on a University Campus. *Sociological Science*, p. 222–241, 2020.

WELL. **WELL v2 pilot, Q4 2019 - FEATURE L03 (OPTIMIZATION)**. Disponível em: <https://v2.wellcertified.com/en/v/light/feature/3>. Acesso em: jun. 2023.

WELL. **Education Pilot Checklist | WELL v1**. Disponível em: <https://resources.wellcertified.com/tools/education-checklist-well-v1-pilot/>. Acesso em: jun. 2023.

WELL. **Welcome to WELL**. Disponível em: <https://v2.wellcertified.com/en>. Acesso em: jun. 2023.

WELL. **WELL v2, Q2 2025 - FEATURE L03 (OPTIMIZATION) - Circadian Lighting Design: Support circadian and psychological health through indoor daylight exposure and outdoor views**. Disponível em: <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/light/feature/3>. Acesso em: abr. 2025.

WENG, J. et al. Field Measurements and Analysis of Indoor Environment, Occupant Satisfaction, and Sick Building Syndrome in University Buildings in Hot Summer and Cold Winter Regions in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, n. 1, 2023.

WILD, C. J.; UTTS, J. M.; HORTON, N. J. **What Is Statistics?** p. 5–36, 2018.

WIRZ-JUSTICE, A.; SKENE, D. J.; MÜNCH, M. The relevance of daylight for humans. *Biochemical Pharmacology*, v. 191, 2021.

WU, W.; NG, E. A review of the development of daylighting in schools. *Lighting Research and Technology*, v. 35, n. 2, p. 111–124, 2003.

XIAO, H.; CAI, H.; LI, X. Non-visual effects of indoor light environment on humans: A review☆. *Physiology & Behavior*, v. 228, p. 113195, 1 jan. 2021.

XIE, H.; CLEMENTS-CROOME, D.; WANG, Q. Move beyond green building: A focus on healthy, comfortable, sustainable and aesthetical architecture. *Intelligent Buildings International*, v. 9, n. 2, p. 88–96, 2017.

XIMENES, Carmen Maria Barbieri Nunes. A sala de aula e a percepção de seus usuários: um estudo de caso com estudantes de Arquitetura e Urbanismo da UFPE. **Dissertações de Mestrado** – Ergonomia, Universidade Federal de Pernambuco: Recife, 2017.

YAO, Q. et al. Efficient circadian daylighting: A proposed equation, experimental validation, and the consequent importance of room surface reflectance. **Energy and Buildings**, v. 210, p. 109784, 1 mar. 2020.

YU, F.; WENNERSTEN, R.; LENG, J. A state-of-art review on concepts, criteria, methods and factors for reaching ‘thermal-daylighting balance’. **Building and Environment**, v. 186, 2020.

ZAPATA-GONZÁLEZ, L. J.; QUICENO-HOYOS, A.; TABARES-HIDALGO, L. F. Campus universitario sustentable. Plan Maestro de Ordenamiento Físico Universidad Católica de Manizales. **Revista de Arquitectura**, v. 18, p. 107–119, 2016.

ZEITZER, J. M. et al. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: Melatonin phase resetting and suppression. **Journal of Physiology**, v. 526, n. 3, p. 695–702, 2000.

ZENG, Y. et al. Non-visual effects of office light environment: Field evaluation, model comparison, and spectral analysis. **Building and Environment**, v. 197, 2021.

ZENG, Y.; SUN, H.; LIN, B. Optimized lighting energy consumption for non-visual effects: A case study in office spaces based on field test and simulation. **Building and Environment**, v. 205, 2021.

ZERBINI, G.; MERROW, M. Time to learn: How chronotype impacts education. **PsyCh Journal**, v. 6, n. 4, p. 263–276, 1 dez. 2017.

ZHU, F.; XU, Y.; JIANG, Y. Design optimization of daylighting for kindergarten in different light climate zones in China. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 22, n. 5, p. 2977–2993, 3 set. 2023.

ZIELINSKA-DABKOWSKA, K. M. Make lighting healthier. **Nature** 2021 553:7688, v. 553, n. 7688, p. 274–276, 16 jan. 2018.

GLOSSÁRIO

Apresentam-se aqui alguns termos que podem ser encontrados na literatura e nessa tese:

- **Abertura para luz do dia** (NBR ABNT 15.215-3/2024): qualquer área na envoltória edificação capaz de admitir a luz do dia para o interior;
- **Área ocupada** (NBR ABNT 15.215-3/2024): fração do ambiente destinado a ser ocupado;
- **Arrastamento circadiano** (Mohamed et al., 2023; Thayer, 2020): termo presente nos estudos da cronobiologia muito antes da descoberta da ipRGC (Van Reeth et al., 1994). Sincronização do ritmo circadiano endógeno com o ciclo ambiental externo (ciclo solar de 24 horas e o tempo local) (Mukherjee; Boubekri, 2025; Golombek; Rosenstein, 2010).
- **Autonomia Espacial da Luz do Dia (tradução nossa), *Spatial Daylight Autonomy* (sDA)** (IES, 2023): métrica definida pela Illuminating Engineering Society (IES) que quantifica a porcentagem da área de piso de um edifício que recebe iluminação natural suficiente durante uma parte significativa das horas ocupadas durante o ano.
- **Brise** (NBR ABNT 15.215-1/2024): elemento externo acoplado junto à fachada da edificação, instalado acima e/ou na lateral de um componente de passagem, em forma de placas ou saliências horizontais ou verticais, fixas ou móveis, composto por material rígido opaco ou difusor, com função de obstruir parcial ou totalmente a radiação solar direta no interior dos ambientes;
- **Células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis (*intrinsically photosensitive retinal ganglion cells*) – ipRGC** (NBR ABNT 15.215-3/2024; Berson; Dunn; Takao, 2002; Brainard et al., 2001; Hattar et al., 2002; Thapan; Arendt; Skene, 2001): células que contém melanopsina e que são sensíveis a uma faixa do espectro luminoso diferente da faixa visível, suas funções estão relacionadas com a ativação e a sincronização do ritmo circadiano humano.
- **Céu claro** (NBR ABNT 15.215-2/2022): condição na qual, dada a inexistência de nuvens e baixa nebulosidade, as reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, ou seja, a porção azul do espectro, consigam emergir em direção à superfície da Terra, conferindo a cor azul, característica do céu;
- **Céu encoberto** (NBR ABNT 15.215-2/2022): condição de céu na qual as nuvens preenchem toda a superfície da abóbada celeste;

- **Céu parcialmente encoberto** (NBR ABNT 15.215-2/2022): condição de céu na qual a luminância de um dado elemento é definida para uma dada posição do sol sob uma condição climática intermediária que ocorre entre os céus padronizados como céu claro e totalmente encoberto;
- **Direcionalidade** (Khademagha et al., 2016): Refere-se à direção da luz que incide sobre o olho humano e à região da retina que é atingida;
- **Distribuição de luz natural** (NBR ABNT 15.215-3/2024): nível de iluminância alcançado por meio de uma fração de um plano de referência para uma fração de horas de luz do dia dentro de um ambiente.
- **Duração de exposição à luz** (Khademagha et al., 2016): A duração da exposição à luz, dentro do espectro de ação das células ipRGCs, pode suprimir a produção de melatonina. Estudos indicam que exposições mais longas (1, 2 ou 3 horas) aumentam a magnitude do atraso de fase do ciclo da melatonina, promovendo maior estado de alerta;
- **Efeitos Circadianos da Luz** (Kazanasmaz; Köse; Tayfur, 2023): Impacto da luz nos ritmos biológicos de 24h, regulando funções como fases de sono e vigília, padrão de alimentação, produção hormonal e atividade cerebral.
- **Espectro** (Khademagha et al., 2016): A sensibilidade espectral do olho humano varia conforme o comprimento de onda (λ). Para a estimulação do ritmo circadiano, o espectro de ação aproximado das células ipRGCs apresenta pico em $\lambda_{\text{máx}} \approx 479 \text{ nm}$;
- **Estímulo Circadiano** (Acosta et al., 2019b; Mathew et al., 2023; Thayer, 2020): métrica quantitativa desenvolvida pelo *Lighting Research Center* (2005) que avalia o impacto da luz no sistema circadiano. Representado pela sigla **CS** (*Circadian Stimulus*), este índice varia em uma escala de 0,1 ($\approx 10\%$) a 0,7 ($\approx 70\%$), correlacionando-se diretamente com a porcentagem de supressão noturna de melatonina após 1 hora de exposição luminosa.
- **Exposição anual à luz solar direta** (NBR ABNT 15.215-3/2024) ou **Annual Sunlight Exposure – ASE** (IES, 2023): a métrica considera que quanto maior a área da tarefa visual exposta a certo nível de luz solar direta por ano, maior a probabilidade de ocorrência de desconforto visual para os ocupantes. O cálculo de ASE determina a porcentagem da área exposta a mais de 1 000 lux de luz solar direta por mais de 250 h no ano. A verificação deve ser feita para ambientes não residenciais, por meio de simulação computacional baseada no clima. Exposição anual à luz solar deve ser limitada a no máximo 10% da área útil interna.
- **Histórico lumínico (do usuário)** (Khademagha et al., 2016): A exposição à luz antes de experimentos é frequentemente negligenciada, o que pode comprometer os resultados. Como o ritmo circadiano não reage de forma imediata, é necessário considerar, antes de qualquer

análise aprofundada, informações detalhadas sobre a rotina prévia de exposição à luz do indivíduo avaliado.

- **Iluminação Centrada no Ser Humano** (Gentile et al., 2022; Houser; Esposito, 2021; Kazanasmaz; Köse; Tayfur, 2023): é um conceito que surgiu para transportar a dinâmica da luz natural para ambientes internos, prevenindo a desregulação do relógio biológico (Kazanasmaz; Köse; Tayfur, 2023b). Busca otimizar a iluminação para benefício da saúde e bem-estar dos indivíduos, além de atender às necessidades visuais;
- **Iluminação Circadiana** (Cai et al., 2018b; Kazanasmaz; Köse; Tayfur, 2023a; Thayer, 2020): sistema de iluminação projetado para estimular os efeitos não visuais da luz, com espectros específicos que ativam os fotorreceptores retinianos e regulam o ritmo circadiano. Conforme definido pelo *Lighting Research Center* (criador da métrica "*Circadian Stimulus* - CS"), trata-se de uma irradiância espectralmente ponderada que ativa os mecanismos de fototransdução da retina, modulando a resposta do relógio biológico com base na supressão noturna de melatonina"(Thayer, 2020);
- **Iluminação Integrativa** (Gentile et al., 2022a): iluminação que integra efeitos visuais e não visuais, produzindo benefícios fisiológicos e/ou psicológicos para os seres humanos.
- **Iluminação Natural** (NBR ABNT 15.215-3/2024): parte visível da radiação solar que corresponde aos termos luz natural; luz do dia e luz diurna. NOTA: A iluminação natural também é definida como parte da radiação solar capaz de causar uma sensação visual;
- **Iluminância-alvo, iluminância-alvo mínima** (NBR ABNT 15.215-3/2024) ou **Target Illuminance** (EN 17037:2023): representa a iluminância recomendada e a iluminância mínima. Define um nível mínimo de iluminância (em lux) sobre uma determinada porcentagem da área do piso, durante uma porcentagem significativa das horas de luz do dia;
- **Iluminância útil da luz do dia (UDI) ou Useful daylight illuminance (UDI)** (Nabil; Mardaljevic, 2005; NBR ABNT 15.215-4/2024): pode avaliar o potencial de iluminação natural, em termos da porcentagem de horas ocupadas ao longo do ano em que as iluminâncias se encontram dentro dos intervalos definidos. A norma brasileira sugere que valores entre 300 lux e 3.000 lux são desejáveis por pelo menos 50% do tempo durante o horário de ocupação.
- **Janela** (NBR ABNT 15.215-1/2024): abertura em um fechamento vertical ou inclinada da edificação cujo limite inferior está acima do nível do piso do ambiente interno, que permite a entrada da luz e/ou radiação solar, visão ao exterior e ventilação natural;

- **Ofuscamento** (NBR ABNT 15.215-3/2024): condição de visão em que há desconforto ou redução na capacidade de ver detalhes ou objetos, causada por uma distribuição de luz ou faixa de luminância inadequados, ou por contrastes extremos;
- **Peitoril** (NBR ABNT 15.215-1/2024): elemento interno que é parte integrante da edificação, disposto horizontalmente na parte inferior da abertura, o qual reflete e redireciona a luz natural incidente para os espaços internos;
- **Probabilidade de ofuscamento pela luz natural ou *Daylight Glare Probability* (DGP)** (CEN, 2018a): a recomendação mínima para a existência de proteção contra o ofuscamento é que o DGP para o espaço ocupado não exceda o valor de 0,45 em mais de 5% do tempo de ocupação dos ambientes pertinentes.
- **Proteção solar** (NBR ABNT 15.215-1/2024): elemento de controle disposto externamente a um componente de passagem, de superfície contínua, opaco e com função de proteção contra a radiação solar direta, podendo refletir a luz natural para o interior.
- **Quantidade (luz)** (Khademagha et al., 2016): Uma quantidade suficiente de luz que atinja os olhos é necessária para estimular as respostas das células ipRGCs em humanos
- **Relógio biológico** (Fischer; Hilditch, 2022; Thayer, 2020): mecanismo endógeno sincronizado principalmente pela luz (especialmente de ondas curtas). Como destacam Cai et al. (2018), a exposição adequada à luz diurna combinada com baixa luminosidade noturna promove a sincronização deste sistema com o ciclo terrestre. Presente em nosso organismo, ele regula processos fisiológicos e comportamentais em ciclos diários, sazonais ou anuais.
- **Sala profunda** (Altenberg & Inanici, 2021): sala cuja profundidade (D) excede 2,5 vezes a altura do vão superior da janela (H)
- **Sistema Circadiano** (Figueiro et al., 2019): sistema que regula os efeitos da luz em processos não visuais (NIF), impactando a saúde e o bem-estar.
- **Tempo (ciclo claro/escuro)** (Khademagha et al., 2016): As células ipRGCs fornecem informações sobre a hora do dia ao relógio biológico, regulando o ciclo claro/escuro. Quando a exposição à luz é devidamente cronometrada, pode sincronizar os ritmos circadianos; no entanto, uma exposição mal cronometrada pode interrompê-los, comprometendo o bem-estar e o desempenho humano;
- **D65** (ISO 10526:1999/CIE S005/E-1998): O Iluminante CIE D55 é uma das várias fontes de luz definidas pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) para representar a luz natural em diferentes condições de iluminação. Os iluminantes da série D são projetados para representar a luz natural do dia e se situam ao longo do espectro da luz natural., 2022): O iluminante padrão CIE D65 destina-se a representar a luz do dia média com uma

temperatura de cor correlacionada de aproximadamente 6.500 K. O iluminante padrão CIE D65 deve ser usado em todos os cálculos colorimétricos que requerem luz natural externa representativa, a menos que haja razões específicas para usar uma distribuição de energia espectral diferente. Sabe-se que ocorrem variações na distribuição de energia espectral relativa da luz do dia, particularmente na região espectral ultravioleta, em função da estação, hora do dia e localização geográfica. No entanto, o iluminante padrão CIE D65 é usado enquanto se aguarda a disponibilidade de informações adicionais sobre essas variações.

- **D55** (ISO 10526:1999/CIE S005/E-1998): O Iluminante CIE D55 é uma das várias fontes de luz definidas pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) para representar a luz natural em diferentes condições de iluminação. Os iluminantes da série D são projetados para representar a luz natural do dia e se situam ao longo do espectro da luz natural. O D55 é descrito por uma distribuição espectral de potência que tenta imitar a luz do dia, mas com uma tonalidade mais quente que o D65. Aproximadamente 5500 K (Kelvin).
- **D75** (ISO 10526:1999/CIE S005/E-1998): O Iluminante CIE D75 é uma das várias fontes de luz definidas pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) para representar a luz natural em diferentes condições de iluminação. Os iluminantes da série D são projetados para representar a luz natural do dia e se situam ao longo do espectro da luz natural. O D75 é um iluminante de luz do dia com uma temperatura de cor correlata de aproximadamente 7500 K, o que o torna significativamente mais frio e azulado do que o D65 (6500 K) e muito mais frio que o D55 (5500 K).
- **D55, D65, D75**

APÊNDICE A: ARTIGOS EM EVENTOS NACIONAIS

Artigo "A Arquitetura como Fator de Controle da COVID-19 em Campus Universitário" –
ENANPARQ, 2020.

Acesso: <https://enanparq2020.s3.amazonaws.com/MT/23155.pdf>

Artigo “Contribuições da luz do dia no âmbito de NZEBs: uma revisão de literatura”,
ENCAC 2022

Acesso: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2219>

Artigo “Avaliação dos efeitos visuais e não visuais da luz nas salas de aula da
Universidade de Brasília”, ENTAC 2024

Acesso: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6151>

APÊNDICE B: ARTIGO EM EVENTO INTERNACIONAL

METRICS AND MONITORING OF THE NON-VISUAL EFFECTS OF LIGHT INDOORS:

A SYSTEMATIC REVIEW – CIE, 2023. (pág. 401)

Acesso: https://slovenia2023.cie.co.at/sites/default/files/abstract_booklet_2023_20230912.pdf

STRATEGIES FOR ENHANCING NON-VISUAL EFFECTS IN INDOOR

ENVIRONMENTS WITH DAYLIGHT – PLEA, 2024. (pág. 1283)

Acesso: https://plea2024.pl/?page_id=8073

Artigos em produção para o PLEA 2026:

“Monitoring and Metrics for Visual and Non-Visual Effects of Daylight and Electric
Lighting: A Literature Review”

“Architectural Parameters for Non-Visual Lighting Effects in Higher Education Classrooms:
A Case Study in Brazil”

APÊNDICE C: TABELA DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Artigo	Métrica	Método / Software	Ambiente	Parâmetro Arquitetônico	Critérios
(Aguilar-Carrasco; Acosta; Domínguez-Amarillo, 2023a)	EML, CS.	Simulação	Hosp.	- Refletância da superfície (piso, teto, parede, etc); - Orientação da edificação - Característica da janela.	- Aplicação como plug-in para o Grasshopper. Simulação de iluminância vertical e visualização com a aplic. das métricas.
(Noor; Saradj; Yazdanfar, 2023)	acv, CS, CEA, EML mEDI	In loco, simulação	Não esp.	n/a	- Revisão Sistemática de métricas.
(Bellazzi et al., 2022a)	CS	In loco e quest./ CS calculation.	Esc./ living lab	-Layout (posição do usuário) - Orientação em relação a janela	- Feito análise de ofuscamento, porém não relacionado aos efeitos não visuais.
(Gentile et al., 2022b)	CS EML, mEDI	In loco, simulação, questionário	Não Resid.	-Layout (posição do usuário) - Tipo de sombreamento (brise, etc).	- Well, DG24480 e Brown (2020). - Céu claro e encoberto. Solstícios e um Equinócio. 9h, 12h e 15h.
(Gkaintatzi-Masouti; Van Duijnhoven; Aarts, 2022b)	CS, EML, CAF, mEDI, nvRD	Simulação, OWL, LARK e ALFA	Não esp.	- Tamanho da sala e da janela - Refletância das superfícies - Tipo de sombreamento (brise, etc.).	-Fator luminoso: quantidade, espectro, direcionalidade. -Fator temporal: horário, duração, histórico lumínico. -6 a 10:00 e 10:00-18:00h
(Kaymaz; Manav, 2022a)	EML	Simulação	Res.	- Direcionalidade da luz - Refletância das superfícies	- Well
(Hartmeyer; Webler; Andersen, 2022)	CS	Dispositivo vestível	Não esp.	n/a	- Demonstração e desenvolvimento de dispositivo vestível.

(He; Yan; Cai, 2022b)	EML CS	Simulação e in loco / ALFA	Esc.	- Orientação - Refletância dos materiais - Uso de cortinas para controle	- Comparação entre simulação e medições <i>in loco</i> com céu encoberto
(Hosseini; Ansari, 2022a)	EML	Simulação / ALFA	Esc.	- Prateleira de luz - PAF 45% e 39% - Refletância das superfícies.	- Well - Teste com três orientações. Horário 9-17h, dia 21, Mês (dez., jun, mar.). Céu claro com um espectro de solo uniforme com um albedo de 0,15
(Maskarenj; Deroisy; Altomonte, 2022b)	mEDI M/P CLa CS	Simulação (novo soft.) OWL / ALFA, LARK	Esc.	- Orientação da janela - Vista. - Layout (posição do usuário) em relação a janela	- Clima local - Vista - Horário, dia e mês - Estimado por distribuição de energia espectral (SPD)
(Mathew et al., 2022)	CS	<i>In loco</i> e Simulação. / LRC Tool	Esc. (sl. de teste)	- Controle de persianas (ofuscamento) - Direcionalidade da Luz e layout (posição do usuário) - Profundidade da sala	- Análise conforto visual e estímulo circadiano - Uso do CCT - Condições de céu variado
(Samiou; Doulos; Zerefos, 2022a)	n/a	Simulação	Sala de aula	- Diferentes orientações das janelas	- Análise do Conforto visual e análise qualitativa sobre o ritmo circadiano. - Crianças, pré-escola.
(STONE et al., 2022)	n/a	Quest./Disp. vestível/ coleta biológica	Escola e casa	n/a	- Alunos de 12 a 13 anos - Rotina - Método DLMO (Dim light melatonin onset) com coleta de saliva.
(Trinh et al., 2022b)	CS	Em campo CS calculat.	Lab.	n/a	- Teste de dispositivo para monitoramento <i>in loco</i> .
(Alkhatatbeh; Asadi, 2021a)	CS, EML, mEDI	Simulação <i>In loco</i>	Não esp.	- Janela: área, localização, orientação, altura, sombreamento, propriedade do vidro - PAF 60% e 80% (melhores resultados) - Refletância das superfícies. - Profundidade do ambiente	- Céu claro, nublado, encoberto.
(Altenberg Vaz; Inanici, 2021e)	EML	In loco e simulação / ALFA	Esc.	- Altura da janela, dispositivos de sombreamento, obstruções visuais p/ o céu e profundidade da sala. - Orientação do edifício e layout (orientação do usuário)	Solstício de inverno (céu encoberto) e verão (céu claro). Horário das 9h a 13h Uso da métrica UDI p/ avaliação de qualidade visual
(Amirazar et al., 2021)	n/a	<i>In loco</i> / dis. vestível	Var.	n/a	- Teste de dispositivo para monitoramento <i>in loco</i> .

(Babilon et al., 2021)	CS	<i>In loco</i> / CS fórmula	Esc.	- Direcionalidade da luz - Layout (orientação do usuário)	- Sala 4.5mx5.7m, paredes brancas, pé direito = 3.2m.
(Ezpeleta et al., 2021a)	EML, mEDI	Simulação	Sala de aula	- Direcionalidade da luz - Layout (orientação do usuário) - Refletância das superfícies.	- Well e Well Education Pilot. - Sala 1: 7 x 9 (janela) x 2.75m (larg. x comp. x alt.) SE, 9 pontos grid. Sala 2: 5.7x4.6 (janela) x 2.6 NO. 6 pontos grid. Layout – iluminação lateral. Análise vista quadro (0°), quadro e janela (45°) e janela (90°).
(Schlangen; Price, 2021)	mEDI	<i>In loco</i>	Lab.	n/a	- Sobre a “nova métrica” mEDI
(Zeng et al., 2021b)	EML CS	<i>In loco</i> / Calculadora CS e EML	Esc.	4x orientações da sala; PAF 55, 62, 70, 80%	Horário/duração; Céu claro e encoberto; medições longe e paralelo a janela. Análise em salas profundas. Medição da janela a 1.5 e 4.5m
(Zeng; Sun; Lin, 2021d)	EML	<i>In loco</i> e simulação matemática	Esc.	- PAF 38% e 56% - Orientação e tamanho da janela depende do clima - Posição e vista do usuário em relação a janela.	- Efeitos não visuais: 250 EML (Well), 9:00 -13:00 - Condição de céu: D55 - Janela: leste e norte
(Bellia et al., 2020a)	CS	<i>In loco</i> e simulação	Esc.	- Quanto ao ambiente interno: Tipo do vidro, tipologia do elemento de sombreamento, geometria e refletância da sala, posição do usuário - Quanto ao prédio: localização da edificação e orientação da fachada, elementos de obstrução	- Compreender o SPD externo para avaliar o interno. Dados de Nápoles e Bialystok - verão. - Céu claro, intermediário, encoberto.
(Busatto et al., 2020)	acv, CS, EML	Simulação	Clinic.	- Refletância das superfícies. Alteração de cor para obtenção de melhores resultados. - Direcionalidade da luz.	- Pessoas idosas com demência. Necessidade da manutenção de níveis altos de estímulo circadiano. - Well
(Chen; Zhang; Du, 2020)	CS	Simul./ CS fórmula	Esc.	-Posição e vista do usuário em relação a janela. (layout)	Clima local; Período outono e inverno; Céu claro; 8 a 17h.
(Van Creveld; Mansfield, 2020)	CS	<i>In loco</i>	Var.	- Orientação - Vista	- 11:00 a 13:00. - Céu claro e encoberto
(Potočnik; Košir, 2020a)	CS EML	<i>In loco</i> e Simulação/ ALFA	Esc.	- PAF 16% e 10,5% porcentagem piso em relação a janela - Reflexão das cores da parede x combinações de cores e tipos de vidros	Céu claro e encoberto; 8 a 17h; CS>0,3; ≥ 200 EML; conforto visual ilum. Vert. < 875 lx e < 2000 lx
(Yao et al., 2020d)	CS	<i>In loco</i> / Simulação	Sala de aula	- Reflexão da superfície; - PAF (30,60,90%) - Direcionalidade da luz - Layout e Posição do usuário para a janela	- Uso de protótipo, modelo reduzido

(Acosta et al., 2019b)	CSA		Sala de aula	<ul style="list-style-type: none"> - Janela: tamanho, orientações, posição. - Refletância das superfícies. - CS mínimo, o ambiente deve ser branco ou próximo ao azul claro. - PAF 45° (Londres), PAF 30° (Paris e Madri) 	- Três céus típicos do local.
(Jung; Inanici, 2019a)	EML	<i>In loco</i>	Não esp.	<ul style="list-style-type: none"> - Propriedade da superfície - Orientação, tamanho, sombreamento/ obstruções da janela 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise por fotografia HDR - Well
(Knoop et al., 2019)	n/a	<i>In loco</i>	Lab/ <i>livinglab</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Direcionalidade da luz - Refletância das superfícies. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso da SPD e CCT - Uso de câmera HDR - Rotina
(Konis, 2019b)	CF, EML	Simulação/ Lark	Não esp.	- Direcionalidade da luz	<ul style="list-style-type: none"> - Well - Desenvolvimento de aplicativo
(Cai et al., 2018b)	CS	Simulação	Não esp.	<ul style="list-style-type: none"> - Refletância das superfícies. - PAF 30, 60 e 80% - Localização geográfica 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo para elaboração de uma equação para validação por simulação. - Foco: impacto da refletância no ambiente.
(Konis, 2018a)	EML	<i>In loco</i>	Clínic.	<ul style="list-style-type: none"> - Distância da janela. Luz natural pela manhã a 3m da janela pode beneficiar o estímulo circad. - Direcionalidade da luz 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de câmera HDR - Pessoas idosas com demência - Well
(Amundadottir et al., 2017a)	nvRD	Simulação	Não esp.	<ul style="list-style-type: none"> - Propriedade dos materiais - Direcionalidade da luz (leste e oeste obtiveram os melhores resultados) 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de câmera HDR. - Céu claro e nublado - Análise de 18 vistas em um ponto
(Konis, 2017a)	EML, CEA	Simulação, Lark	Esc. e sl. aula	<ul style="list-style-type: none"> - PAF 30% e 50% - Refletância: 0.3 piso, 0.5 parede, 0.8 piso - Transmissão de luz visível do vidro: 0.65 - Orientação e tamanho da janela - Posição e vista do usuário em relação a janela. 	<ul style="list-style-type: none"> - Efeitos não visuais: 250 EML (Well), 7 a 10:00 (redefinição circadiana) e 10:00 – 18:00 (estado de alerta). - Pé direito: 3m - Grid: 0,5m

Siglas

Acv ou CFA	<i>Circadian Action Factor</i>	mEDI	<i>melanopic equivalent daylight illuminance</i>
CCT	Temperature de cor	n/a	Não aplicado
CEA	<i>Circadian Effective Area</i>	nvRD	<i>non-visual Direct Response</i>
CF	<i>Circadian Frequency</i>	PAF	Percentual de Área de Abertura na Fachada
CS	<i>Circadian stimulus</i>	Sl.	sala
CSA	<i>Circadian stimulus Autonomy</i>	SPD	Distribuição de energia espectral

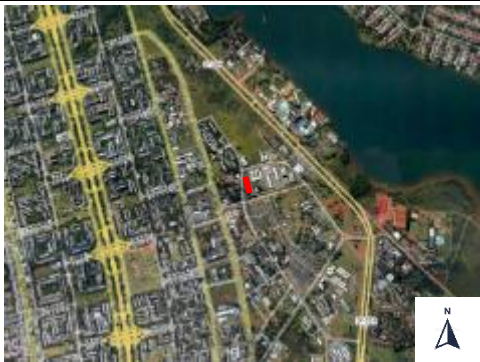
EML	<i>Equivalent Melanopic Lux</i>	Var.	variado
Esc.	Escritório		

APÊNDICE D: FICHA TÉCNICA DAS SALAS PRÉ-SELECIONADAS

As salas de aula do Pavilhão João Calmon estão todas localizadas no térreo. Possuem uma parede inteira que compõe a fachada da edificação, feita com vidro do tipo fumê com película refletiva. Na parede que contém a porta de entrada ao ambiente, há uma grade com abertura para exaustão (ventilação) que se conecta a um elemento externo instalado no telhado da edificação. Apesar de a grade apresentar um leve brilho devido à iluminação natural, ela não proporciona luminosidade suficiente para uma iluminação geral e, portanto, não interferirá nos resultados. Outro elemento visível na mesma parede de acesso à porta é um vidro jateado que dá acesso a apenas um corredor com iluminação exclusivamente elétrica.

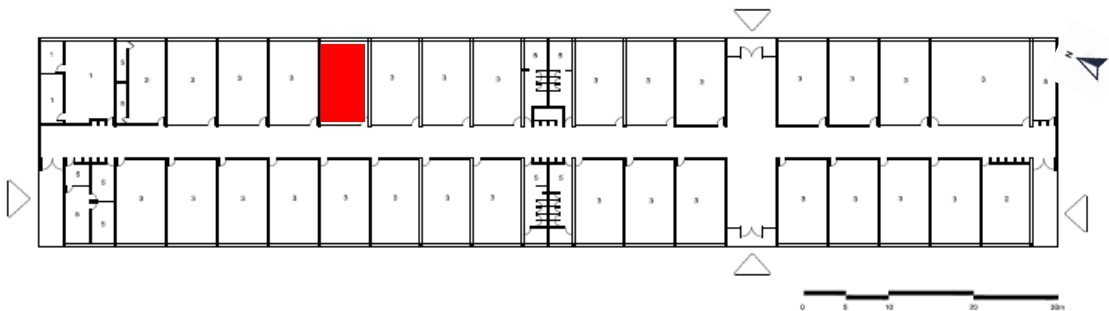
Tabela - Ficha Técnica PJC

Edifício / Projeto	PJC - Pavilhão João Calmon
Tipologia	Salas de Aula
Ano de Construção	2000
Localização	-15.759097° | -47.870758°



Fonte: Google Earth, 2023.

Plantas e Localização da sala de aula analisada



Fonte: Ceplan, 2017.

Figura – Edifício - PJC



Figura – Grade - PJC



Figura – Acesso a iluminação - PJC



Figura – Acesso a sala - PJC

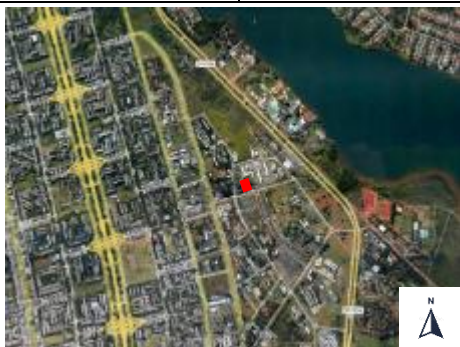


Fonte: Autora

O edifício da Faculdade de Direito (FD) possui um jardim interno e salas de aula tanto no térreo quanto no primeiro pavimento. Existem dois tipos de brises fixos nos blocos das salas de aula; contudo, os brises da fachada sudoeste restringem significativamente a entrada de luz natural. Por essa razão, a escolha recaiu sobre a utilização da sala de aula com fachada nordeste, que oferece vista para o jardim interno e apresenta um brise horizontal em concreto com maior espaço entre as lâminas, permitindo uma entrada superior de luz natural do que a fachada sudoeste.

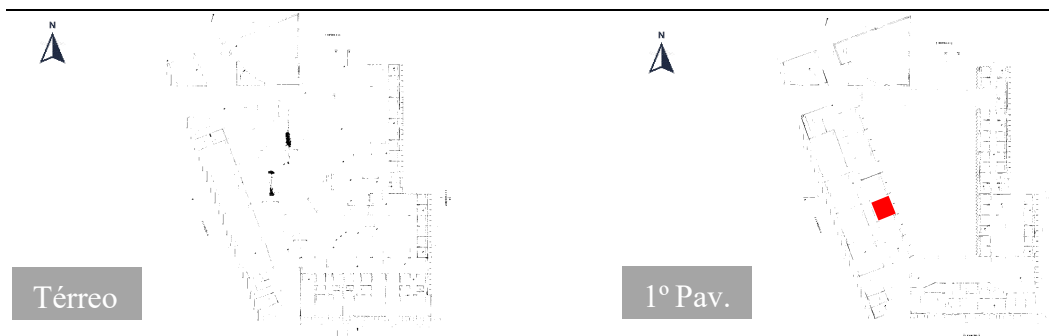
Tabela - Ficha Técnica FD

Edifício / Projeto	FD - Faculdade de Direito
Tipologia	Salas de Aula e Administração
Ano de Construção	1982
Localização	-15°45'34" | -47°52'19"



Fonte: Google Earth, 2023.

Plantas e Localização da sala de aula analisada



Fonte: Ceplan, 2017.

Figura – Edifício FD



Fonte: Google Street, 2023

Figura – Localização da sala - FD



Figura – Sala de aula - FD



Figura – Sala de aula - FD

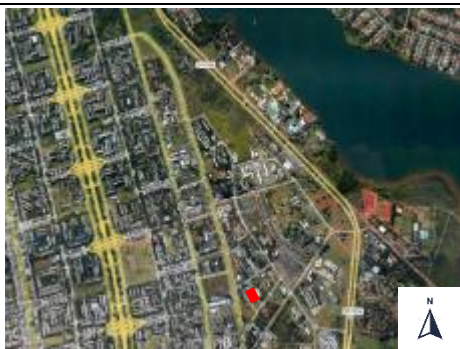


Fonte: Autora

A Faculdade de Educação - FE1 está situada em um edifício de térreo. Todas as salas estão voltadas para a fachada sudoeste, proporcionando vistas externas, e são protegidas por uma ampla marquise. Apesar de haver um átrio com jardim interno, nenhuma janela está direcionada para essa área.

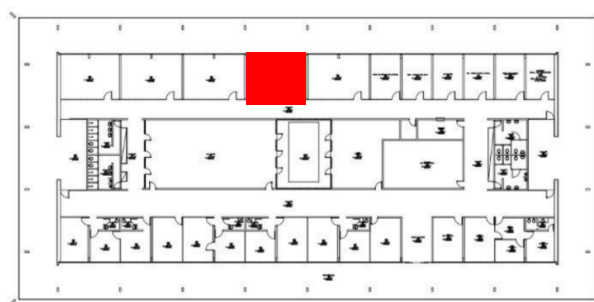
Tabela - Ficha Técnica FE 1

Edifício / Projeto	FE 1 – Faculdade de Educação
Tipologia	Salas de Aula e Administração
Ano de Construção	1962
Localização	-15°46'05" | - 47°52'15"



Fonte: Google Earth, 2023.

Plantas e Localização da sala de aula analisada



Fonte: Ceplan, 2017.

Figura – Edifício FE1



Fonte: <http://arquivo.fe.unb.br/>, acesso em 04 fev 2023.

Figura – Marquise



Figura – Sala de aula – FE1



Figura – Sala de aula – FE1



Fonte: Autora

O edifício da Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia – FACE é composto por um térreo e um pavimento superior. A sala de aula em análise está localizada no primeiro pavimento e possui uma ampla janela com vidro do tipo fumê e película refletiva. Como dispositivo de sombreamento externo, conta com brises verticais móveis (acionados manualmente).

Tabela - Ficha Técnica FACE

Edifício / Projeto	FACE - Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia
Tipologia	Salas de Aula e Administração
Ano de Construção	1994
Localização	-15.758554° | -47.871826°



Situação da sala de aula analisada

Fonte: Google Earth, 2023.

Fonte: Ceplan, 2017.

Figura – Edifício FACE



Figura – Vista e Brise Móvel - FACE



Figura – Sala de aula – FACE



Figura – Sala de aula – FACE



Fonte: Autora

O edifício Bloco de Sala de Aula Sul - BSAS é composto por térreo e mais dois pavimentos. A sala de aula selecionada é uma das poucas que não dispõem dos cobogós de concreto como dispositivos de sombreamento externos. Nas salas que possuem esse dispositivo, a penetração de luz natural é limitada. A sala de aula pré-selecionada possui chapas metálicas perfuradas posicionadas na horizontal, que permitem uma satisfatória entrada de luz natural.

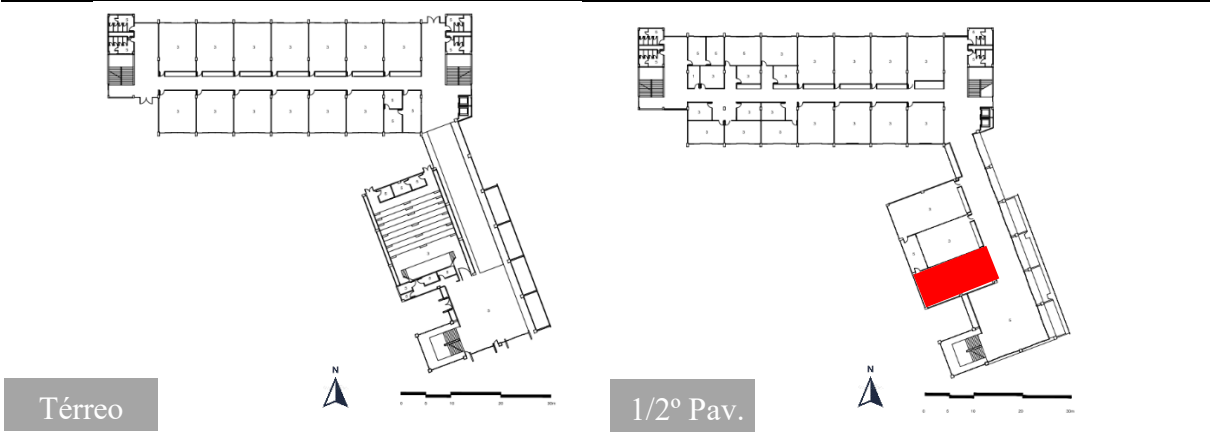
Tabela - Ficha Técnica BSAS

Edifício / Projeto	BSAS – Bloco de Salas de Aula Sul
Tipologia	Salas de Aula
Ano de Construção	2011
Localização	-15.767090° | -47.866727°



Fonte: Google Earth, 2023.

Plantas e Localização da sala de aula analisada



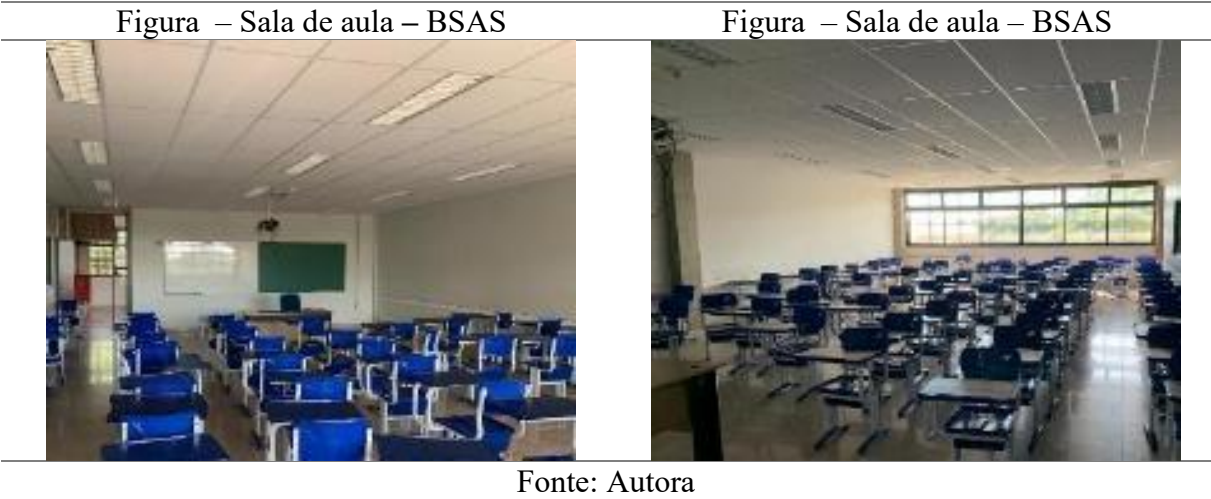
Fonte: Ceplan, 2017.

Figura – Edifício BSAS





Figura – Vista e Chapa Metálica - BSAS

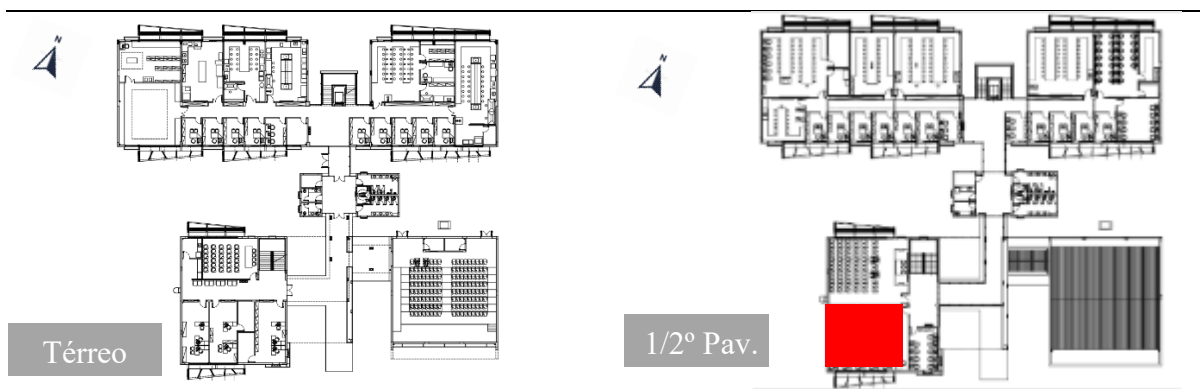




O prédio do Departamento de Engenharia Florestal - EFL é o mais recente entre os blocos de salas de aula no campus Darcy Ribeiro da UnB. Possui térreo e mais dois pavimentos. A sala selecionada está localizada no 2º pavimento, com janela voltada para o sudeste. Como dispositivo externo de sombreamento, há grandes chapas metálicas horizontais fixas com um amplo espaçamento entre elas.

Tabela 57 - Ficha Técnica - EFL	
Edifício / Projeto	EFL – Departamento de Engenharia Florestal
Tipologia	Salas de Aula, Administração e Laboratório
Ano de Construção	2019
Localização	-15.761560° | -47.873461°
	
Fonte: Google Earth, 2023.	

Plantas e Localização da sala de aula analisada



Fonte: Ceplan, 2017.

Figura – Edifício EFL



Figura – Vista e Chapa Metálica - EFL



Figura – Sala de aula – EFL



Figura – Sala de aula – EFL



Fonte: Autora

O edifício do Bloco de Salas de Aula Norte - BSAN (Tabela 16) é constituído por térreo e um pavimento superior, além de contar com um pátio interno. Sua área é predominantemente ocupada por salas de aula, reservando uma proporção significativamente menor para espaços destinados a atividades administrativas. As estruturas e vegetações ao redor não criam sombreamento na edificação, permitindo a incidência direta de luz solar em todas as fachadas, inclusive no átrio central.

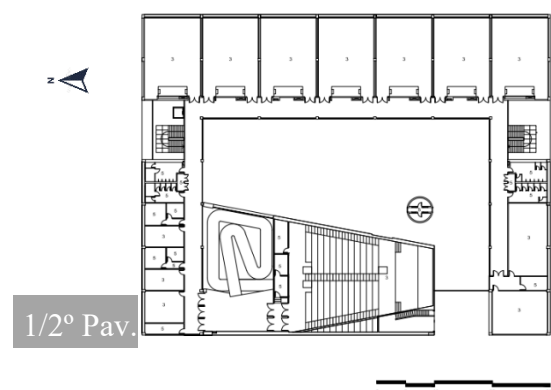
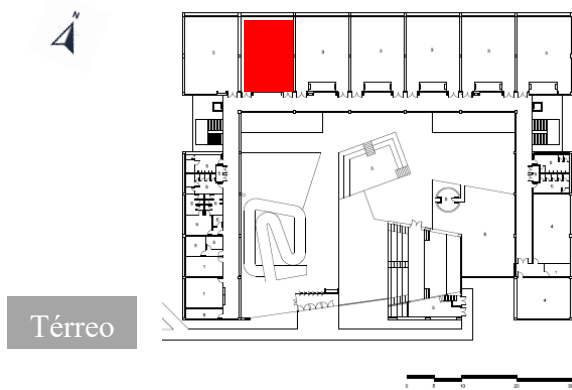
Tabela - Ficha Técnica BSAN

Edifício / Projeto	BSAN – Bloco de Salas de Aula Norte
Tipologia	Salas de Aula
Ano de Construção	2015
Localização	-15.757021° | -47.871185°



Fonte: Google Earth, 2023.

Plantas e Localização da sala de aula analisada



Fonte: Ceplan, 2017.

O edifício possui salas de aula em ambos os níveis, mas, para os propósitos desta tese, foi utilizada apenas uma sala no térreo. Inicialmente, a preferência seria por uma sala no nível superior para evitar interferências do entorno. No entanto, as salas desse nível possuem janelas em ambas as fachadas, tanto na externa quanto na voltada para o átrio interno. Isso desqualifica essas salas de acordo com os critérios de seleção prévia estabelecidos, uma vez que as janelas voltadas para o átrio central afetam a iluminação geral da sala. Já as salas do térreo possuem apenas janelas na fachada externa.

Este edifício se destaca por ser parte de um projeto idêntico presente em todos os demais *campi* da UnB, além de ter sido projetado especificamente para o uso como salas de aula. Porém, apenas no campus Darcy Ribeiro, este prédio foi aplicado de películas azuis em quase

todos os vidros das janelas voltadas para sua fachada externa. A sala de aula selecionada é idêntica a todas do projeto, porém é uma das únicas com vidro tipo incolor simples.

Atualmente a sala pré-selecionada é usada atualmente como ambiente de estudo; no entanto, o projeto original do edifício foi concebido para ser utilizado especificamente como sala de aula.

Figura – Prédio BSAN



Figura - Sala selecionada - BSAN



Figura - Sala selecionada - BSAN



Figura - Janela - BSAN



Figura – Layout da sala de aula padrão (com película azul) - BSAN



Figura – Layout da sala de aula padrão (com película azul) - BSAN



Figura – Sala de aula padrão (com película azul) - BSAN



Figura – Vidro com Película Azul - BSAN



Fonte: Autora

A definição da sala de aula a ser utilizada na tese ocorre na 5ª etapa deste estudo. A análise preliminar da sala pré-selecionada do edifício BSAN é abordada no Capítulo 4 -checar

APÊNDICE E: PLANILHA DADOS SOFTWARE ALFA

Local	Parada_Cor_Refletancia_MP	Orientacao	PAF	Brise	Vidro	Horario
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Norte	80%	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Norte	80%	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curitiba	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curitiba	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Azul 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Azul 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curitiba	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasilia	Azul 71,26%, 1,09	Norte	60%	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasilia	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curitiba	Azul 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h

Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curitiba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curitiba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curitiba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	60%	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h

Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h

Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	60%	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	60%	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h

Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h

Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	12h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Brasília	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	80%	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Norte	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Brasília	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0,4	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,6	Com Brise	Incolor, simples, T vis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Azul, 71,26%, 1,09	Leste	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,6	Sem Brise	Incolor, simples, T vis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Norte	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Sul	0,8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h

Brasília	Azul, 71.26%, 1,09	Oeste	0.8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71.26%, 1,09	Sul	0.8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Brasília	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Norte	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Norte	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Azul, 71.26%, 1,09	Leste	0.6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	12h
Fortaleza	Azul, 71.26%, 1,09	Leste	0.8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	12h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Norte	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	12h
Curiúba	Azul, 71.26%, 1,09	Oeste	0.8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.8	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Brasília	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71.26%, 1,09	Leste	0.8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Norte	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Azul, 71.26%, 1,09	Oeste	0.6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Brasília	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Curiúba	Azul, 71.26%, 1,09	Oeste	0.8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.8	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Brasília	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71.26%, 1,09	Leste	0.6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	9h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.6	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Fortaleza	Azul, 71.26%, 1,09	Leste	0.8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	12h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.6	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.8	Com Brise	Solarban (double) - 63.2%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Norte	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Leste	0.6	Com Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Oeste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h
Fortaleza	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiúba	Branca, 77.80%, 0,97	Sul	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h

Curiíba	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Fortaleza	Branca, 77,80%, 0,97	Leste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	15h
Curiíba	Branca, 77,80%, 0,97	Oeste	0.4	Sem Brise	Incolor, simples, Tvis 85%	9h

			Ponto A				Ponto B
Período do ano	Mel-DER	% vista >250	Vista 1A	Vista 2A	Vista 3A	Vista 4A	Vista 1B
Eq/Pri	0.93	1.00	11217.4272	6126.8312	6130.4544	2152.1808	3659.432
Eq/Pri	0.92	1.00	11324.3116	6485.528	6279.9114	2443.8484	3706.5336
Eq/Pri	1.04	1.00	7056.182	2290.7682	2688.4144	773.5532	2925.734
Eq/Pri	0.92	1.00	9558.0016	5476.4668	5332.4446	2088.7748	3319.757
Eq/Pri	1.13	1.00	5239.1472	1996.3832	2048.9196	584.241	2098.7386
Eq/Pri	1.04	1.00	7292.5958	2844.212	2463.776	869.568	3127.7274
Eq/Pri	0.83	1.00	9121.406	4117.7668	3734.6134	1816.129	2757.2552
Eq/Pri	0.88	1.00	11510.9064	4246.3904	4396.7532	1248.1924	2442.9426
Eq/Pri	0.96	1.00	7115.9648	2784.4292	2556.1676	818.8432	2759.9726
Eq/Pri	0.95	1.00	6698.391	2365.9496	2450.189	738.227	2865.9512
Eq/Pri	0.96	1.00	9330.6458	6960.0948	4355.9922	1197.4676	2471.9282
Eq/Pri	0.91	1.00	9293.508	4077.9116	3944.759	1794.3898	2653.994
Eq/Pri	0.93	1.00	9582.4582	5192.9514	5237.3356	1807.071	2955.8254
Eq/Pri	1.00	1.00	8947.4924	4521.7536	4358.7096	1395.8378	3027.1836
Eq/Pri	1.04	1.00	6068.86	2116.8546	2370.4786	701.0892	2438.4136
Eq/Pri	0.89	1.00	9129.5582	3787.1498	4370.485	1547.1064	2722.8348
Eq/Pri	1.00	1.00	7662.1622	3474.6488	3495.4822	1194.7502	2715.5884
Eq/Pri	1.00	1.00	6522.6658	2497.2906	2749.103	852.3578	2493.6674
Eq/Pri	1.04	1.00	6532.6296	2627.7258	2312.5074	805.2562	2753.632
Eq/Pri	1.01	1.00	7354.1902	3038.959	2735.516	835.1476	2616.8562
Eq/Pri	1.11	1.00	5976.4684	2285.3334	2273.558	693.8428	2362.3264
Eq/Pri	1.12	1.00	4794.3994	1835.1508	1836.0566	509.0596	1900.3684
Eq/Pri	0.93	1.00	9398.5808	4559.7972	4401.2822	1508.157	2492.7616
Eq/Pri	1.11	1.00	7524.4806	3346.0252	3329.7208	1061.5976	2292.5798
Eq/Pri	0.92	1.00	6495.4918	2750.9146	2438.4136	828.807	2274.4638
Eq/Pri	1.13	1.00	5068.8568	1953.8106	1932.0714	525.364	2031.7094
Eq/Pri	0.91	1.00	5831.5404	2024.463	1939.3178	679.35	2236.4202
Eq/Pri	0.96	1.00	5845.1274	2341.493	2037.1442	671.1978	2455.6238
Eq/Pri	0.93	1.00	5806.178	2377.725	1913.9554	706.524	2194.7534
Eq/Pri	0.96	1.00	5717.4096	2063.4124	2004.5354	605.0744	2153.9924
Eq/Pri	0.84	1.00	5153.0962	1860.5132	1688.4112	545.2916	2205.623
Eq/Pri	1.03	1.00	5055.2698	1928.4482	1856.89	715.582	2075.1878
Eq/Pri	0.91	0.99	6501.8324	1993.6658	2697.4724	713.7704	2300.732
Eq/Pri	0.98	0.99	5770.8518	2206.5288	2148.5576	672.1036	2097.8328
Eq/Pri	1.01	0.99	5378.8288	1888.593	1960.1512	510.8712	2183.8838
Eq/Pri	0.92	0.99	6142.2298	2269.029	2433.8846	760.872	2469.2108
Eq/Pri	0.95	0.99	5854.1854	1889.4988	2275.3696	613.2266	2510.8776
Eq/Pri	0.83	0.99	9176.6598	4094.216	4461.9708	1558.8818	2647.6534
Eq/Pri	0.84	0.99	5661.25	1852.361	2265.4058	665.763	2154.8982
Eq/Pri	0.91	0.99	7113.2474	2179.3548	2988.2342	766.3068	2392.2178
Eq/Pri	0.86	0.99	5793.4968	2325.1886	1866.8538	640.4006	2137.688
Eq/Pri	0.91	0.99	6894.0438	3037.1474	2519.9356	861.4158	2105.985
Eq/Pri	1.01	0.98	7778.1046	3460.156	3303.4526	1019.9308	2345.1162
Eq/Pri	0.91	0.98	5812.5186	1976.4556	1910.3322	679.35	2425.7324
Eq/Pri	0.89	0.98	6906.725	2430.2614	2461.9644	917.5754	2231.8912
Eq/Pri	1.11	0.98	5039.8712	2009.9702	1942.0352	573.3714	1885.8756
Eq/Pri	0.93	0.98	6266.3244	2561.6024	2342.3988	787.1402	2250.0072
Eq/Pri	1.04	0.98	4896.7548	1892.2162	1851.4552	534.422	1858.7016
Eq/Pri	0.84	0.98	8873.2168	4361.427	3852.3674	1371.3812	2461.0586
Eq/Pri	0.93	0.98	6105.9978	2551.6386	1968.3034	788.9518	2211.0578
Eq/Pri	0.88	0.97	4980.9942	1800.7304	1711.962	540.7626	1959.2454

Eq/Pri	0.83	0.97	8259.9902	3466.4966	3378.634	1622.2878	2480.9862
Eq/Pri	1.03	0.97	4747.2978	1746.3824	1849.6436	497.2842	1958.3396
Eq/Pri	0.82	0.96	8246.4032	3982.8026	3364.1412	1156.7086	2244.5724
Eq/Pri	1.11	0.96	4759.0732	1782.6144	1926.6366	473.7334	1839.6798
Eq/Pri	0.84	0.96	6349.658	2026.2746	2593.3054	728.2632	2091.4922
Eq/Pri	0.96	0.96	5519.9452	2073.3762	2016.3108	654.8934	1935.6946
Eq/Pri	0.85	0.96	6096.7514	2558.885	1834.245	627.7194	2167.5794
Eq/Pri	0.90	0.96	5002.7334	1921.2018	1816.129	533.5162	1804.3536
Eq/Pri	0.92	0.95	6218.317	2167.5794	2467.3992	666.6688	2166.6736
Eq/Pri	0.83	0.95	4865.0518	1633.1574	1641.3096	637.6832	2197.4708
Eq/Pri	0.82	0.95	5581.5396	2008.1586	1946.5642	702.9008	1980.9846
Eq/Pri	1.15	0.94	4770.8486	1826.0928	1841.4914	515.4002	1794.3898
Eq/Pri	1.10	0.94	4843.3126	2129.5358	1669.3894	513.5886	1786.2376
Eq/Pri	1.02	0.94	4914.8708	1923.9192	1722.8316	505.4364	1902.18
Eq/Pri	0.82	0.94	6597.8472	2229.1738	2728.2696	865.9448	2009.0644
Eq/Pri	0.90	0.93	8090.6058	3587.6738	3518.1272	1089.6774	2260.8788
Eq/Pri	0.88	0.93	8226.2672	3423.0182	3673.019	1061.5976	2187.507
Eq/Pri	1.01	0.92	4324.2892	1656.7082	1673.0126	427.5376	1587.6674
Eq/Pri	0.83	0.92	8105.0984	3415.7718	3799.831	1391.3088	2287.145
Eq/Pri	0.84	0.92	7653.1042	3821.5702	3487.33	1239.1344	2162.1446
Eq/Pri	1.13	0.92	4500.0144	1799.8246	1653.085	490.0378	1632.2516
Eq/Pri	0.81	0.92	6322.484	2409.428	2166.6736	866.8506	2015.405
Eq/Pri	1.01	0.91	6692.9562	2953.8138	2859.6106	846.0172	1836.9624
Eq/Pri	1.13	0.91	4365.956	1814.3174	1608.7008	443.842	1719.2084
Eq/Pri	0.93	0.91	5919.403	2286.0508	2224.6448	710.1472	1980.0788
Eq/Pri	1.01	0.91	4577.0074	1657.614	1777.1796	461.0522	1611.4182
Eq/Pri	1.01	0.91	4300.7384	1521.744	1865.0422	462.8638	1625.0052
Eq/Pri	0.91	0.90	7108.7184	4105.0656	3740.0482	1217.3952	2176.6374
Eq/Pri	1.01	0.90	4223.7454	1873.1944	1465.5844	440.2188	1663.9546
Eq/Pri	0.99	0.90	4848.7474	1842.3972	1843.303	539.8568	1874.1002
Eq/Pri	0.83	0.90	6218.317	2678.4506	2051.637	735.5096	1978.2672
Eq/Pri	1.13	0.89	4353.2748	1636.5922	1563.4108	415.7622	1750.0056
Eq/Pri	1.10	0.89	4717.4064	1834.245	1798.9188	525.364	1701.0924
Eq/Pri	0.92	0.89	7073.3922	3732.8018	3596.9318	1041.67	2237.326
Eq/Pri	0.96	0.89	4519.0362	1827.9044	1788.955	565.2192	1692.9402
Eq/Pri	1.14	0.89	4365.0502	1646.7444	1696.5634	467.3928	1701.0924
Eq/Pri	0.88	0.88	4552.5508	1641.3096	1646.7444	515.4002	1903.9916
Eq/Pri	1.04	0.88	4308.8906	1604.1718	1590.5848	445.6536	1586.9616
Eq/Pri	1.05	0.88	5553.4598	2450.189	2417.5802	709.2414	1716.491
Eq/Pri	1.11	0.88	6247.3026	2860.5164	2805.2626	718.2994	1792.5782
Eq/Pri	1.11	0.88	4716.5006	1902.18	1804.3536	522.6486	1605.0776
Eq/Pri	1.16	0.88	3799.831	1427.5408	1431.164	393.1172	1455.6206
Eq/Pri	1.04	0.87	4129.5422	1679.3532	1480.983	396.7404	1578.8094
Eq/Pri	1.05	0.87	4349.6516	1636.5922	1672.1068	456.5232	1642.2154
Eq/Pri	1.01	0.87	4139.506	1585.15	1514.4976	447.4652	1557.976
Eq/Pri	0.95	0.87	5471.9378	2074.262	2076.0936	626.8136	1745.4766
Eq/Pri	1.10	0.87	4305.2674	1650.3676	1736.4186	490.9436	1600.5486
Eq/Pri	0.92	0.87	4155.8104	1586.9616	1488.2294	420.2912	1730.078
Eq/Pri	0.90	0.87	6963.7904	3044.3938	3025.372	988.2278	1912.1438
Eq/Pri	0.85	0.87	4903.0954	1910.3322	1921.2018	646.7412	1756.3462
Eq/Pri	1.11	0.87	4365.0502	1614.1356	1822.4696	447.4652	1673.9184
Eq/Pri	1.01	0.86	6089.6934	2698.3782	2776.277	769.0242	1736.4186
Eq/Pri	1.04	0.86	4267.2238	1528.9904	1619.5704	378.6244	1692.9402

Eq/Pri	1.04	0.86	5563.4236	2388.5946	2319.7538	705.6182	1811.6
Eq/Pri	1.04	0.86	5677.5544	2439.3194	2406.7106	709.2414	1697.4692
Eq/Pri	1.11	0.86	5911.2508	2673.0158	2648.5592	711.9588	1678.4474
Eq/Pri	0.92	0.85	4341.4994	1624.0994	1653.085	502.719	1598.737
Eq/Pri	0.88	0.85	6506.3614	2437.5078	2550.7328	742.756	1794.3898
Eq/Pri	0.88	0.84	5289.872	2038.05	2016.3108	631.3426	1619.5704
Eq/Pri	0.90	0.84	4453.8186	1614.1356	1631.3458	505.4364	1771.7448
Eq/Pri	1.01	0.84	4243.673	1639.498	1596.0196	480.074	1485.512
Eq/Pri	1.04	0.84	4045.3028	1507.2512	1605.9834	400.3636	1660.3314
Eq/Pri	1.07	0.84	3714.6858	1326.0912	1397.6494	356.8852	1553.447
Eq/Pri	1.01	0.84	5812.5186	2595.117	2510.8776	702.9008	1825.187
Eq/Pri	1.09	0.84	4560.703	1796.9188	1732.7954	552.538	1587.8674
Eq/Pri	0.92	0.84	3989.1432	1537.1426	1485.512	406.7042	1542.5774
Eq/Pri	1.01	0.84	4316.137	1559.7876	1768.1216	452.9	1508.157
Eq/Pri	1.01	0.83	4569.761	1806.1652	1663.9546	475.545	1596.9254
Eq/Pri	0.92	0.83	5650.3804	2329.7176	2492.7616	721.0168	1646.7444
Eq/Pri	0.88	0.83	6194.7662	2647.6534	2508.1602	779.8938	1710.1504
Eq/Pri	1.16	0.83	3614.142	1450.1858	1289.8592	357.791	1475.5482
Eq/Pri	1.01	0.83	4012.694	1565.2224	1523.5556	467.3928	1524.4614
Eq/Pri	1.11	0.83	4019.9404	1779.897	1428.4466	441.1246	1603.266
Eq/Pri	1.01	0.82	5791.6852	2575.1894	2502.7254	803.4446	1617.7588
Eq/Pri	1.01	0.82	3754.541	1569.7514	1355.9826	423.9144	1526.9904
Eq/Pri	1.00	0.81	4842.4068	1990.9484	1925.7308	584.241	1626.6284
Eq/Pri	1.01	0.81	4103.274	1553.447	1597.8312	459.2406	1540.7658
Eq/Pri	1.11	0.81	4460.1592	1894.9336	1893.122	575.183	1540.7658
Eq/Pri	1.01	0.81	3759.07	1380.4392	1449.28	418.4796	1403.0842
Eq/Pri	1.01	0.81	3972.8388	1505.4396	1480.0772	422.1028	1562.505
Eq/Pri	1.01	0.81	4000.0128	1442.0336	1657.614	392.2114	1548.0122
Eq/Pri	1.01	0.80	3941.1358	1566.1282	1561.5992	437.5014	1376.816
Eq/Pri	1.15	0.80	4235.5208	1717.3968	1606.8892	448.371	1504.5338
Eq/Pri	1.15	0.80	4050.7376	1560.6934	1630.44	449.2768	1471.925
Eq/Pri	0.92	0.80	3962.8026	1476.454	1571.563	399.4578	1502.7222
Eq/Pri	1.01	0.80	5456.5392	2489.1384	2426.6382	653.0818	1689.317
Eq/Pri	1.06	0.80	3515.4098	1326.8086	1286.236	344.204	1516.3092
Eq/Pri	1.01	0.80	3971.0272	1691.1266	1384.0624	401.2694	1567.9398
Eq/Pri	0.98	0.80	4409.4344	1759.0636	1798.013	539.8568	1416.6712
Eq/Pri	0.96	0.79	4279.905	1499.099	1935.6946	496.19	1496.1932
Eq/Pri	1.04	0.79	4616.8626	1986.4194	1992.76	622.2846	1510.8744
Eq/Pri	0.98	0.79	4904.907	2118.6662	2178.449	665.763	1521.744
Eq/Pri	0.92	0.79	3693.8524	1494.57	1393.1204	433.8782	1402.1784
Eq/Pri	0.98	0.79	4378.6372	1715.5852	1770.839	517.2118	1418.4828
Eq/Pri	0.96	0.79	4115.9552	1644.9328	1566.1282	501.8132	1504.5338
Eq/Pri	0.93	0.79	5178.4586	2296.203	2306.1668	700.1834	1702.904
Eq/Pri	1.11	0.79	4099.6508	1592.3964	1719.2084	471.016	1455.6206
Eq/Pri	0.98	0.79	4278.0934	1673.9184	1668.4836	513.5886	1395.8378
Eq/Pri	1.05	0.79	4740.9572	2066.1298	1957.4338	594.2048	1579.7152
Eq/Pri	1.01	0.79	4136.7886	1668.4836	1662.143	509.9654	1487.3236
Eq/Pri	1.00	0.79	3974.6504	1678.4474	1456.5264	439.313	1475.5482
Eq/Pri	1.01	0.78	5128.6396	2378.6308	2239.1376	679.35	1548.918
Eq/Pri	1.05	0.78	4827.0082	2083.34	2073.3762	635.8716	1546.2006
Eq/Pri	0.92	0.78	4230.086	1533.5194	1592.3964	472.8276	1560.6934
Eq/Pri	0.93	0.78	3994.578	1574.2804	1537.1426	435.6898	1429.3524
Eq/Pri	1.01	0.78	3833.3456	1489.1352	1511.7802	453.8058	1415.7654

Eq/Pri	0.93	0.77	4815.2328	2145.8402	2030.8036	639.4948	1471.925
Eq/Pri	1.01	0.77	4146.7524	1543.4832	1763.5926	478.2624	1352.3594
Eq/Pri	1.02	0.77	4781.7182	2164.862	2038.9558	670.292	1479.1714
Eq/Pri	0.98	0.77	3932.9836	1415.7654	1677.5416	455.6174	1432.0698
Eq/Pri	0.93	0.77	3847.8384	1520.8382	1521.744	449.2768	1353.2652
Eq/Pri	1.05	0.77	3621.3884	1524.4814	1318.8448	398.552	1288.0476
Eq/Pri	1.02	0.76	3849.65	1537.1426	1457.4322	429.3492	1433.8814
Eq/Pri	1.05	0.76	3602.3668	1347.8304	1445.6568	391.3056	1415.7654
Eq/Pri	1.02	0.76	4761.7908	2068.8472	2115.9488	675.7268	1425.7292
Eq/Pri	0.87	0.76	5682.9892	2682.0738	2747.2914	741.8502	1521.744
Eq/Pri	0.92	0.76	5077.9148	2157.6156	2105.985	662.1398	1375.9102
Eq/Pri	0.99	0.76	4058.8898	1644.9328	1544.389	480.074	1302.5404
Eq/Pri	0.92	0.76	3278.996	1319.7506	1226.4532	329.7112	1249.0982
Eq/Pri	0.92	0.76	3627.729	1355.0768	1296.1998	346.9214	1378.6276
Eq/Pri	0.90	0.76	3945.6648	1541.6716	1543.4832	452.9	1324.2796
Eq/Pri	1.11	0.76	3759.9758	1473.7366	1548.0122	455.6174	1379.5334
Eq/Pri	0.93	0.76	4783.5298	2079.7168	2095.1154	649.4586	1410.3306
Eq/Pri	1.04	0.76	4590.5944	1910.3322	2006.347	528.0814	1407.6132
Eq/Pri	0.84	0.76	5500.0176	2404.899	2423.015	984.6046	1580.621
Eq/Pri	1.03	0.76	3843.3094	1549.8238	1571.563	489.132	1368.6638
Eq/Pri	1.11	0.75	3848.7442	1626.8168	1478.2656	435.6898	1355.0768
Eq/Pri	1.00	0.75	3368.6702	1232.7938	1332.4318	354.1678	1322.468
Eq/Pri	0.93	0.75	4900.378	2126.8184	2180.2606	627.7194	1365.9464
Eq/Pri	0.88	0.75	3703.8162	1327.9028	1607.795	405.7984	1324.2796
Eq/Pri	1.17	0.75	3225.5538	1307.0694	1157.6124	366.849	1235.5112
Eq/Pri	0.93	0.75	4618.6742	2149.4634	1904.8974	579.712	1345.113
Eq/Pri	1.06	0.75	4384.072	1879.535	1860.5132	513.5886	1391.3088
Eq/Pri	0.91	0.75	3711.0626	1561.5992	1342.3956	394.9288	1322.468
Eq/Pri	1.06	0.75	4349.6516	1802.542	1886.7814	555.2554	1283.5186
Eq/Pri	1.04	0.75	4698.3846	2129.5358	1982.7962	558.8786	1467.396
Eq/Pri	0.98	0.75	3816.1354	1641.3096	1464.6786	456.5232	1298.0114
Eq/Pri	0.95	0.74	3892.2226	1785.3318	1317.939	459.2406	1339.6782
Eq/Pri	1.01	0.74	3592.4028	1516.3092	1357.7942	423.0086	1338.7724
Eq/Pri	0.91	0.74	3361.4238	1307.0694	1309.7868	363.2258	1182.069
Eq/Pri	0.92	0.74	3893.1284	1439.3162	1536.2368	420.2912	1418.4828
Eq/Pri	1.01	0.74	3687.5118	1347.8304	1540.7658	429.3492	1276.2722
Eq/Pri	0.91	0.74	4559.7972	1910.3322	2012.6876	544.3858	1379.5334
Eq/Pri	0.90	0.74	4097.8392	1583.3384	1636.7806	488.2262	1302.5404
Eq/Pri	0.87	0.74	5755.4532	2438.4136	2456.5296	695.6544	1520.8382
Eq/Pri	1.01	0.74	3725.5554	1543.4832	1374.0986	416.688	1365.0406
Eq/Pri	1.08	0.74	3932.0778	1521.744	1781.7086	429.3492	1306.1636
Eq/Pri	1.08	0.74	3827.005	1789.8608	1416.6712	438.4072	1242.7576
Eq/Pri	1.01	0.73	3700.193	1384.0624	1469.2076	407.61	1338.7724
Eq/Pri	0.96	0.73	3605.9898	1237.3228	1707.433	390.3998	1168.482
Eq/Pri	1.02	0.73	3674.8306	1420.2944	1421.2002	405.7984	1283.5186
Eq/Pri	0.82	0.73	5798.0258	2448.3774	2605.9866	867.7564	1443.8452
Eq/Pri	0.92	0.73	3627.729	1560.8934	1337.8666	410.3274	1271.7432
Eq/Pri	1.17	0.73	3379.5398	1233.8996	1241.8518	318.8416	1394.0262
Eq/Pri	0.99	0.73	3877.7298	1413.9538	1861.419	445.6536	1349.642
Eq/Pri	0.87	0.73	4865.9576	2421.2034	2141.3112	611.415	1285.3302
Eq/Pri	0.98	0.73	3865.9544	1645.8386	1496.3816	480.9798	1219.2068
Eq/Pri	1.12	0.73	3443.8516	1341.4898	1312.5042	383.1534	1220.1126
Eq/Pri	0.93	0.73	4529	1903.9916	1977.3614	600.5454	1192.9386

Eq/Pri	0.99	0.73	3977.3678	1884.064	1415.7654	425.726	1403.0842
Eq/Pri	0.84	0.72	5106.9004	2487.3268	2327.0002	699.2776	1355.9826
Eq/Pri	1.00	0.72	3607.8014	1562.505	1261.7794	405.7984	1237.3228
Eq/Pri	0.92	0.72	4483.71	2045.2964	1887.6872	576.9946	1271.7432
Eq/Pri	0.87	0.72	5011.7914	2226.4564	2337.8698	641.3064	1246.3808
Eq/Pri	0.90	0.72	3905.8096	1457.4322	1628.6284	470.1102	1275.3664
Eq/Pri	0.91	0.72	3630.4464	1434.7872	1382.2508	395.8346	1267.2142
Eq/Pri	1.03	0.72	3654.903	1409.4248	1494.57	443.842	1204.714
Eq/Pri	1.05	0.72	4121.39	1865.948	1710.1504	468.2986	1288.0476
Eq/Pri	0.90	0.72	3740.954	1566.1282	1365.9464	427.5376	1221.0184
Eq/Pri	0.93	0.71	4232.8034	1926.6366	1795.2956	560.6902	1208.3372
Eq/Pri	1.05	0.71	3840.592	1627.7226	1687.5054	439.313	1244.5692
Eq/Pri	1.01	0.71	4474.652	1821.5638	1800.7304	507.248	1298.0114
Eq/Pri	0.92	0.71	4158.5278	1783.5202	1943.8468	540.7626	1154.895
Eq/Pri	0.91	0.71	3827.9108	1616.853	1580.621	491.8494	1138.5906
Eq/Pri	0.87	0.71	3509.0692	1702.904	1159.424	393.1172	1234.6054
Eq/Pri	0.99	0.71	3544.3954	1439.3162	1423.9176	410.3274	1154.895
Eq/Pri	0.91	0.71	3679.3596	1490.9468	1518.1208	467.3928	1166.482
Eq/Pri	0.85	0.71	3854.179	1368.6638	1952.9048	449.2768	1171.1994
Eq/Pri	0.93	0.71	4008.165	1354.171	1979.173	483.6972	1240.0402
Eq/Pri	1.03	0.71	3203.8146	1236.2266	1167.5762	316.1242	1243.6634
Eq/Pri	0.86	0.71	4471.0288	1786.2376	2193.8476	560.6902	1207.4314
Eq/Pri	1.06	0.71	3618.8528	1578.8094	1591.4906	474.6392	1199.2792
Eq/Pri	1.15	0.71	3358.7064	1354.171	1317.0332	369.5664	1130.4384
Eq/Pri	0.97	0.71	3736.425	1672.1068	1382.2508	462.8638	1232.7938
Eq/Pri	1.03	0.71	3535.3374	1511.7802	1350.5478	410.3274	1224.6416
Eq/Pri	1.12	0.71	3252.7278	1251.8156	1260.8736	363.2258	1223.7358
Eq/Pri	1.07	0.71	3120.481	1153.9692	1163.0472	303.443	1258.1562
Eq/Pri	0.98	0.71	3337.873	1627.7226	1442.9394	397.6462	1054.3512
Eq/Pri	0.94	0.71	3666.6784	1394.932	1481.8888	422.1028	1226.4532
Eq/Pri	0.91	0.71	3921.2082	1751.8172	1577.9036	509.0596	1212.8662
Eq/Pri	0.89	0.71	4984.6174	2111.4198	2079.7168	572.4656	1261.7794
Eq/Pri	0.93	0.71	4023.5636	1750.9114	1757.252	551.6322	1173.011
Eq/Pri	0.90	0.71	3613.2362	1408.519	1416.6712	439.313	1210.1486
Eq/Pri	0.93	0.70	4096.0276	1826.8102	1759.0636	519.9292	1136.779
Eq/Pri	1.07	0.70	3730.9902	1621.382	1546.2006	485.5088	1203.8082
Eq/Pri	0.91	0.70	3644.9392	1610.5124	1282.6128	358.6968	1179.3516
Eq/Pri	0.90	0.70	3967.404	1859.6074	1596.9254	485.5088	1164.8588
Eq/Pri	0.87	0.70	4359.6154	2197.4708	1841.4914	509.9654	1206.5256
Eq/Pri	0.96	0.70	3240.9524	1484.6062	1163.953	365.9432	1102.3586
Eq/Pri	0.93	0.70	3987.3316	1744.5708	1665.7662	492.7552	1125.0036
Eq/Pri	0.93	0.69	4064.3246	1721.9258	1855.9842	531.7046	1180.2574
Eq/Pri	1.01	0.69	3255.4452	1163.0472	1423.0118	389.494	1124.0978
Eq/Pri	0.91	0.69	3318.8512	1263.591	1295.294	358.6968	1176.6342
Eq/Pri	0.92	0.69	3128.6332	1205.6198	1298.9172	369.5664	1048.0106
Eq/Pri	0.88	0.69	3269.938	1124.0978	1502.7222	356.8852	1167.5762
Eq/Pri	0.89	0.69	3417.5834	1528.0846	1288.0476	414.8564	1124.0978
Eq/Pri	0.85	0.69	4082.4406	2173.92	1411.2364	487.3204	1086.0542
Eq/Pri	0.92	0.69	3890.411	1836.0566	1595.1138	477.3566	1045.2932
Eq/Pri	1.07	0.69	2924.8282	1105.076	1019.025	300.7256	1223.7358
Eq/Pri	1.02	0.69	3346.0252	1334.2434	1487.3236	380.436	1009.967
Eq/Pri	1.14	0.68	3037.1474	1191.127	1172.1052	332.4286	1107.7934
Eq/Pri	1.01	0.68	3068.8504	1298.0114	1134.0616	345.1098	1121.3804

Eq/Pri	0.93	0.88	3063.4156	1144.0254	1160.3298	313.4068	1231.888
Eq/Pri	0.93	0.88	3390.4094	1751.8172	1238.2286	433.8782	1003.6264
Eq/Pri	0.90	0.88	3185.6986	1163.0472	1349.642	371.378	1038.0468
Eq/Pri	0.95	0.88	3175.7348	1195.656	1442.0336	355.9794	1036.2352
Eq/Pri	0.85	0.87	3432.982	1725.549	1182.069	413.0448	1049.8222
Eq/Pri	0.91	0.87	3025.372	1262.6852	1145.837	367.7548	1056.1628
Eq/Pri	1.01	0.87	2707.4362	1079.7136	986.4162	273.5516	1030.8004
Eq/Pri	0.87	0.87	3142.2202	1502.7222	968.3002	328.8054	1067.9382
Eq/Pri	1.02	0.87	3526.2794	1522.6498	1518.1208	474.6392	1070.6556
Eq/Pri	0.92	0.87	3721.9322	1580.6934	1718.3026	456.5232	1067.0324
Eq/Pri	0.90	0.87	3428.453	1334.2434	1556.1644	437.5014	1076.9962
Eq/Pri	1.05	0.87	2898.56	1128.6268	1121.3804	320.6532	1037.141
Eq/Pri	0.98	0.87	3024.4662	1096.018	1386.7798	355.9794	1037.141
Eq/Pri	0.91	0.86	3418.4892	1407.6132	1423.0118	430.255	1018.1192
Eq/Pri	0.93	0.86	3471.0258	1522.6498	1509.9886	441.1246	944.7494
Eq/Pri	0.94	0.86	2968.3068	1427.5408	1032.612	332.4286	1003.6264
Eq/Pri	0.99	0.86	2654.8998	1159.424	942.9378	288.0444	990.9452
Eq/Pri	0.94	0.86	3282.6192	1465.5844	1434.7872	451.9942	993.6626
Eq/Pri	1.01	0.86	2805.2626	1103.2644	1211.9604	370.4722	1006.3438
Eq/Pri	0.91	0.86	2800.7336	1015.4018	1276.2722	281.7038	982.793
Eq/Pri	0.91	0.86	3532.62	1465.5844	1662.143	450.1826	951.9958
Eq/Pri	0.91	0.85	2826.096	1096.018	1159.424	336.0518	1009.0612
Eq/Pri	0.93	0.85	2533.5226	977.3582	924.6218	251.8124	1083.3368
Eq/Pri	0.90	0.85	2585.1532	1164.8588	906.7058	285.327	952.9016
Eq/Pri	0.91	0.84	3337.873	1592.3964	1408.519	424.8202	940.2204
Eq/Pri	1.01	0.84	3860.5196	1613.2298	1590.5848	397.6462	991.851
Eq/Pri	1.05	0.84	2832.4366	1069.7498	1027.1772	281.7038	1047.1048
Eq/Pri	1.01	0.84	2882.2556	1311.5984	1002.7206	319.7474	980.9814
Eq/Pri	0.90	0.84	2784.5016	989.1336	1276.2722	299.8198	976.4524
Eq/Pri	0.98	0.84	2749.103	1066.1266	1215.5836	324.2764	918.4812
Eq/Pri	1.01	0.84	3614.142	1696.5634	1451.0916	411.2332	993.6626
Eq/Pri	0.91	0.83	2635.878	1145.837	906.7058	291.6676	923.0102
Eq/Pri	1.06	0.83	2668.6686	1322.468	1208.3372	371.378	912.1406
Eq/Pri	0.92	0.83	2627.0018	1211.0546	1079.7136	347.8272	873.1912
Eq/Pri	1.06	0.82	3193.8508	1401.2726	1364.1348	382.2476	923.916
Eq/Pri	1.06	0.82	3105.0824	1372.287	1273.5548	378.6244	946.561
Eq/Pri	0.90	0.82	2929.3572	1315.2216	1155.8008	351.4504	915.7638
Eq/Pri	1.02	0.82	2435.6962	907.6116	931.1624	278.0806	872.2854
Eq/Pri	0.99	0.82	2621.3852	1057.0886	1001.8148	317.03	854.1694
Eq/Pri	0.92	0.82	3119.5752	1447.4684	1301.6346	389.494	917.5754
Eq/Pri	0.99	0.81	2547.1096	1183.8806	950.1842	303.443	861.4158
Eq/Pri	1.01	0.81	2516.3124	929.3508	965.5828	265.3994	863.2274
Eq/Pri	1.01	0.81	2768.1248	1000.909	1222.83	312.501	885.8724
Eq/Pri	0.93	0.81	2976.4588	1324.2796	1276.2722	401.2694	831.5244
Eq/Pri	0.91	0.81	2398.5584	956.5248	882.2492	269.0226	817.0316
Eq/Pri	0.92	0.81	3028.9952	1354.171	1376.816	418.4796	835.1476
Eq/Pri	0.92	0.80	2776.277	1041.67	1217.3952	324.2764	866.8506
Eq/Pri	0.88	0.80	3155.8072	1203.8082	1532.6136	380.436	857.7926
Eq/Pri	1.00	0.80	2715.5884	1144.9312	1148.5544	355.0736	869.568
Eq/Pri	0.90	0.80	2713.7768	1074.2788	1185.6922	334.2402	863.2274
Eq/Pri	0.91	0.59	3070.662	1296.9172	1510.6744	386.7766	864.1332
Eq/Pri	0.87	0.59	2648.5592	959.2422	1175.7284	294.385	836.9592
Eq/Pri	0.88	0.59	2539.8632	1182.9748	924.6218	282.6096	845.1114

Eq/Pri	1.02	0.59	2788.9582	1260.8736	1206.5256	390.3998	814.3142
Eq/Pri	0.96	0.59	2699.284	1260.8736	1009.0812	313.4088	855.981
Eq/Pri	1.06	0.59	2778.0886	1255.4388	1125.9094	315.2184	895.8362
Eq/Pri	0.93	0.59	2232.797	854.1694	827.9012	225.5442	856.8868
Eq/Pri	0.91	0.59	2984.611	1403.99	1177.54	341.4886	803.4446
Eq/Pri	0.89	0.58	2685.697	1269.0258	1052.5396	340.5808	817.9374
Eq/Pri	0.92	0.58	2807.0742	1181.1632	1267.2142	366.849	765.401
Eq/Pri	0.87	0.58	3507.2576	1434.7872	1663.0488	413.9506	855.0752
Eq/Pri	0.92	0.57	2721.929	1304.352	1116.8514	343.2982	745.4734
Eq/Pri	0.93	0.57	2976.4588	1235.5112	1306.1636	354.1678	756.343
Eq/Pri	0.93	0.57	2178.449	846.0172	832.4302	236.4138	725.5458
Eq/Pri	0.93	0.57	2827.9076	1240.0402	1237.3228	350.5446	825.1838
Eq/Pri	1.02	0.56	2267.2174	849.6404	905.8	261.7762	764.4952
Eq/Pri	0.93	0.56	2680.3346	1015.4018	1174.8226	320.6532	830.6186
Eq/Pri	1.02	0.55	2530.8052	1089.6774	1107.7934	330.617	730.9806
Eq/Pri	0.94	0.55	2642.2186	1144.9312	1183.8806	330.617	779.8938
Eq/Pri	0.86	0.55	3038.959	1444.751	1245.475	346.0156	780.7996
Eq/Pri	0.93	0.55	2590.588	1096.018	1154.895	324.2764	747.285
Eq/Pri	1.01	0.55	1989.1368	790.7634	751.814	230.979	746.3792
Eq/Pri	0.93	0.55	2541.6748	1127.721	1071.5614	321.559	730.0748
Eq/Pri	0.93	0.55	2416.6744	1093.3006	1046.199	309.7836	749.0966
Eq/Pri	0.93	0.54	2558.885	1107.7934	1071.5614	309.7836	730.0748
Eq/Pri	0.93	0.54	2200.1882	803.4446	876.8144	245.4718	759.0604
Eq/Pri	0.92	0.54	2506.3486	1058.8802	1191.127	301.6314	704.7124
Eq/Pri	0.93	0.54	2452.9064	1055.257	1086.0542	316.1242	683.9514
Eq/Pri	0.91	0.54	2167.5794	844.2056	837.865	268.1168	730.9806
Eq/Pri	1.06	0.54	2452.0006	1086.96	1093.3006	298.914	739.1328
Eq/Pri	0.91	0.53	2198.3766	890.4014	858.6984	270.8342	709.2414
Eq/Pri	0.93	0.53	2085.1516	807.9736	740.0386	206.5224	787.1402
Eq/Pri	0.93	0.53	1922.1076	749.0966	735.5096	233.6964	698.3718
Eq/Pri	1.01	0.53	1894.0278	752.7198	711.053	199.276	711.9588
Eq/Pri	0.92	0.53	2521.7472	1223.7358	1081.5252	329.7112	684.8572
Eq/Pri	1.02	0.52	1987.3252	827.9012	740.9444	225.5442	689.3138
Eq/Pri	1.10	0.52	2230.9854	968.3002	915.7638	261.7762	692.0312
Eq/Pri	0.99	0.52	2116.8546	856.8868	826.0896	243.6802	699.2776
Eq/Pri	0.93	0.51	1784.426	700.1834	657.6108	180.2542	714.6762
Eq/Pri	1.10	0.51	2432.073	985.5104	976.4524	258.153	700.1834
Eq/Pri	0.93	0.51	2219.21	920.2928	1033.5178	283.5154	645.8354
Eq/Pri	1.02	0.51	1910.3322	718.2994	738.227	200.1818	687.5746
Eq/Pri	0.91	0.50	2102.3618	887.684	871.3796	272.6458	655.7992
Eq/Pri	0.93	0.50	2250.913	974.6408	950.1842	278.0806	629.531
Eq/Pri	0.91	0.49	1995.4774	778.988	808.8794	227.3558	646.7412
Eq/Pri	0.98	0.49	2187.507	951.9958	942.032	283.5154	644.0238
Eq/Pri	0.99	0.49	1839.6798	723.7342	703.8066	209.2398	602.357
Eq/Pri	0.95	0.46	2038.9558	903.0826	863.2274	255.4356	564.3134
Eq/Pri	0.91	0.45	1817.0348	740.9444	725.5458	223.7326	591.4874
Eq/Pri	0.91	0.45	1696.5634	632.2484	663.9514	176.631	583.3352
Eq/Pri	0.91	0.44	2116.8546	900.3652	1029.8946	250.9066	556.1612
Eq/Pri	0.93	0.43	1582.4326	598.7338	628.6252	164.8556	567.0308
Eq/Pri	0.95	0.42	1743.665	761.7778	773.5532	205.6166	499.0958
Eq/Pri	0.91	0.42	1843.303	899.4594	727.3574	211.0514	519.0234
Eq/Pri	0.93	0.41	1767.2158	852.3578	681.1616	201.0876	481.8856
Eq/Pri	0.92	0.40	1538.9542	673.0094	710.1472	186.5948	411.2332

Eq/Pri	0.95	0.37	1451.0916	634.06	616.8498	182.9716	417.5738
Eq/Pri	0.95	0.34	1270.8374	557.9728	535.3278	157.6092	378.6244
Eq/Pri	0.95	0.34	1316.1274	589.6758	538.951	167.573	350.5446
0.9718189		0.76					

			Ponto C			
Vista 2B	Vista 3B	Vista 4B	Vista 1C	Vista 2C	Vista 3C	Vista 4C
1306.1636	1274.4606	515.4002	1342.3956	468.2986	519.0234	423.0086
1279.8954	1218.301	552.538	1411.2364	500.9074	480.9798	384.0592
834.2418	829.7128	398.552	1297.1056	420.2912	441.1246	414.8564
1178.4458	1089.6774	448.371	1257.2504	465.5812	412.139	407.61
615.0382	649.4586	271.74	962.8654	322.4648	3269938	310.6894
894.0246	925.7276	391.3056	1409.4248	472.8276	490.9436	456.5232
954.7132	891.3072	365.9432	1015.4018	389.494	345.1098	336.9576
897.6478	846.923	336.9576	978.264	324.2764	332.4286	288.0444
863.2274	821.5606	426.6318	1278.0838	416.668	477.3566	441.1246
826.0896	807.0678	332.4286	1268.12	445.6536	375.0012	394.9288
884.0608	932.0682	357.791	915.7638	346.0156	338.7692	336.0518
903.0826	978.264	390.3998	980.0756	323.3706	358.6968	298.914
1019.025	1012.6844	406.7042	1328.8086	405.7984	455.6174	336.0518
1009.0612	1018.1192	382.2476	1205.6198	434.784	432.0666	390.3998
729.169	737.3212	352.3562	1130.4384	361.4142	355.9794	386.7786
1034.4236	882.2492	376.8128	1001.8148	355.0736	341.4866	315.2184
866.8506	853.2636	387.6824	1045.2932	319.7474	355.9794	351.4504
797.104	797.104	361.4142	1060.6918	394.023	329.7112	297.1024
786.2344	782.6112	339.675	1198.3734	412.139	411.2332	389.494
856.8868	777.1764	407.61	1050.728	370.4722	398.552	370.4722
671.1978	738.227	330.617	994.5684	341.4866	356.8852	336.9576
603.2628	581.5236	296.1966	877.7202	328.8054	324.2764	326.9938
858.6964	923.916	335.146	1035.3294	363.2258	384.0592	331.5228
787.1402	845.1114	330.617	951.9958	297.1024	349.6388	298.0082
695.6544	722.8284	350.5446	951.09	338.7692	379.5302	344.204
665.763	608.6976	325.1822	935.6914	332.4286	354.1678	303.443
644.9296	641.3064	353.262	1175.7284	353.262	403.9868	356.8852
826.9954	697.466	336.9576	1012.6844	324.2764	328.8054	317.03
712.8646	680.3282	285.327	939.3146	321.559	377.7186	362.32
656.705	662.1398	319.7474	980.0756	320.6532	349.6388	322.4648
640.4006	686.5964	326.088	995.4742	311.5952	346.9214	355.9794
610.5092	638.589	259.0588	947.4668	319.7474	335.146	308.8778
679.35	732.7922	298.0082	968.3002	349.6388	326.9938	318.8416
661.234	650.3644	274.4574	913.9522	327.8996	311.5952	295.2908
595.1106	638.589	255.4356	1041.67	320.6532	336.9576	344.204
703.8066	736.4154	326.088	1127.721	338.7692	344.204	301.6314
698.3718	686.5964	339.675	1212.8662	391.3056	321.559	346.9214
951.9958	853.2636	347.8272	976.4524	365.9432	605.0744	333.3344
634.06	663.9514	269.9284	971.9234	320.6532	328.8054	327.8996
734.8038	762.6836	298.914	959.2422	324.2764	326.9938	316.1242
660.3282	677.5384	307.0662	955.619	320.6532	325.1822	335.146
657.8108	739.1328	290.7618	844.2056	308.8778	318.8416	303.443
747.285	761.7778	306.1604	936.5972	318.8416	300.7256	265.3994
665.763	644.0238	283.5154	1015.4018	290.7618	361.4142	373.1896
669.3862	725.5458	290.7618	900.3652	324.2764	334.2402	282.6096
627.7194	623.1904	270.8342	807.0678	283.5154	289.856	294.365
667.5746	768.1184	304.3486	890.4014	295.2908	338.7692	296.1966
602.357	618.6614	285.327	918.4812	303.443	278.9864	266.2328
898.5536	856.8868	368.6606	942.032	293.4792	371.378	281.7038
689.3138	657.6108	310.6894	932.0682	310.6894	337.8634	315.2184
586.0526	570.654	268.1168	956.5248	286.2328	316.1242	307.0662

853.2636	808.8794	317.03	1019.025	296.1966	348.733	259.9646
591.4874	565.2192	283.5154	967.3944	303.443	306.1604	272.6458
727.3574	797.104	308.8778	835.1476	294.385	309.7836	297.1024
616.8498	578.8062	282.6096	849.6404	280.798	274.4574	293.4792
658.5166	588.77	278.9864	922.1044	285.327	316.1242	297.1024
623.1904	561.596	262.682	849.6404	273.5516	252.7182	257.2472
614.1324	663.9514	285.327	967.3944	291.6676	316.1242	282.6096
558.8786	549.8206	244.566	817.0316	273.5516	293.4792	283.5154
623.1904	658.5166	262.682	861.4158	301.6314	291.6676	272.6458
591.4874	578.8062	272.6458	1057.9744	292.5734	283.5154	290.7618
582.4294	626.8136	287.1386	859.6042	298.914	292.5734	275.3632
589.6758	542.5742	257.2472	807.0678	291.6676	269.0226	275.3632
586.9584	544.3858	241.8486	757.2488	265.3994	278.0806	267.211
585.1468	555.2554	246.3776	818.8432	282.6096	256.3414	277.1748
645.8354	649.4586	265.3994	796.1982	296.1966	273.5516	253.624
759.9662	772.6474	300.7256	817.9374	300.7256	307.972	305.2546
804.3504	782.6112	324.2764	830.6186	298.0082	279.8922	250.9066
508.1538	490.9436	239.1312	754.5314	288.0444	246.3776	278.9864
832.4302	708.3356	339.675	928.445	291.6676	290.7618	235.508
721.9226	749.0966	304.3488	874.097	287.1386	315.2184	240.9428
522.6466	525.364	242.7544	747.285	270.8342	283.5154	300.7256
627.7194	606.886	259.9646	826.9954	283.5154	256.153	279.8922
657.6108	586.0526	239.1312	739.1328	292.5734	291.6676	267.211
525.364	566.125	253.624	802.5388	268.1168	279.8922	250.9066
642.2122	614.1324	262.682	836.9592	317.9358	249.095	234.6022
487.3204	502.719	244.566	707.4298	249.095	269.9284	259.9646
540.7626	510.8712	229.1674	730.0748	250.9066	259.0588	245.4718
739.1328	730.0748	328.8054	821.5806	274.4574	304.3488	277.1748
529.893	512.6828	199.276	691.1254	243.6602	287.1386	278.9864
597.828	561.596	252.7182	730.9806	262.682	249.095	255.4356
626.8136	646.7412	257.2472	825.1838	269.0226	319.7474	277.1748
519.0234	519.0234	244.566	836.9592	285.327	265.3994	259.9646
555.2554	541.6684	226.45	762.6836	282.6096	278.9864	260.8704
736.4154	769.0242	262.682	713.7704	251.8124	252.7182	235.508
547.1032	539.8568	255.4356	704.7124	230.979	247.2834	260.8704
519.9292	518.1176	211.9572	766.3068	267.211	264.4936	271.74
512.6828	567.0308	215.5804	795.2924	257.2472	291.6676	223.7326
480.9798	201.9934	231.8848	729.169	244.566	264.4936	271.74
596.0164	574.2772	242.7544	709.2414	249.095	251.8124	235.508
638.589	624.0962	256.3414	744.5676	269.9284	247.2834	220.1094
549.8206	521.7408	229.1674	701.995	236.4138	269.9284	256.3414
439.313	442.0304	226.45	717.3936	273.5516	246.3776	263.5878
489.132	515.4002	226.45	752.7198	258.153	277.1748	242.7544
499.0958	505.4364	211.9572	786.2344	263.5878	273.5516	246.3776
491.8494	501.8132	231.8848	694.7486	249.095	236.4138	248.1892
596.0164	596.0164	259.9646	760.872	260.8704	259.0588	233.6964
473.7334	538.0452	221.921	705.6182	272.6458	246.3776	269.9284
518.1176	518.1176	208.334	834.2418	278.0806	244.566	246.3776
663.0456	679.35	259.9646	658.5166	224.6384	247.2834	239.1312
561.596	556.1612	249.095	721.9226	269.9284	266.3052	263.5878
520.835	497.2842	213.7688	711.9588	254.5298	259.0588	250.9066
637.6832	596.9222	243.6602	737.3212	273.5516	256.153	211.0514
529.893	496.3784	230.0732	817.0316	250.9066	274.4574	252.7182

570.654	590.5816	248.1892	710.1472	244.566	276.269	229.1674
586.9584	590.5816	250.0008	828.807	269.9284	259.9646	220.1094
552.538	586.0526	231.8848	729.169	240.037	268.3052	224.6384
517.2118	485.5812	241.8488	761.7778	256.3414	259.0588	249.095
579.712	575.183	254.5298	768.1184	247.2834	269.9284	213.7688
527.1756	562.5018	243.8602	853.0818	237.3196	234.6022	240.037
524.4582	490.0378	228.2616	733.698	264.4936	233.6964	206.5224
471.016	488.2262	213.7688	824.0962	241.8486	238.2254	243.6602
518.1176	471.016	232.7906	711.053	248.1892	232.7906	231.8848
429.3492	480.9798	227.3558	748.1908	230.979	240.9428	217.392
568.8424	619.5672	213.7688	788.9518	244.566	277.1748	226.45
521.7408	496.3784	199.276	859.4224	242.7544	235.508	234.6022
492.7552	467.3928	213.7688	862.1398	230.0732	254.5298	241.8486
516.306	493.661	229.1674	851.2702	254.5298	209.2398	218.2978
491.8494	520.835	212.863	895.6544	254.5298	258.153	247.2834
555.2554	598.7338	234.6022	869.3862	225.5442	233.6964	182.9716
579.712	597.828	222.8268	851.2702	247.2834	238.2254	218.2978
430.255	421.197	197.4644	702.9008	247.2834	244.566	259.0588
480.9798	479.1682	212.863	692.937	227.3558	224.6384	221.921
486.4146	563.4076	240.9428	873.9152	220.1094	231.8848	226.45
561.596	625.002	236.4138	634.06	232.7906	249.095	225.5442
475.545	481.8858	209.2398	853.9876	250.0008	242.7544	240.037
554.3496	497.2842	220.1094	858.5166	234.6022	203.805	226.45
518.1176	471.9218	221.0152	882.0674	255.4356	225.5442	247.2834
502.719	513.5888	201.0876	872.1036	237.3196	213.7688	214.6746
445.6536	432.9724	190.218	834.9658	228.2616	510.8712	219.2036
483.6972	478.2624	214.6746	728.2632	237.3196	210.1456	219.2036
496.3784	454.7116	193.8412	881.1616	245.4718	212.863	202.8992
459.2406	469.2044	216.4862	567.0308	203.805	225.5442	212.863
432.0668	552.538	208.334	652.176	211.0514	239.1312	223.7326
480.074	484.8754	182.0658	853.9876	214.6746	214.6746	182.0658
447.4652	442.9362	195.6528	835.8716	209.2398	202.8992	197.4644
574.2772	519.9292	233.6964	849.4586	259.0588	219.2036	212.863
403.081	456.5232	181.16	890.2196	201.9934	235.508	209.2398
465.5812	453.8058	201.0876	706.524	221.0152	244.566	237.3196
492.7552	474.6392	206.5224	805.9802	212.863	214.6746	201.0876
500.9074	441.1246	187.5006	652.176	221.0152	199.276	185.689
497.2842	522.6466	227.3558	892.0312	228.2616	239.1312	211.0514
550.7264	520.835	216.4862	591.4874	226.45	211.9572	214.6746
415.7622	451.9942	198.3702	652.176	211.0514	223.7326	236.4138
451.0884	480.9798	200.1818	810.5092	221.921	218.2978	214.6746
467.3928	474.6392	207.4282	853.9876	226.45	208.334	227.3558
567.9366	567.0308	211.9572	638.589	200.1818	239.1312	208.334
490.0378	475.545	201.9934	827.7194	222.8268	212.863	192.9354
448.371	471.9218	192.0296	814.1324	217.392	240.9428	204.7108
518.1176	486.4146	190.218	580.6178	215.5804	198.3702	181.16
489.132	485.5088	199.276	827.7194	219.2036	213.7688	195.6528
447.4652	470.1102	188.4064	837.6832	209.2398	209.2398	211.9572
490.9436	557.067	216.4862	805.9802	209.2398	216.4862	184.7832
506.3422	518.1176	213.7688	598.7338	181.16	218.2978	179.3484
456.5232	481.8858	195.6528	723.7342	211.0514	238.2254	237.3196
430.255	458.3348	210.1456	550.7264	222.8268	205.6166	191.1238
470.1102	442.0304	201.0876	588.77	200.1818	221.0152	196.5586

485.5088	530.7988	203.805	589.6758	211.9572	194.747	169.3846
480.9798	448.371	196.5586	552.538	195.6528	197.4644	184.7832
524.4582	537.1394	212.863	561.596	201.9934	221.921	155.7976
490.9436	432.9724	211.0514	624.0962	234.6022	210.1456	208.334
442.0304	453.8058	196.5586	605.0744	184.7832	228.2616	206.5224
441.1246	432.9724	207.4282	587.8642	208.334	229.1674	199.276
446.5594	457.429	191.1236	567.0308	192.9354	218.2978	204.7108
474.6392	395.8346	187.5006	651.2702	210.1456	206.5224	194.747
477.3566	510.8712	197.4644	528.0814	197.4644	211.9572	183.8774
570.654	468.2986	175.7252	552.538	216.4862	192.9354	156.7034
493.661	493.661	212.863	519.9292	191.1236	199.276	194.747
428.4434	445.6536	196.5586	530.7988	198.3702	208.334	194.747
417.5738	351.4504	180.2542	567.9366	208.334	205.6166	223.7326
431.1808	394.9288	179.3484	651.2702	226.45	231.8848	201.9934
403.081	451.9942	197.4644	591.4874	212.863	219.2036	197.4644
427.5376	442.0304	182.0658	620.473	221.0152	217.392	203.805
500.9074	486.4146	206.5224	524.4582	195.6528	184.7832	167.573
504.5306	448.371	194.747	586.9584	200.1818	211.0514	188.4064
523.5524	514.4944	192.0296	595.1106	194.747	193.8412	188.4064
445.6536	455.6174	201.9934	552.538	184.7832	201.0876	188.4064
444.7478	441.1246	202.8992	591.4874	228.2616	220.1094	213.7688
422.1028	428.4434	189.3122	600.5454	215.5804	197.4644	182.0658
471.9218	461.8856	193.8412	545.2916	215.5804	201.9934	192.0296
451.0884	408.5158	178.4426	572.4656	183.8774	193.8412	186.5948
399.4578	384.0592	177.5368	598.7338	221.921	193.8412	222.8268
478.2624	499.0958	207.4282	503.6248	186.5948	165.7614	153.0802
440.2188	494.5668	192.0296	510.8712	200.1818	186.5948	186.5948
423.9144	414.8564	176.631	573.3714	192.0296	200.1818	216.4862
424.8202	437.5014	186.5948	597.828	211.9572	176.631	175.7252
484.603	471.9218	187.5006	599.6396	197.4644	212.863	193.8412
412.139	455.6174	189.3122	584.241	211.9572	229.1674	194.747
437.5014	438.4072	174.8194	574.2772	206.5224	201.9934	210.1456
425.726	443.842	166.6672	567.0308	190.218	198.3702	177.5368
415.7622	386.7766	180.2542	529.893	187.5006	183.8774	189.3122
449.2768	403.9868	173.9136	620.473	199.276	168.4788	169.3846
396.7404	389.494	174.8194	569.7482	203.805	186.5948	181.16
467.3928	462.8638	213.7688	598.7338	218.2978	200.1818	183.8774
433.8782	429.3492	208.334	551.6322	189.3122	198.3702	173.0078
510.8712	473.7334	180.2542	575.183	201.0876	190.218	177.5368
397.6462	412.139	166.6672	595.1106	189.3122	206.5224	198.3702
451.9942	407.61	169.3846	519.0234	195.6528	185.689	182.0658
435.6898	444.7478	187.5006	553.4438	190.218	173.9136	182.0658
403.9868	402.1752	157.6092	614.1324	182.0658	201.9934	194.747
383.1534	362.32	173.0078	513.5886	192.9354	166.6672	168.4788
442.9362	421.197	182.0658	596.9222	210.1456	193.8412	215.5804
477.3566	462.8638	171.1962	579.712	170.2904	183.8774	137.6816
396.7404	419.3854	174.8194	604.1686	212.863	204.7108	200.1818
394.023	394.9288	168.4788	579.712	183.8774	191.1236	187.5006
483.6972	418.4796	193.8412	582.4294	206.5224	196.5586	199.276
448.371	501.8132	200.1818	480.074	166.6672	192.0296	154.8918
406.7042	442.9362	197.4644	515.4002	187.5006	198.3702	170.2904
403.9868	391.3056	198.3702	537.1394	185.689	192.9354	171.1962
423.0086	438.4072	175.7252	509.9654	174.8194	186.5948	153.0802

429.3492	427.5376	173.0078	562.5018	188.4064	184.7832	169.3846
425.726	503.6248	184.7832	509.0596	171.1962	189.3122	163.9498
377.7186	413.0448	172.102	548.009	185.689	204.7108	173.0078
401.2694	463.7696	174.8194	513.5886	169.3846	181.16	152.1744
485.5088	415.7622	173.9136	507.248	169.3846	163.9498	154.8918
430.255	413.9506	174.8194	522.8466	177.5368	184.7832	163.044
422.1028	404.8926	182.0658	563.4076	188.4064	176.631	163.044
397.6462	370.4722	170.2904	514.4944	185.689	188.4064	192.9354
441.1246	433.8782	185.689	521.7408	183.8774	171.1962	150.3628
395.8346	385.8708	173.9136	484.603	181.16	183.8774	173.0078
425.726	417.5738	187.5006	481.8856	157.6092	177.5368	153.0802
415.7622	378.6244	165.7614	487.3204	170.2904	187.5006	165.7614
448.371	394.9288	173.0078	533.5162	173.9136	163.044	131.341
412.139	396.7404	164.8556	476.4508	172.102	175.7252	163.9498
366.849	404.8926	168.4788	465.5812	173.9136	174.8194	171.1962
386.7766	398.552	167.573	552.538	173.9136	184.7832	175.7252
395.8346	393.1172	175.7252	523.5524	172.102	195.6528	176.631
385.8708	401.2694	173.9136	458.3348	168.4788	178.4426	156.7034
424.8202	373.1896	152.1744	495.4726	172.102	161.2324	155.7976
415.7622	389.494	171.1962	507.248	159.4208	151.2686	144.0222
375.907	373.1896	158.515	567.9366	182.0658	207.4282	175.7252
467.3928	401.2694	172.102	489.132	175.7252	174.8194	150.3628
419.3854	417.5738	168.4788	479.1682	150.3628	176.631	163.044
386.7766	365.9432	169.3846	470.1102	162.1382	164.8556	153.0802
390.3998	417.5738	174.8194	514.4944	172.102	175.7252	169.3846
384.965	398.552	154.8918	538.0452	157.6092	206.5224	163.9498
386.7766	394.9288	167.573	511.777	192.0296	198.3702	194.747
400.3636	353.262	167.573	528.9872	198.3702	201.9934	201.0876
390.3998	341.4866	174.8194	450.1826	163.9498	168.4788	149.457
389.494	406.7042	180.2542	491.8494	183.8774	182.0658	177.5368
403.081	407.61	159.4208	474.6392	165.7614	178.4426	162.1382
427.5376	433.8782	149.457	519.0234	170.2904	169.3846	140.399
400.3636	405.7984	162.1382	498.19	163.9498	158.515	144.0222
377.7186	381.3418	163.9498	526.2698	163.9498	187.5006	147.6454
404.8926	393.1172	178.4426	507.248	175.7252	171.1962	148.5512
375.907	431.1608	164.8556	509.9654	176.631	163.044	144.928
376.8128	376.8128	162.1382	483.6972	177.5368	164.8556	180.2542
378.6244	372.2838	152.1744	448.371	138.5874	144.928	130.4352
375.0012	433.8782	145.8338	483.6972	153.986	176.631	113.225
346.0156	379.5302	158.515	553.4438	176.631	173.9136	163.9498
405.7984	383.1534	168.4788	455.6174	174.8194	160.3266	154.8918
419.3854	398.552	181.16	470.1102	162.1382	180.2542	140.399
375.907	390.3998	161.2324	485.5088	193.8412	171.1962	158.515
373.1896	348.733	151.2686	474.6392	162.1382	177.5368	163.9498
396.7404	341.4866	151.2686	424.8202	157.6092	143.1164	148.5512
384.965	350.5446	129.5294	491.8494	177.5368	161.2324	153.0802
370.4722	383.1534	176.631	454.7116	152.1744	171.1962	152.1744
349.6388	387.6824	164.8556	444.7478	151.2686	168.4788	144.928
347.8272	383.1534	144.928	414.8564	136.7758	156.7034	137.6616
380.5084	355.9794	165.7614	617.7556	186.5948	206.5224	202.8992
364.1316	350.5446	149.457	395.8346	163.044	156.7034	141.3048
346.0156	346.9214	149.457	503.6248	150.3628	157.6092	130.4352
356.8852	380.5084	157.6092	452.9	144.0222	167.573	148.5512

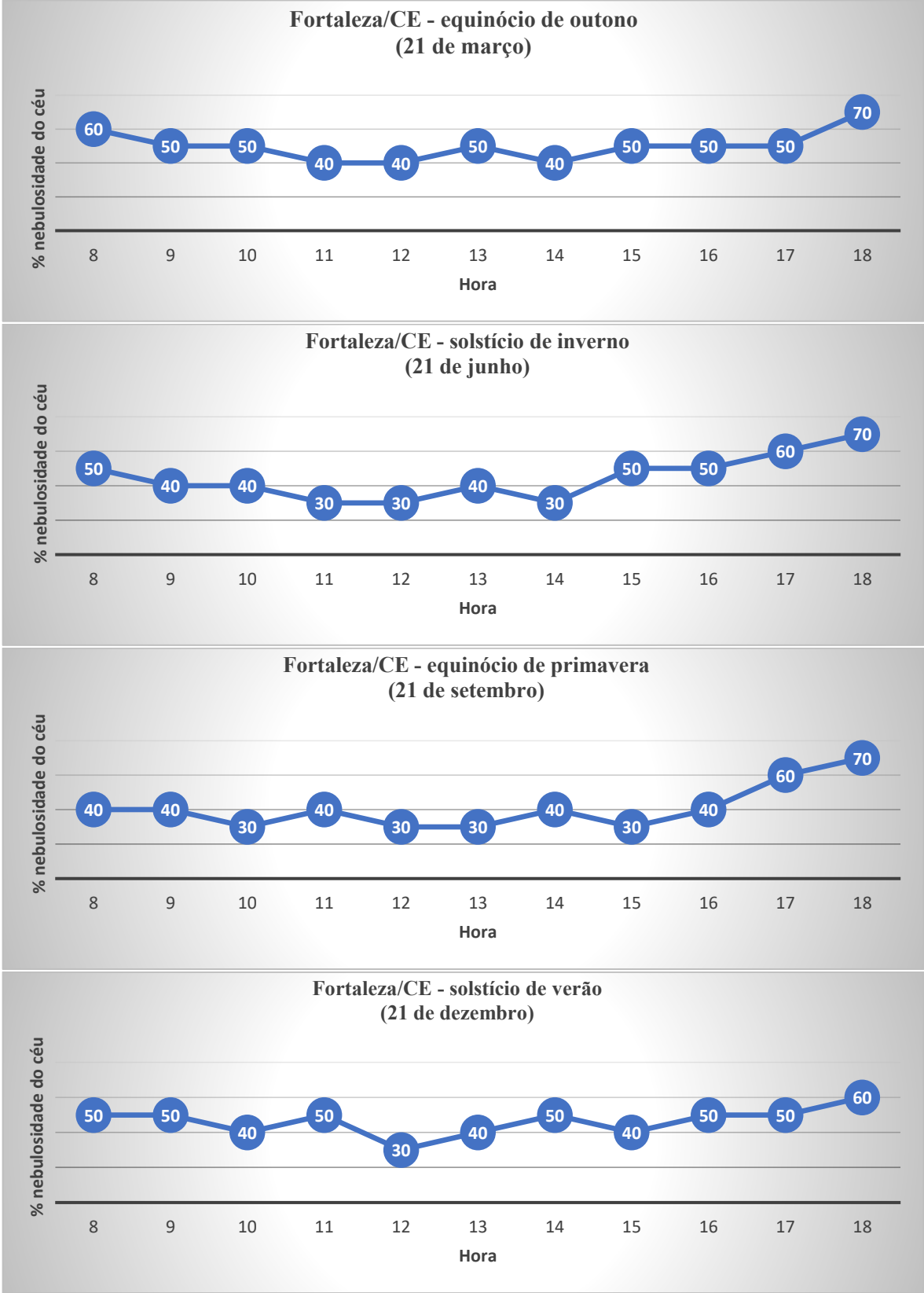
359.6026	375.0012	147.6454	545.2916	176.631	182.9716	153.0802
342.3924	388.5882	150.3628	407.61	151.2686	166.6672	134.9642
336.9576	347.8272	142.2106	422.1028	152.1744	167.573	146.7396
350.5446	326.086	156.7034	486.4146	187.5006	161.2324	159.4208
349.6388	356.8852	139.4932	426.6318	140.399	172.102	149.457
346.0156	347.8272	158.515	460.1464	153.0802	166.6672	159.4208
349.6388	337.8634	163.044	477.3566	193.8412	174.8194	173.0078
327.8996	340.5808	144.928	429.3492	137.6816	153.986	143.1164
366.849	366.849	143.1164	417.5738	144.928	147.6454 NA	
367.7548	346.0156	130.4352	384.0592	140.399	149.457	127.7178
332.4286	361.4142	143.1164	415.7622	144.0222	130.4352	134.0584
319.7474	317.03	147.6454	463.7696	151.2686	150.3628	138.5874
366.7766	343.2982	157.6092	441.1246	172.102	162.1382	153.986
366.849	343.2982	157.6092	426.6318	151.2686	151.2686	153.986
327.8996	350.5446	144.928	397.6462	158.515	143.1164	126.812
325.1822	361.4142	159.4208	405.7984	151.2686	155.7976	138.5874
294.385	345.1096	150.3628	434.784	147.6454	176.631	144.0222
349.6388	355.9794	144.0222	396.7404	149.457	153.0802	136.7758
346.9214	314.3126	135.67	444.7478	144.0222	137.6816	131.341
310.6894	334.2402	139.4932	380.436	141.3048	137.6816	144.928
362.32	331.5226	130.4352	376.6128	145.8338	125.9062	123.1888
324.2764	318.8416	134.9642	421.197	145.8338	154.8918	129.5294
319.7474	341.4866	151.2686	516.306	168.4788	169.3846	153.986
324.2764	298.914	146.7396	400.3636	134.0584	161.2324	137.6816
308.8778	336.9576	119.5656	383.1534	129.5294	130.4352	120.4714
348.733	307.0662	145.8338	392.2114	139.4932	124.0946	137.6816
340.5808	323.3706	118.6596	466.487	148.5512	154.8918	134.0584
317.9358	324.2764	137.6816	407.61	134.0584	130.4352	137.6816
323.3706	309.7836	134.9642	408.5158	149.457	131.341	134.0584
312.501	280.796	122.283	410.3274	154.8918	134.0584	130.4352
336.0518	366.849	134.9642	443.842	149.457	146.7396	125.0004
281.7038	309.7836	121.3772	422.1028	124.0946	143.1164	111.4134
290.7618	298.914	117.754	372.2838	115.9424	127.7178	124.0946
295.2908	296.1966	132.2468	375.907	137.6816	134.0584	131.341
317.9358	320.6532	122.283	420.2912	143.1164	138.5874	108.696
319.7474	304.3488	137.6816	394.023	124.0946	132.2468	108.696
297.1024	328.8054	134.0584	370.4722	121.3772	135.87	125.9062
293.4792	289.856	130.4352	394.023	126.812	129.5294	115.0366
303.443	285.327	125.9062	359.6026	135.87	131.341	126.812
308.8778	321.559	125.0004	365.9432	122.283	127.7178	112.3192
277.1748	318.8416	130.4352	383.1534	134.9642	147.6454	147.6454
288.9502	273.5516	124.0946	386.7766	142.2106	125.0004	128.6236
289.856	303.443	139.4932	337.8634	125.9062	124.0946	134.0584
288.0444	295.2908	133.1526	355.9794	125.0004	125.0004	109.6018
261.7762	259.9646	115.9424	365.9432	129.5294	134.9642	130.4352
303.443	282.6096	132.2468	460.1464	160.3266	146.7396	96.9206
290.7618	271.74	136.7758	371.378	138.5874	133.1526	119.5656
326.9938	277.1748	134.9642	326.088	133.1526	115.9424	122.283
301.6314	292.5734	126.812	359.6026	127.7178	129.5294	121.3772
293.4792	277.1748	117.754	336.9576	119.5656	118.6598	102.3554
305.2546	298.0082	113.225	343.2982	105.9786	134.9642	103.2612
294.385	269.9284	117.754	353.262	137.6816	117.754	114.1308
292.5734	263.5878	105.9786	342.3924	121.3772	132.2468	107.7902

289.856	286.2328	117.754	340.5808	115.0366	140.399	113.225
282.6096	307.972	122.283	315.2184	121.3772	111.4134	114.1308
249.095	286.2328	106.8844	375.0012	108.696	113.225	94.2032
269.9284	251.8124	115.0366	361.4142	128.6236	119.5656	123.1888
272.6458	305.2546	91.4858	329.7112	105.0728	120.4714	98.7322
275.3632	288.9502	113.225	336.0518	122.283	123.1888	108.696
263.5878	276.269	128.6236	342.3924	112.3192	133.1526	105.9786
309.7836	281.7038	100.5438	307.0662	108.696	102.3554	97.8264
274.4574	269.9284	108.696	315.2184	110.5076	106.8844	95.109
259.0588	278.0806	122.283	308.8778	115.0366	92.3916	93.2974
219.2036	241.8486	118.6598	332.4286	122.283	125.9062	130.4352
317.9358	268.1168	113.225	282.6096	113.225	106.8844	116.8482
262.682	252.7182	114.1308	310.6894	115.9424	113.225	108.696
254.5298	269.9284	94.2032	311.5952	93.2974	107.7902	83.3336
269.0226	260.8704	115.9424	299.8198	109.6018	102.3554	105.0728
258.153	258.153	105.0728	291.6676	102.3554	108.696	85.1452
237.3196	298.914	102.3554	292.5734	91.4858	104.167	87.8626
272.6458	240.9428	105.9786	294.385	104.167	94.2032	94.2032
220.1094	248.1892	112.3192	335.146	121.3772	128.6236	128.6236
260.8704	265.3994	98.7322	283.5154	96.0148	103.2612	82.4278
244.566	252.7182	94.2032	275.3632	105.9786	97.8264	86.9568
245.4718	263.5878	108.696	290.7618	96.0148	105.0728	80.6162
231.8848	226.45	107.7902	300.7256	99.638	105.0728	105.0728
254.5298	252.7182	102.3554	276.269	98.7322	93.2974	96.9206
234.6022	239.1312	97.8264	254.5298	96.0148	96.9206	88.7684
253.624	228.2616	102.3554	302.5372	109.6018	105.9786	101.4496
261.7782	216.4862	100.5438	293.4792	105.0728	112.3192	76.0872
225.5442	238.2254	95.109	323.3706	102.3554	116.8482	102.3554
247.2834	235.508	107.7902	307.972	126.812	116.8482	114.1308
204.7108	233.6964	96.9206	336.9576	101.4496	100.5438	92.3916
227.3558	226.45	113.225	318.8416	109.6018	112.3192	112.3192
218.2978	244.566	96.0148	194.747	81.522	104.167	85.1452
223.7326	225.5442	94.2032	288.0444	106.8844	102.3554	103.2612
220.1094	219.2036	94.2032	290.7618	95.109	94.2032	93.2974
224.6384	251.8124	107.7902	300.7256	106.8844	107.7902	92.3916
218.2978	200.1818	92.3916	322.4648	112.3192	111.4134	110.5076
205.6166	251.8124	108.696	284.4212	102.3554	97.8264	90.58
246.3776	219.2036	94.2032	241.8486	95.109	92.3916	92.3916
215.5804	211.9572	86.051	296.1966	114.1308	105.0728	111.4134
212.863	230.979	97.8264	271.74	96.0148	95.109	93.2974
226.45	212.863	96.9206	233.6964	82.4278	82.4278	67.935
207.4282	221.0152	92.3916	277.1748	95.109	96.9206	97.8264
219.2036	226.45	83.3336	275.3632	87.8626	102.3554	84.2394
205.6166	200.1818	93.2974	248.1892	96.9206	91.4858	89.6742
197.4644	194.747	76.993	223.7326	82.4278	73.3698	78.8046
186.5948	194.747	74.2756	249.095	76.993	87.8626	82.4278
185.689	176.631	78.8046	255.4356	87.8626	80.6162	87.8626
201.9934	197.4644	85.1452	222.8268	80.6162	76.993	51.6306
174.8194	173.9136	77.8988	247.2834	94.2032	83.3336	81.522
178.4426	173.0078	76.993	182.9716	61.5944	75.1814	60.6886
173.0078	189.3122	76.0872	196.5586	82.4278	75.1814	82.4278
153.986	170.2904	68.8406	183.8774	60.6886	64.3118	55.2538
134.9642	142.2106	54.348	183.8774	55.2538	59.7828	50.7248

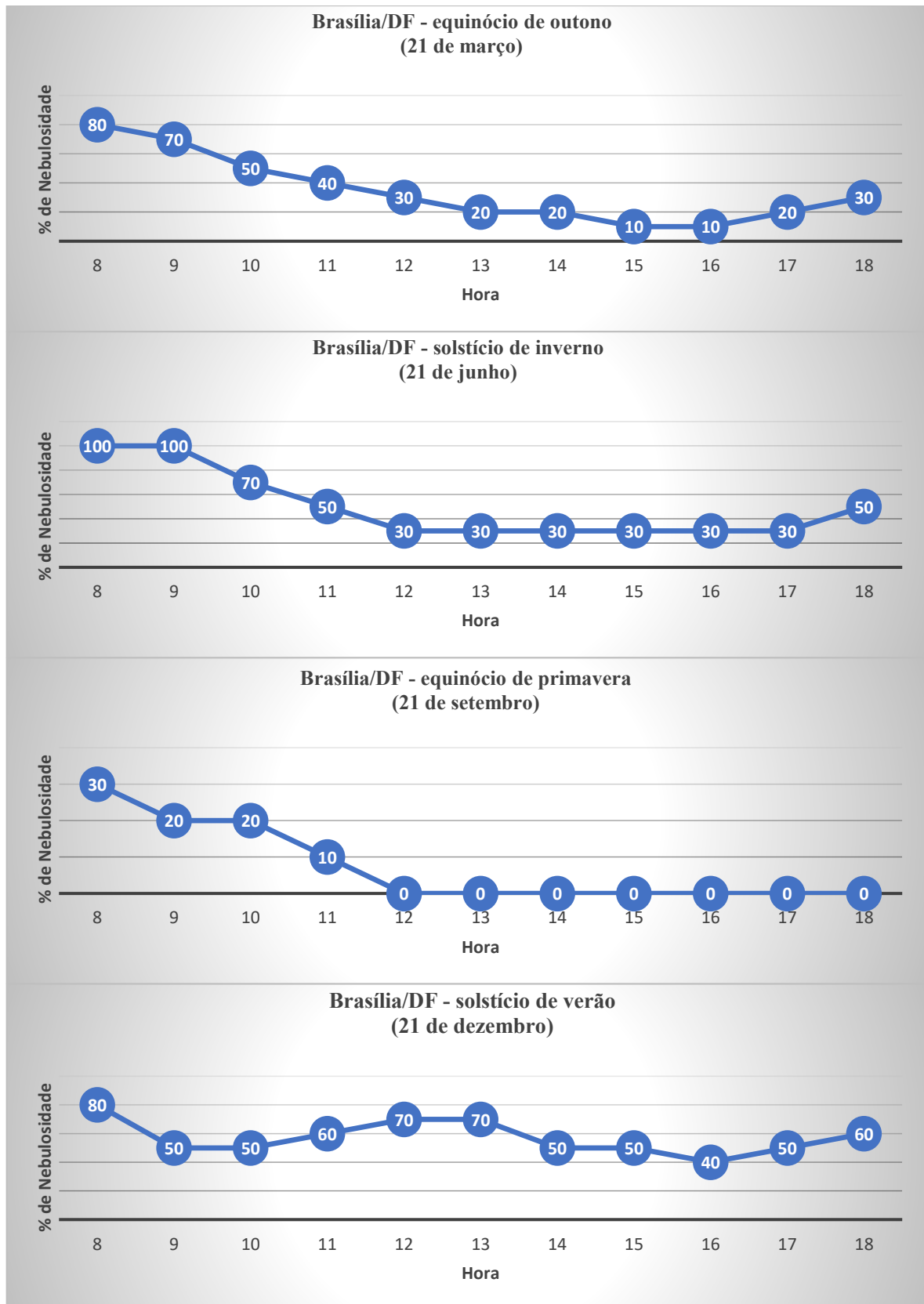
134.9642	138.5874	56.1596	159.4208	49.819	56.1596	42.5726
123.1888	121.3772	53.4422	141.3048	45.29	48.9132	43.4784
118.6598	119.5656	52.5364	127.7178	49.819	44.3842	43.4784

APÊNDICE F: GRÁFICO DE NEBULOSIDADE DAS CIDADES SELECIONADAS

Nebulosidade, solstícios e equinócios de Fortaleza/CE

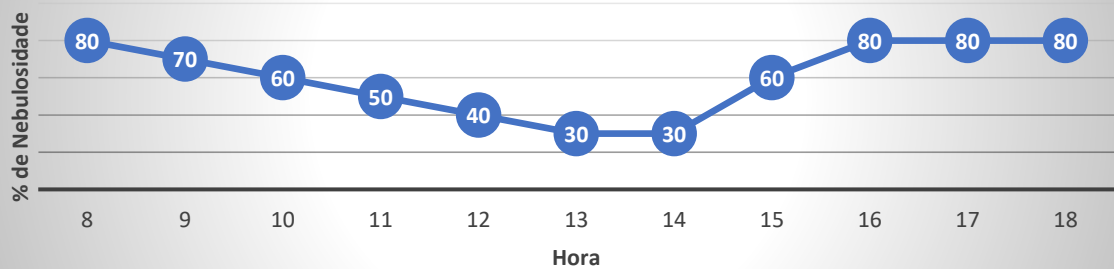


Nebulosidade, solstícios e equinócios de Brasília/DF

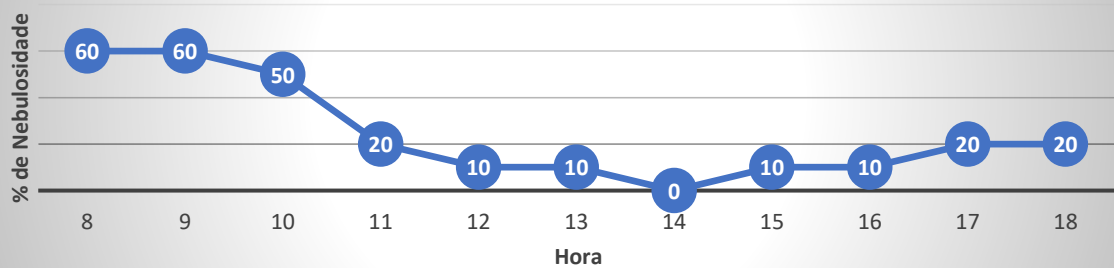


Nebulosidade, solstícios e equinócios de Curitiba/PR

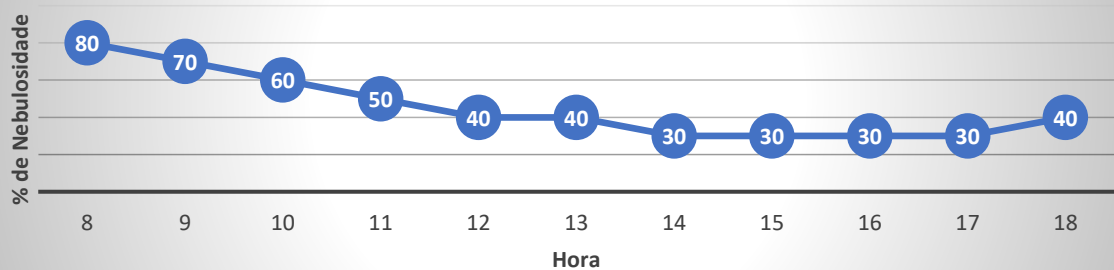
Curitiba/PR - equinócio de outono
(21 de março)



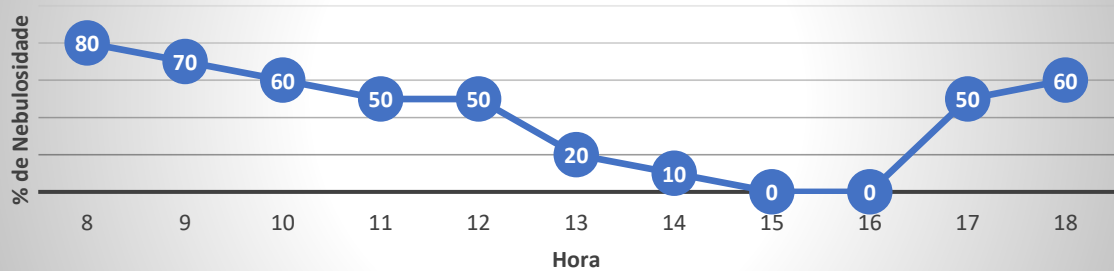
Curitiba/PR - solstício de inverno
(21 de junho)



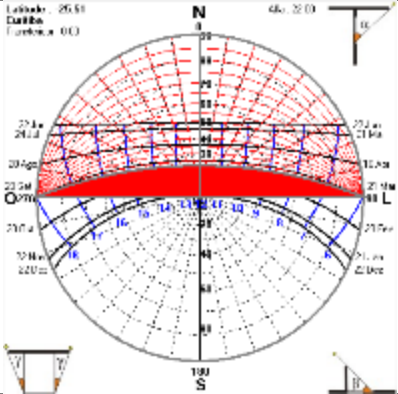
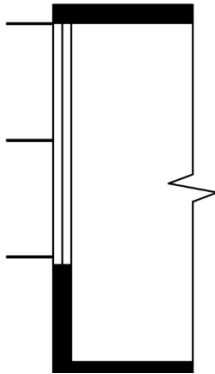
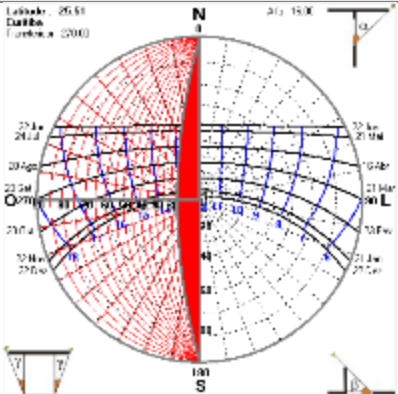
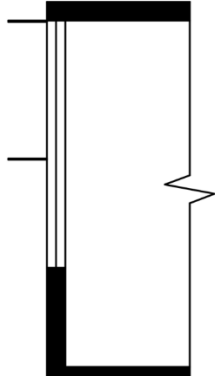
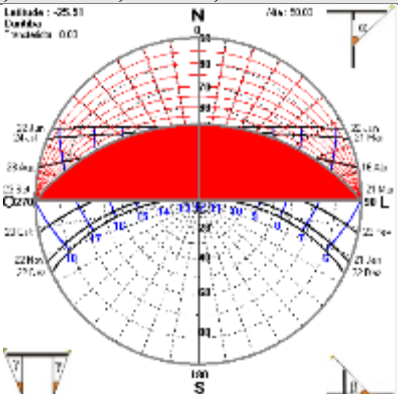
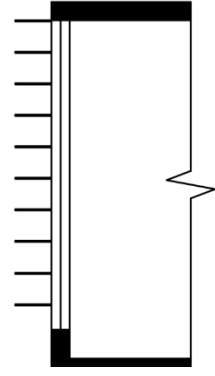
Curitiba/PR - equinócio de primavera
(21 de setembro)



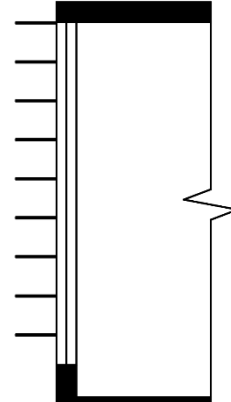
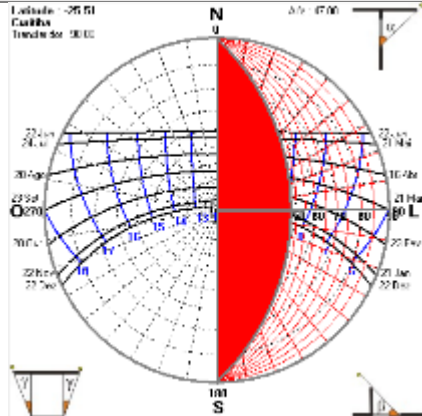
Curitiba/PR - solstício de verão
(21 de dezembro)



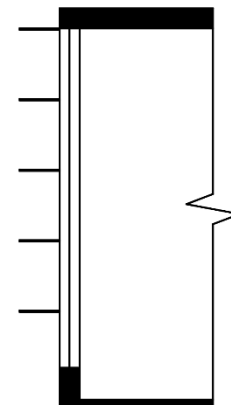
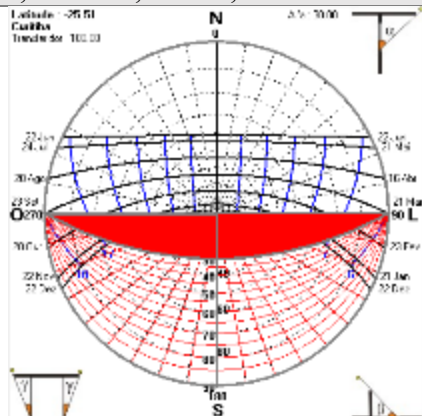
APÊNDICE G: BRISES

CURITIBA (25,429°S)	
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Norte	Ângulo α (interno): 22°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 95cm Tamanho das aletas: 38cm
	
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Oeste	Ângulo α (interno): 16°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 110cm Tamanho das aletas: 31cm
	
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Norte	Ângulo α (interno): 50°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 25cm Tamanho das aletas: 30cm
	
CURITIBA (-25,429°)	

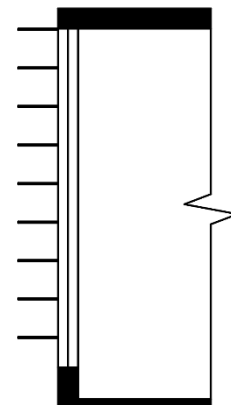
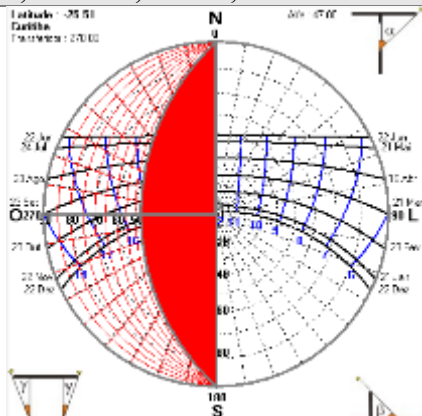
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Leste	Ângulo α (interno): 47°
Refletância/cor parede:	Espaçamento entre aletas: 28cm
Branca, 77.80%, M/P 0,97	Tamanho das aletas: 30cm



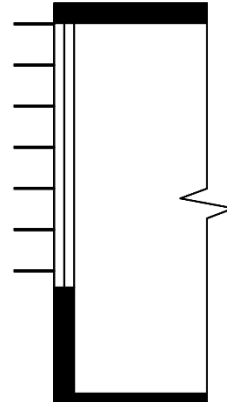
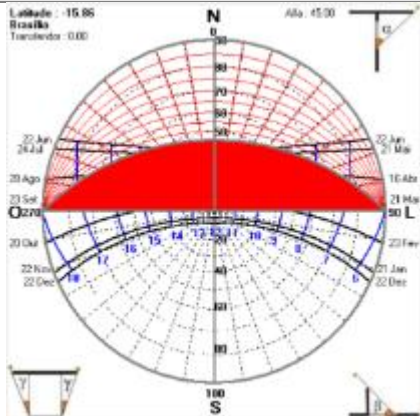
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Sul	Ângulo α (interno): 30°
Refletância/cor parede:	Espaçamento entre aletas: 52cm
Branca, 77.80%, M/P 0,97	Tamanho das aletas: 30cm



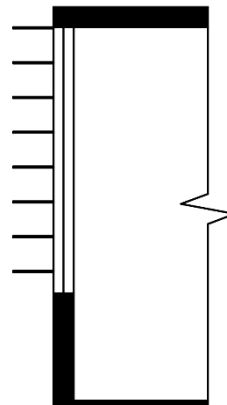
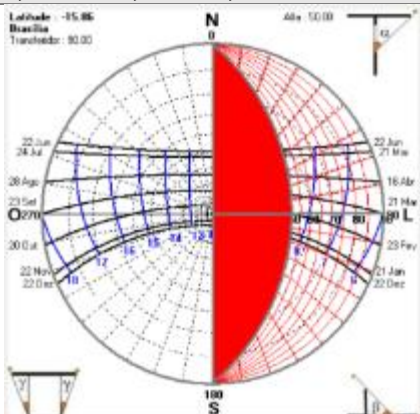
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Oeste	Ângulo α (interno): 47°
Refletância/cor parede:	Espaçamento entre aletas: 28cm
Branca, 77.80%, M/P 0,97	Tamanho das aletas: 30cm



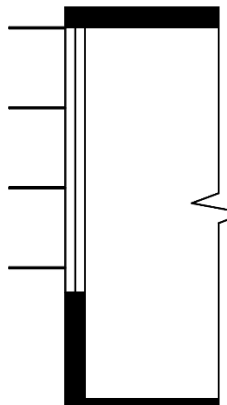
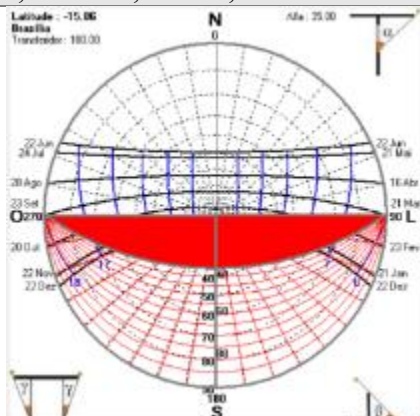
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Norte	Ângulo α (interno): 45°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 30cm
	Tamanho das aletas: 30cm



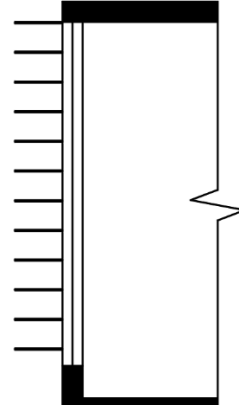
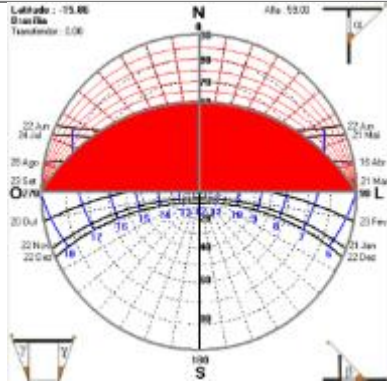
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Leste	Ângulo α (interno): 50°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 52cm
	Tamanho das aletas: 30cm



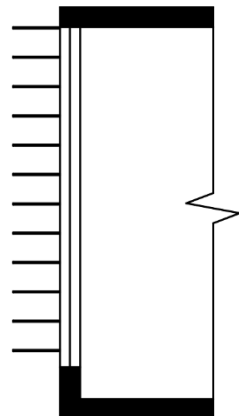
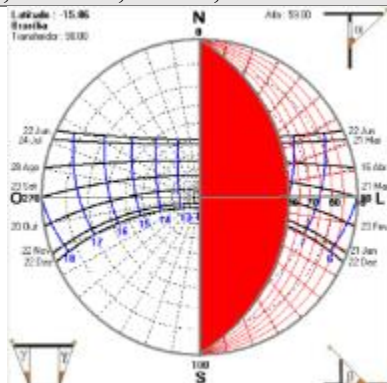
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Sul	Ângulo α (interno): 35°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 59cm
	Tamanho das aletas: 42cm



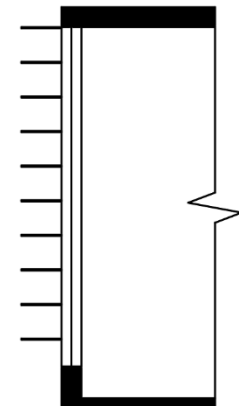
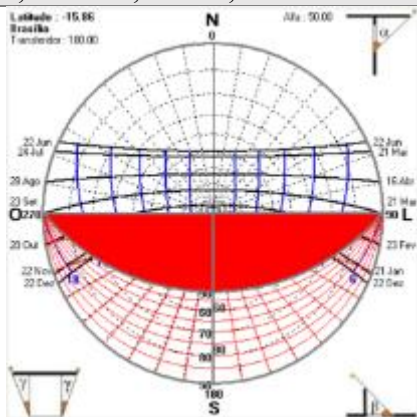
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Norte	Ângulo α (interno): 59°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm
	Tamanho das aletas: 35cm



PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Leste	Ângulo α (interno): 59°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm
	Tamanho das aletas: 35cm

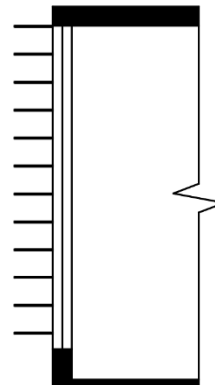
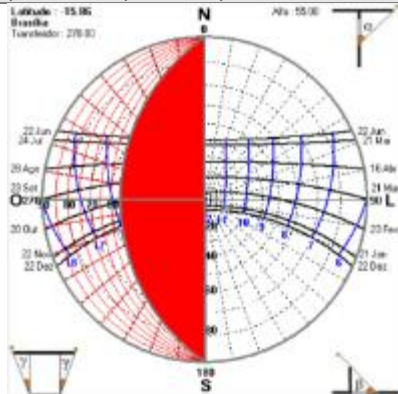


PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Sul	Ângulo α (interno): 50°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 25cm
	Tamanho das aletas: 30cm

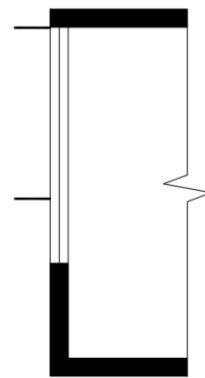
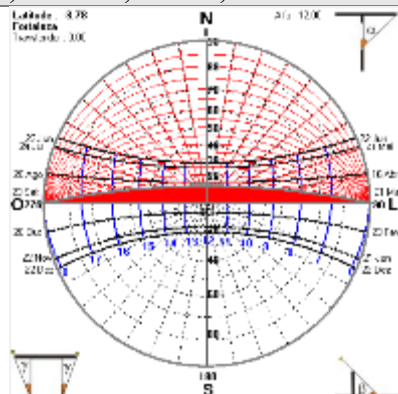


BRASÍLIA (15,78°S)	Vidro: incolor, Tvis 63°
PAF 80%	

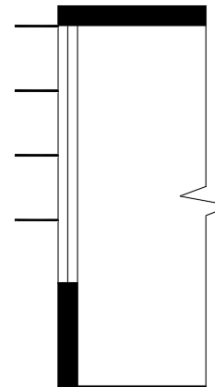
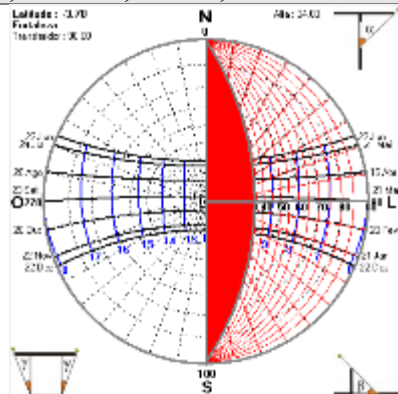
Fachada: Oeste	Ângulo α (interno): 55°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm Tamanho das aletas: 30cm



FORTALEZA (-3,718°S)	
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Norte	Ângulo α (interno): 12°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 143cm Tamanho das aletas: 30cm

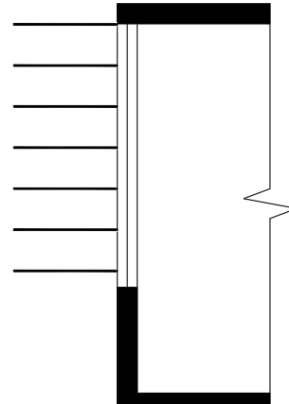
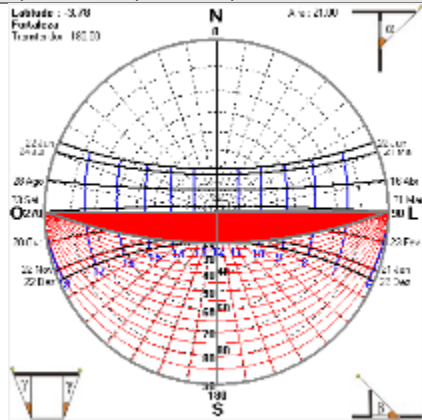


PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Leste	Ângulo α (interno): 34°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 49cm Tamanho das aletas: 33cm

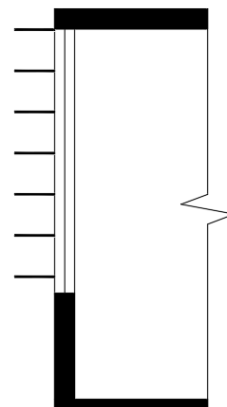
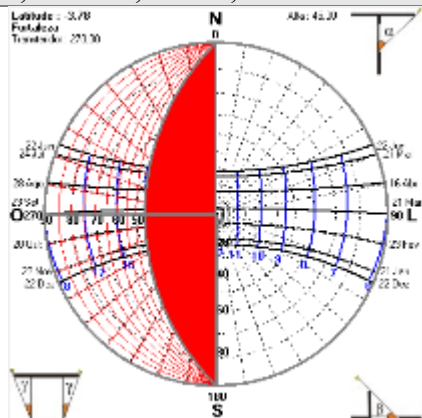


FORTALEZA (-3,718°S)	
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°

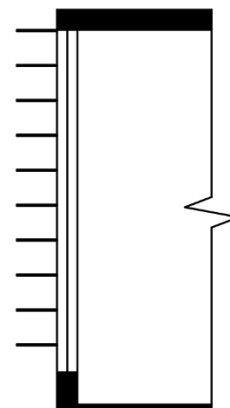
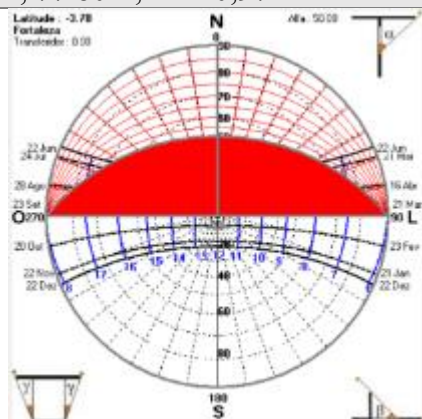
Fachada: Sul	Ângulo α (interno): 21°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 35cm Tamanho das aletas: 60cm



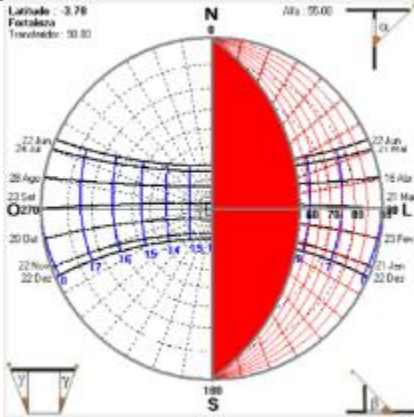
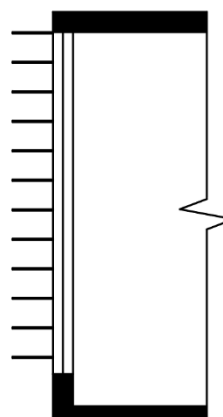
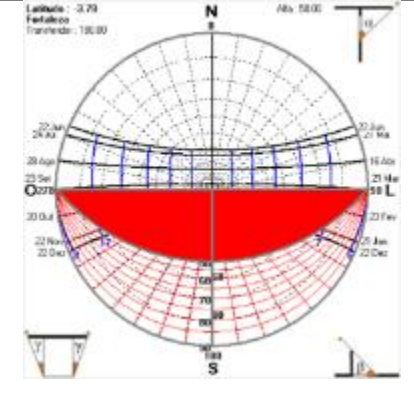
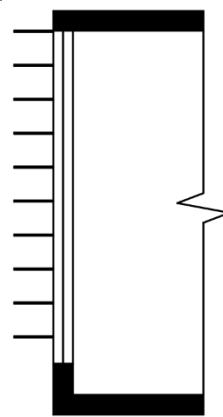
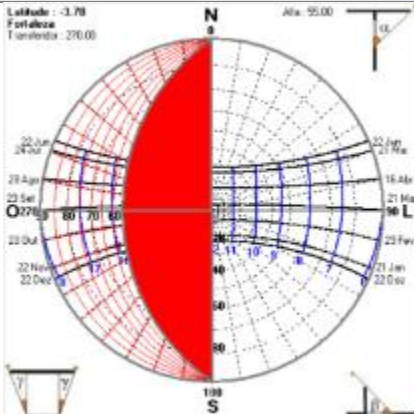
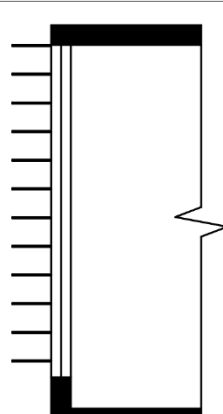
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Oeste	Ângulo α (interno): 45°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 30cm Tamanho das aletas: 30cm



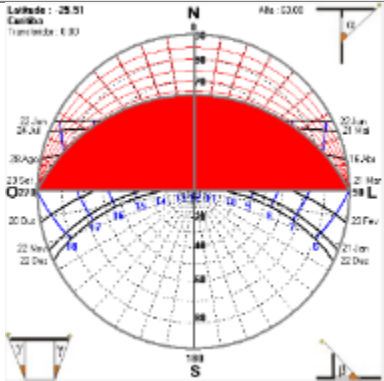
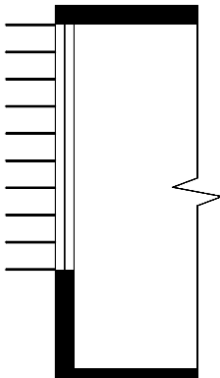
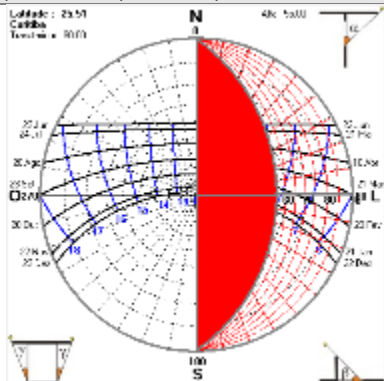
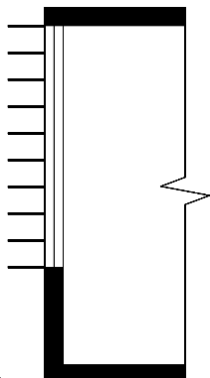
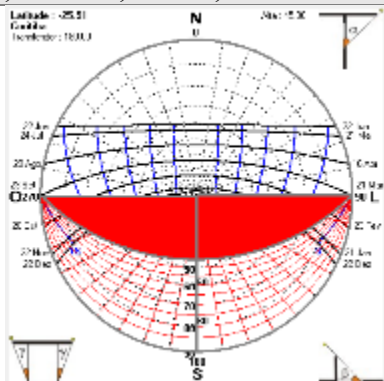
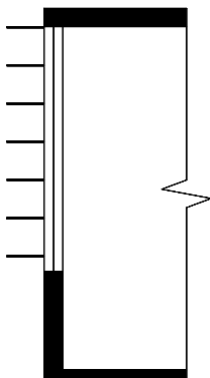
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Norte	Ângulo α (interno): 50°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 25cm Tamanho das aletas: 30cm



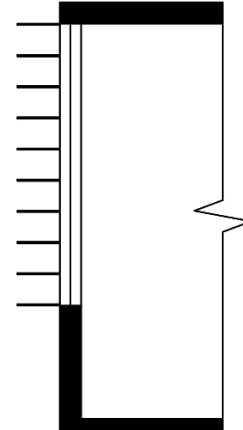
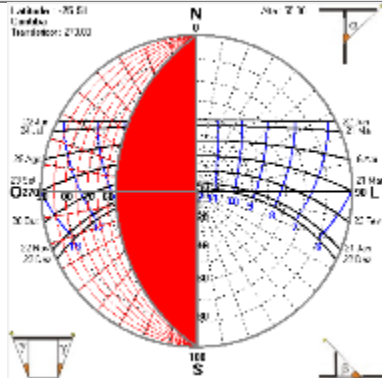
FORTALEZA (-3,718°S)	Vidro: incolor, Tvis 63°
PAF 80%	

Fachada: Leste	Ângulo α (interno): 55°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm Tamanho das aletas: 30cm
	
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Sul	Ângulo α (interno): 50°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 25cm Tamanho das aletas: 30cm
	
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 63°
Fachada: Oeste	Ângulo α (interno): 55°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm Tamanho das aletas: 30cm
	

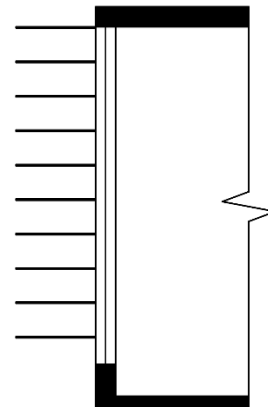
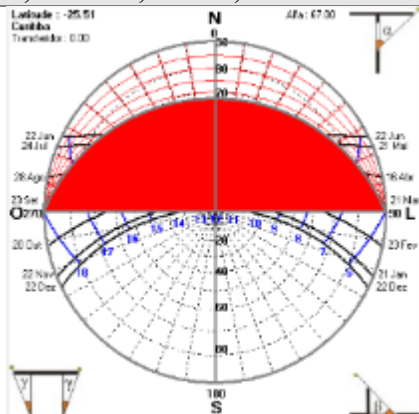
BSAS - parede branca e brise OTIMIZADO e vidro original 2025

CURITIBA (-25,429°)	
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 85°
Fachada: Norte	Ângulo α (interno): 63°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm Tamanho das aletas: 40cm
	
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 85°
Fachada: Leste	Ângulo α (interno): 55°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm Tamanho das aletas: 30cm
	
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 85°
Fachada: Sul	Ângulo α (interno): 45°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 30cm Tamanho das aletas: 30cm
	
CURITIBA (-25,429°)	

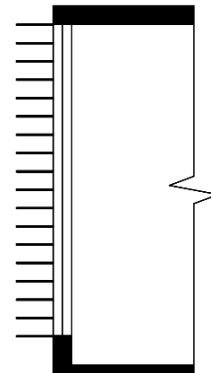
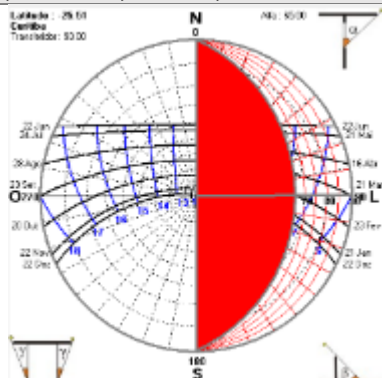
PAF 60%	Vidro: incolor, Tvis 85°
Fachada: Oeste	Ângulo α (interno): 55°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm
	Tamanho das aletas: 30cm



PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 85°
Fachada: Norte	Ângulo α (interno): 67°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 25cm
	Tamanho das aletas: 60cm

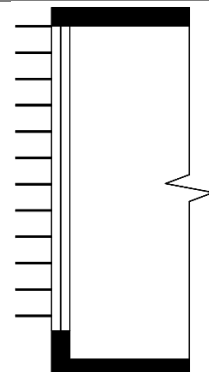
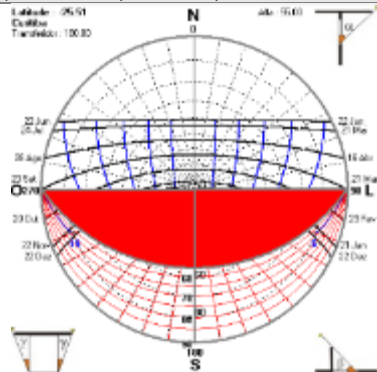


PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 85°
Fachada: Leste	Ângulo α (interno): 65°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 14cm
	Tamanho das aletas: 30cm

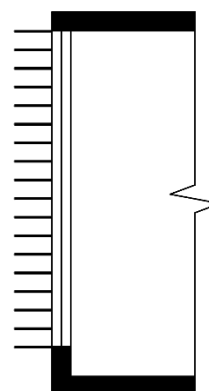
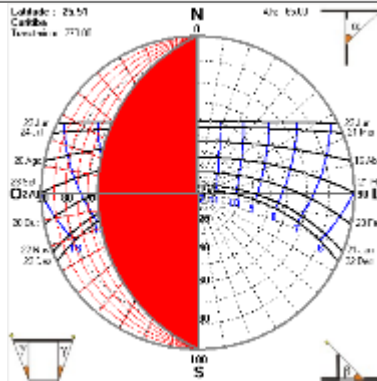


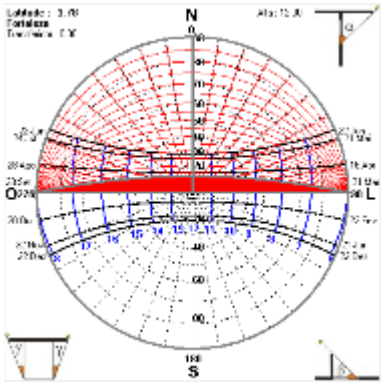
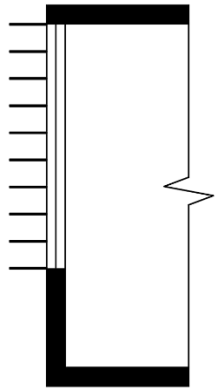
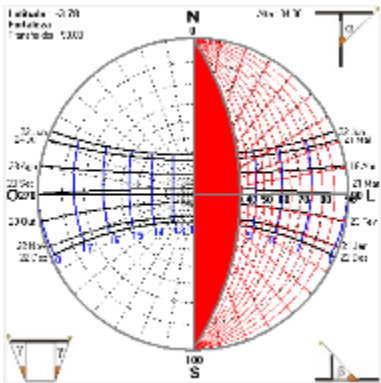
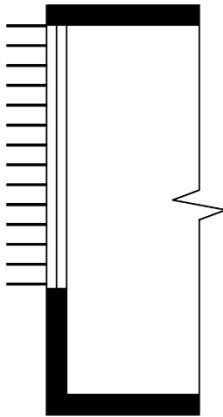
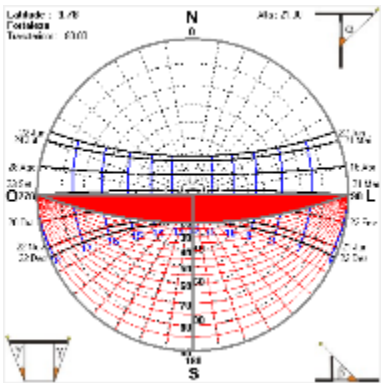
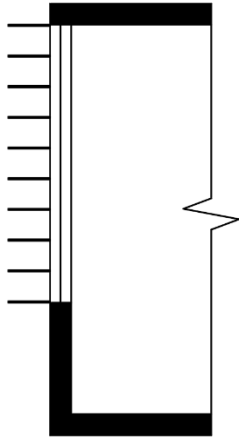
PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 85°
----------------	---------------------------------

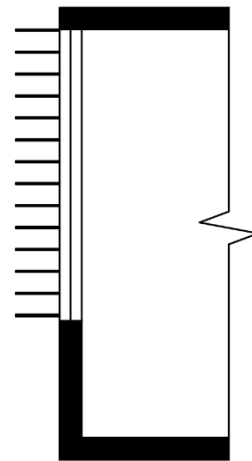
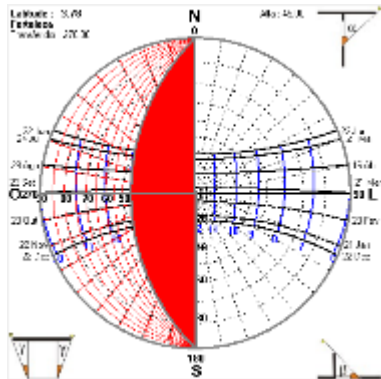
Fachada: Sul	Ângulo α (interno): 55°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 21cm Tamanho das aletas: 30cm



PAF 80%	Vidro: incolor, Tvis 85°
Fachada: Oeste	Ângulo α (interno): 65°
Refletância/cor parede: Branca, 77.80%, M/P 0,97	Espaçamento entre aletas: 14cm Tamanho das aletas: 30cm



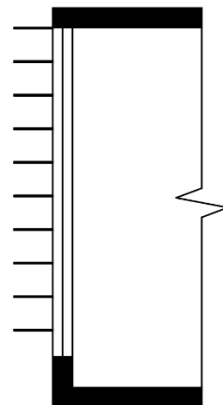
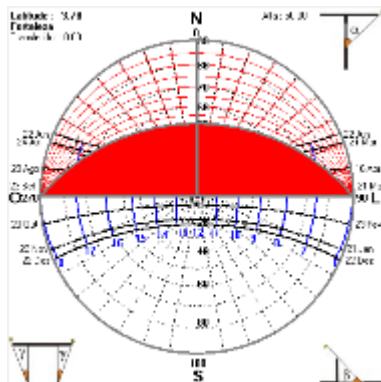
FORTALEZA (-3,718°S)	
PAF 60%	
FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 12	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 21cm</p>
FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 34	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 14cm</p>
FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 21	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 21cm</p>
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 45	



Aletas com 30cm
Espaçamento de 14cm

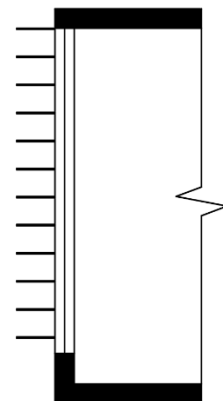
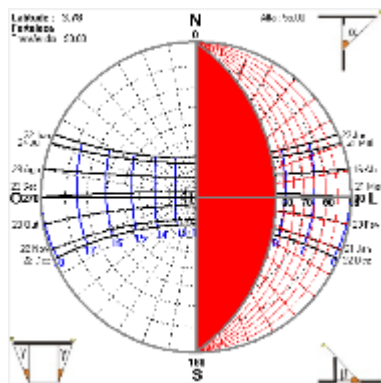
PAF 80%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 50



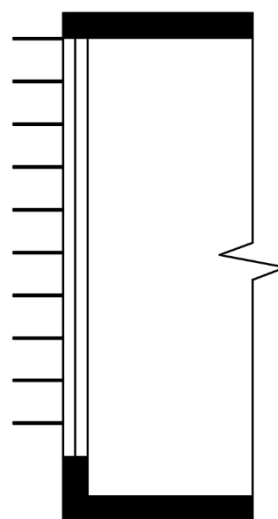
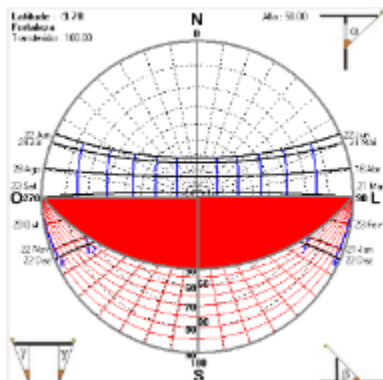
Aletas com 30cm
Espaçamento de 25cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55



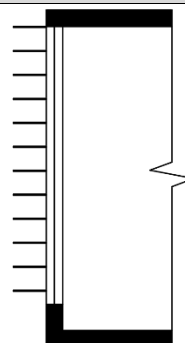
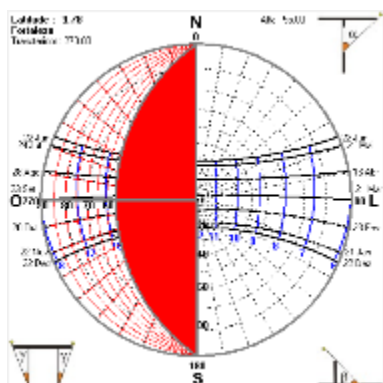
Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 50



Aletas com 30cm
Espaçamento de 25cm

FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55

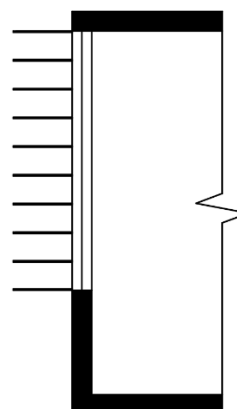
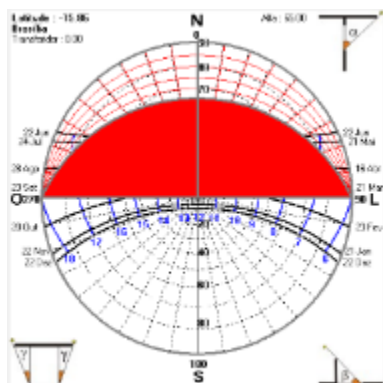


Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

BRASÍLIA

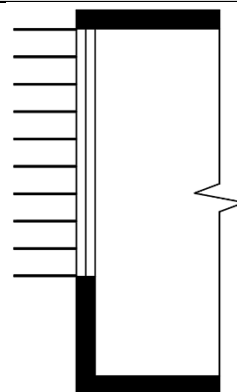
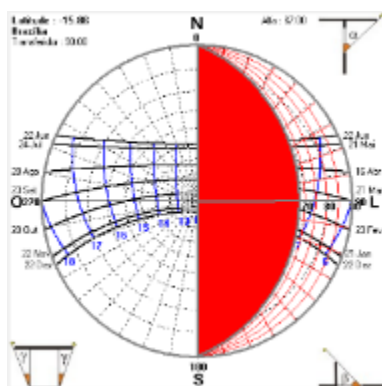
PAF 60%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 65



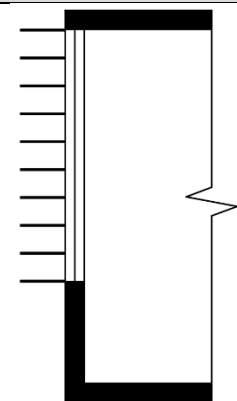
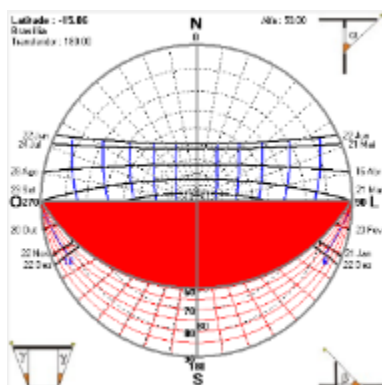
Aletas com 45cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 67



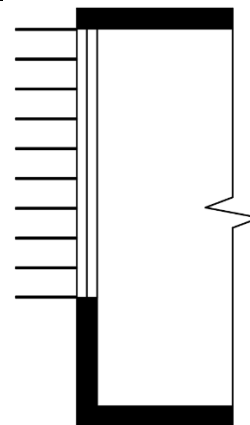
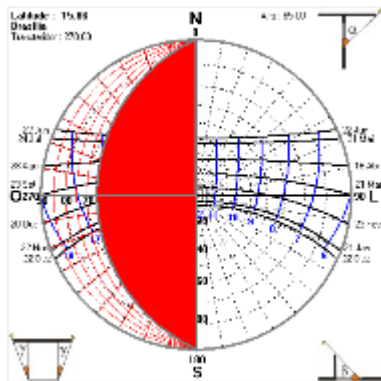
Aletas com 50cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 59



Aletas com 35cm
Espaçamento de 21cm

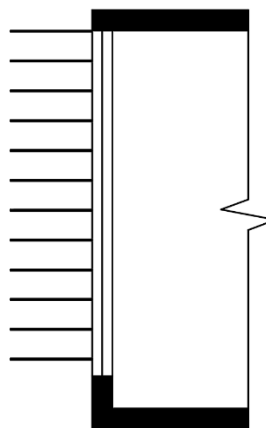
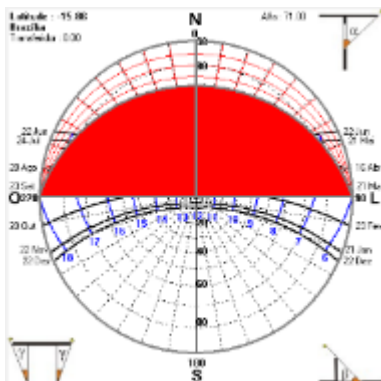
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 65



Aletas com 45cm
Espaçamento de 21cm

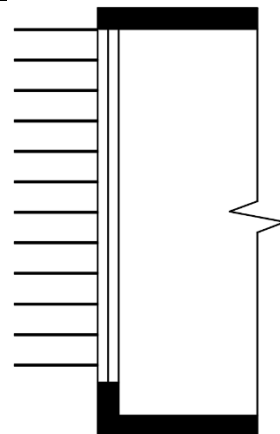
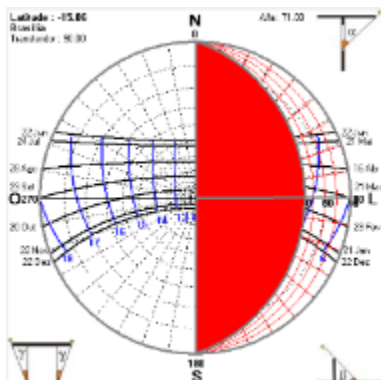
PAF 80%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 71



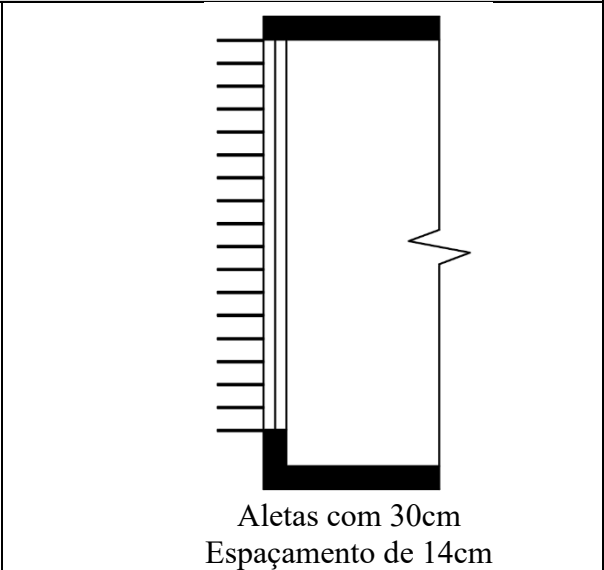
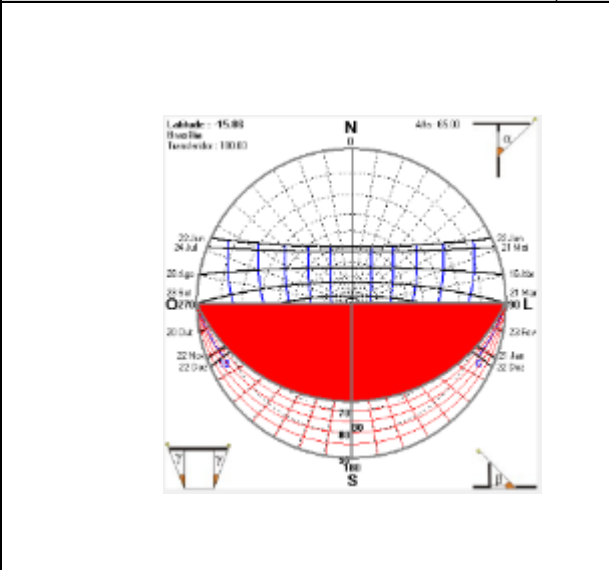
Aletas com 60cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 71



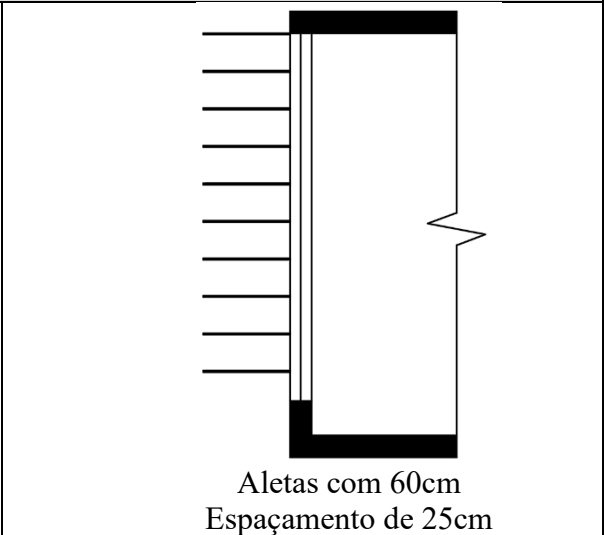
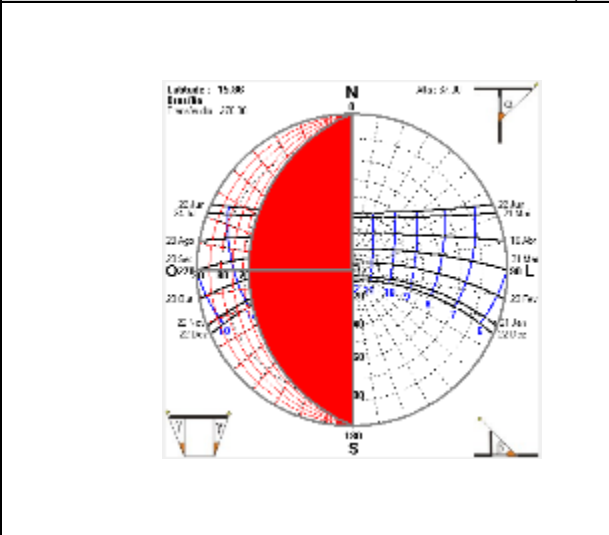
Aletas com 60cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 65

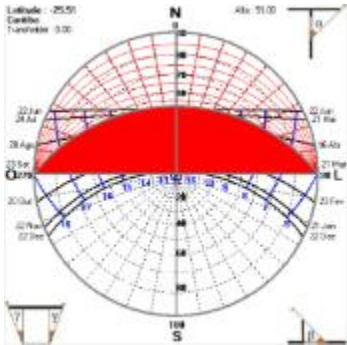
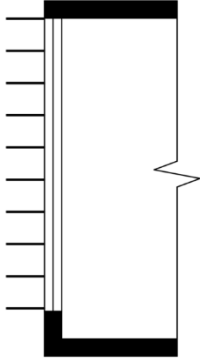
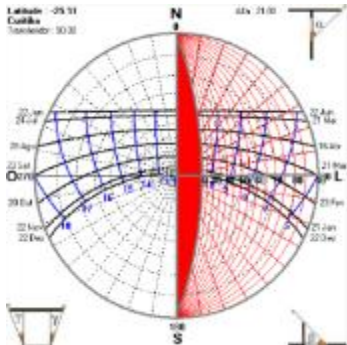
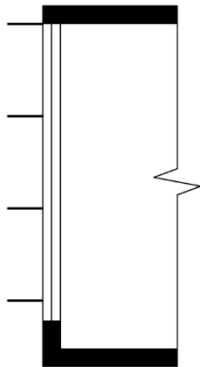
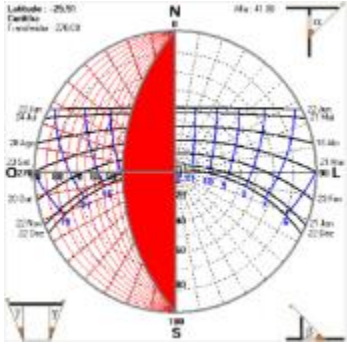
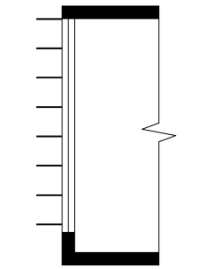


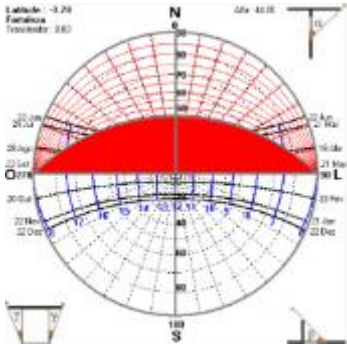
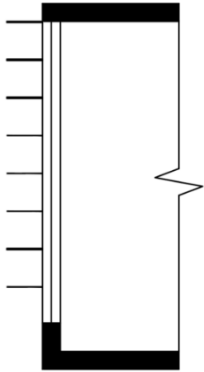
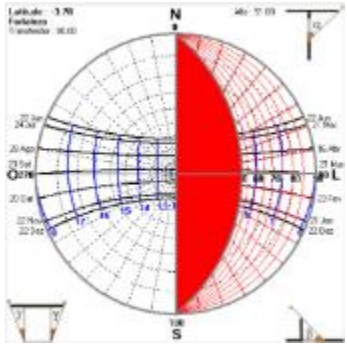
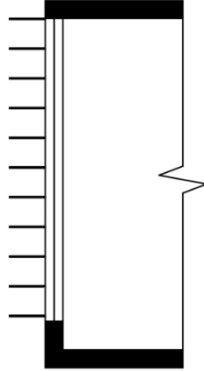
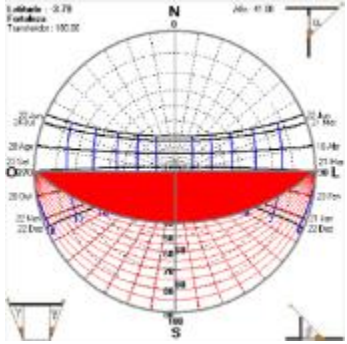
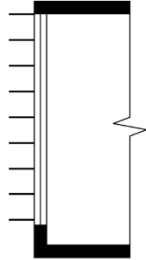
NGULO ALFA INTERNO: 67

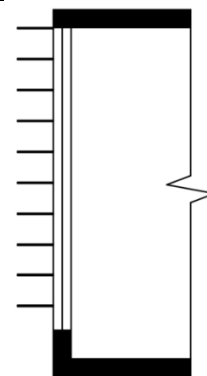
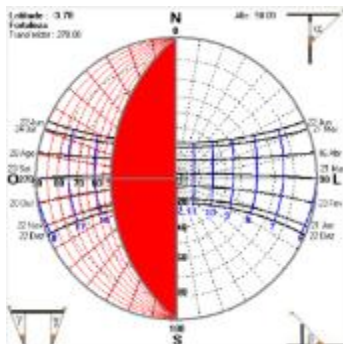
FACHADA: OESTE ÂNGULO ALFA INTERNO: 67



BSAS - parede AZUL com brise OTIMIZADO e VIDRO 63% 2025

CURITIBA (-25,429°)	
PAF 80%	
FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 51	
	 <p>Aletas com 33cm Espaçamento de 27cm</p>
FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 21	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 78cm</p>
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 41	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 34cm</p>

PAF 80%	
FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 44	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 31cm</p>
FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 51	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 24cm</p>
FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 41	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 30cm</p>
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 50	

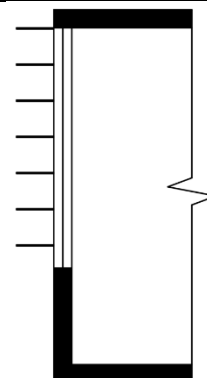
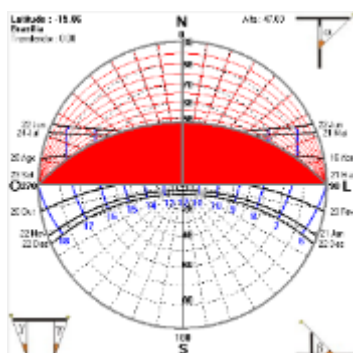


Aletas com 30cm
Espaçamento de 25cm

BRASÍLIA

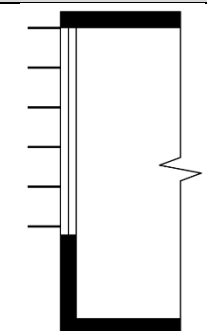
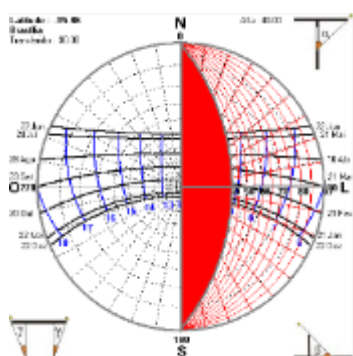
PAF 60%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 47



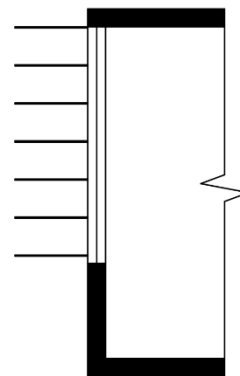
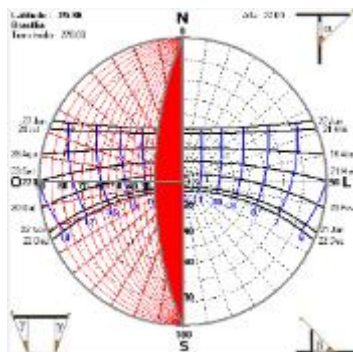
Aletas com 31cm
Espaçamento de 29cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 40



Aletas com 31cm
Espaçamento de 37cm

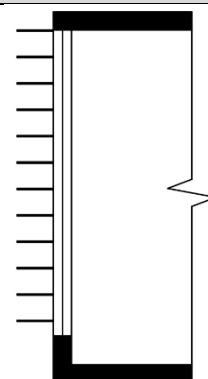
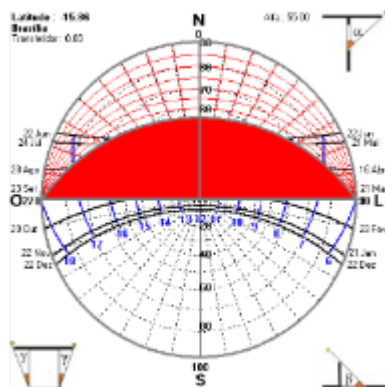
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 22



Aletas com 61cm
Espaçamento de 31cm

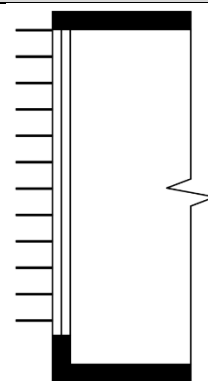
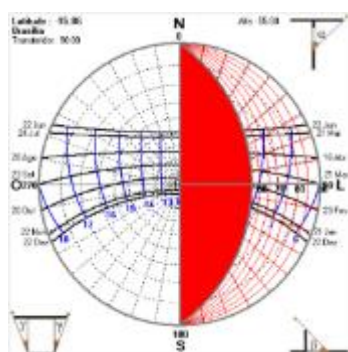
PAF 80%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55



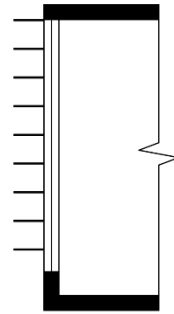
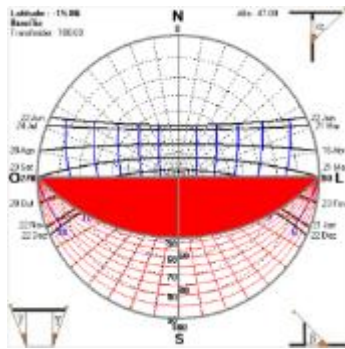
Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55



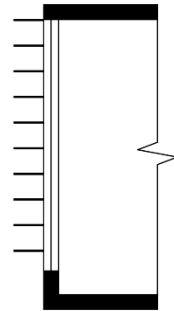
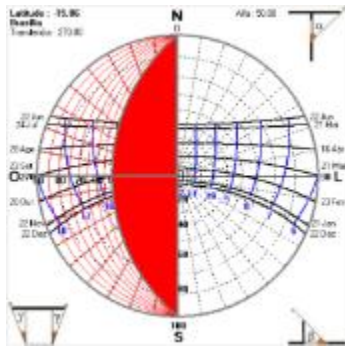
Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 47



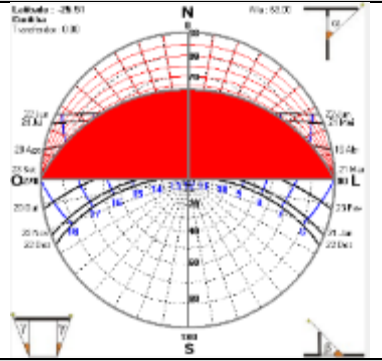
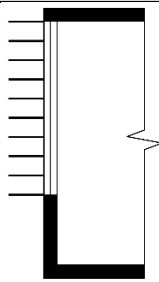
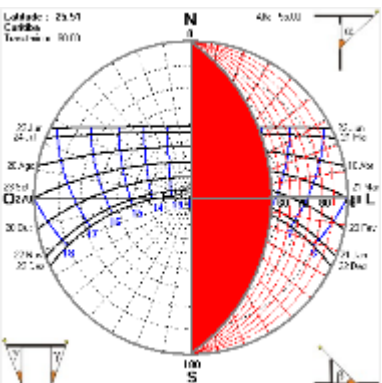
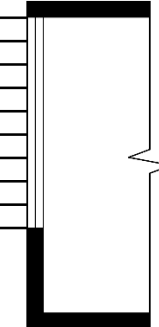
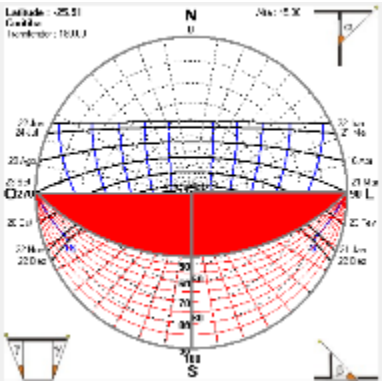
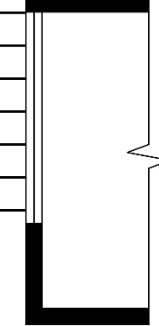
Aletas com 30cm
Espaçamento de 28cm

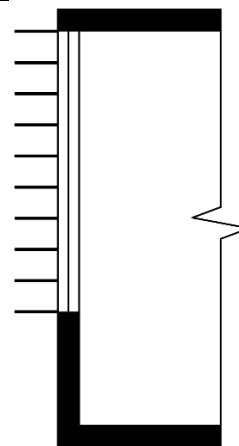
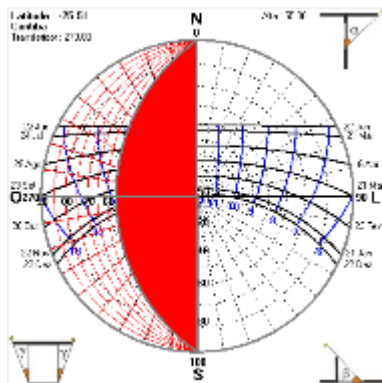
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 50



Aletas com 30cm
Espaçamento de 25cm

BSAS - parede branca e brise OTIMIZADO e vidro original 2025

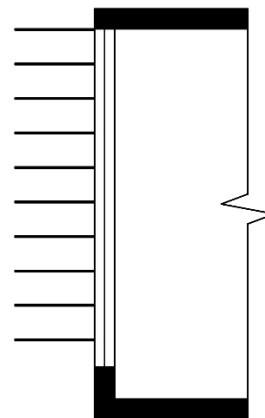
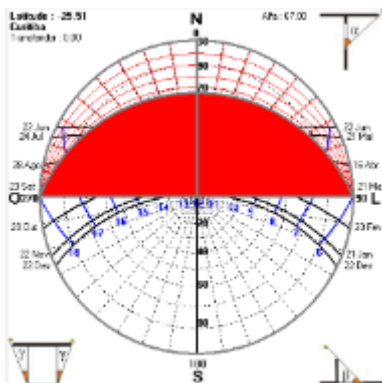
CURITIBA (-25,429°)	
PAF 60%	
FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 63	
	 <p>Aletas com 40cm Espaçamento de 21cm</p>
FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 21cm</p>
FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 45	
	 <p>Aletas com 30cm Espaçamento de 30cm</p>
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55	



Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

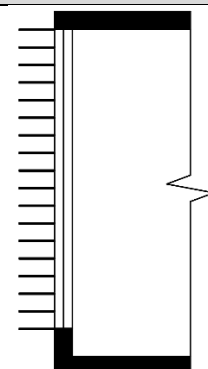
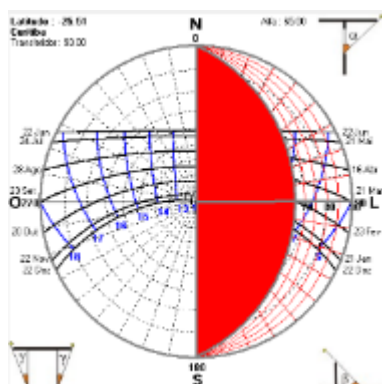
PAF 80%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 67



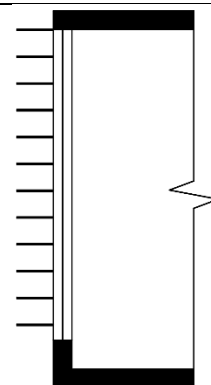
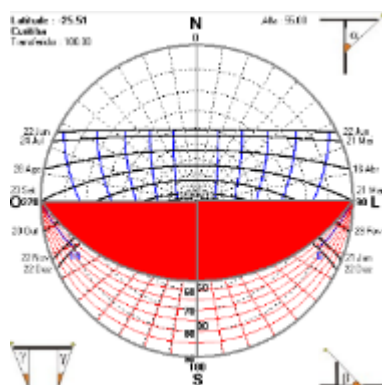
Aletas com 60cm
Espaçamento de 25cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 65



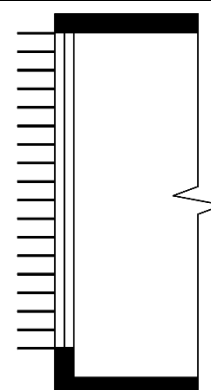
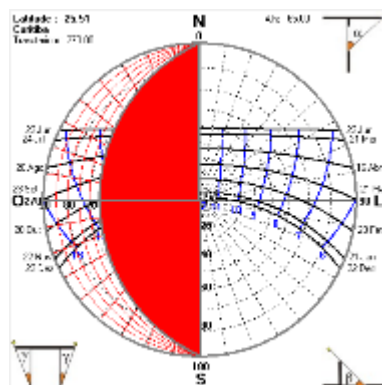
Aletas com 30cm
Espaçamento de 14cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55



Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 65

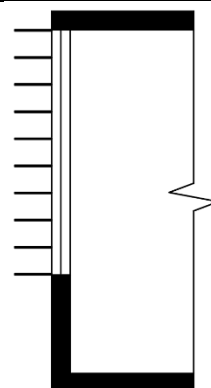
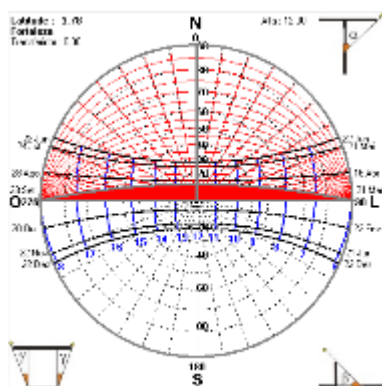


Aletas com 30cm
Espaçamento de 14cm

FORTALEZA (-3,718°S)

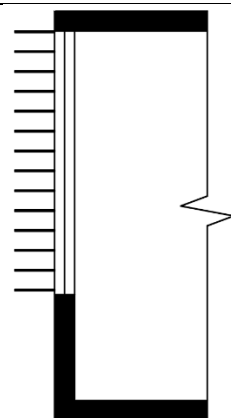
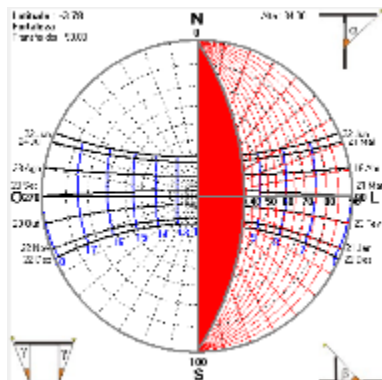
PAF 60%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 12



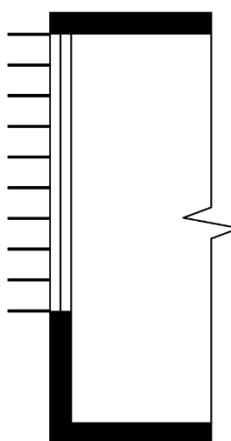
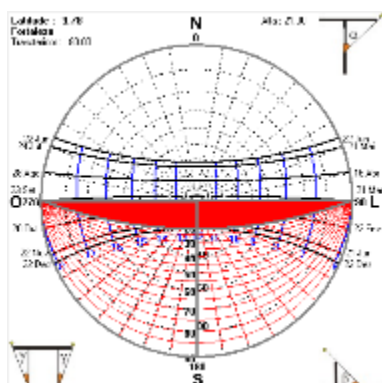
Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 34



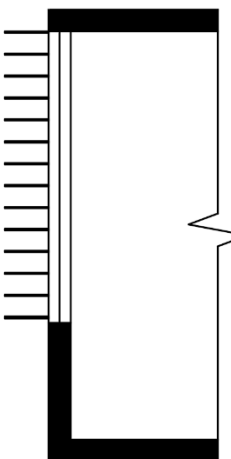
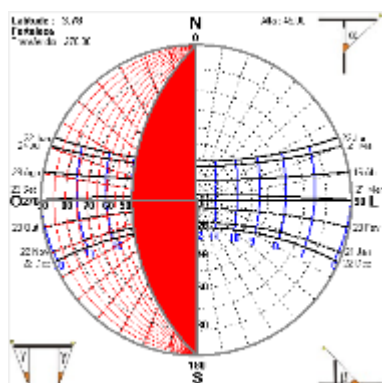
Aletas com 30cm
Espaçamento de 14cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 21



Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

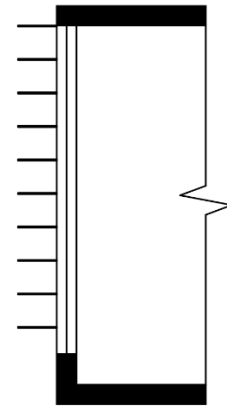
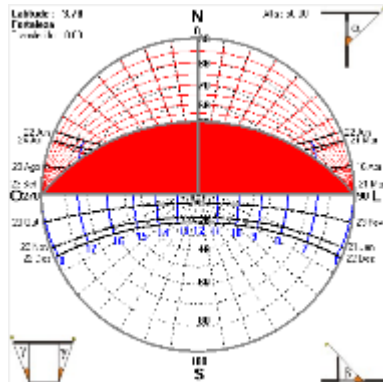
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 45



Aletas com 30cm
Espaçamento de 14cm

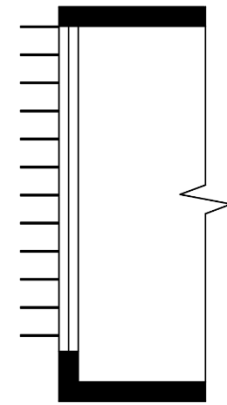
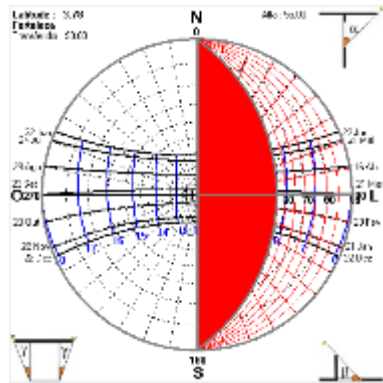
PAF 80%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 50



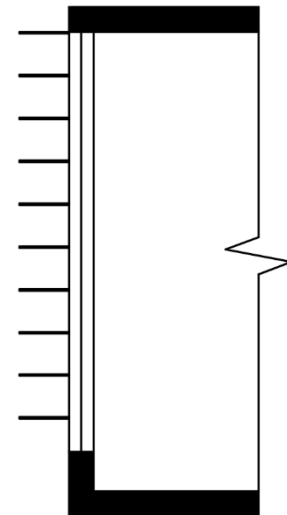
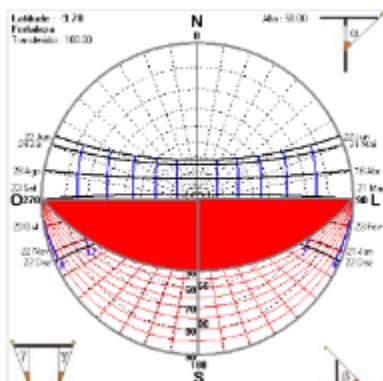
Aletas com 30cm
Espaçamento de 25cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55



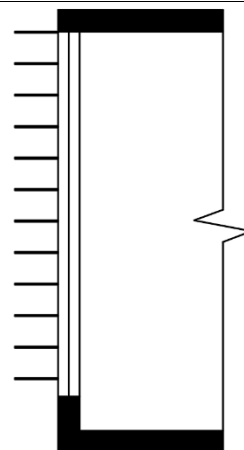
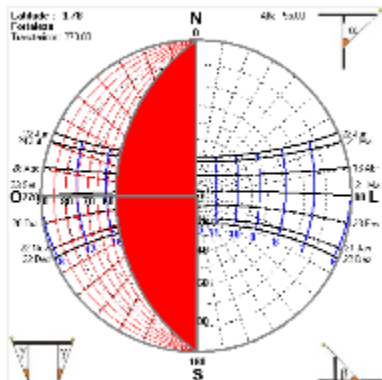
Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 50



Aletas com 30cm
Espaçamento de 25cm

FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 55

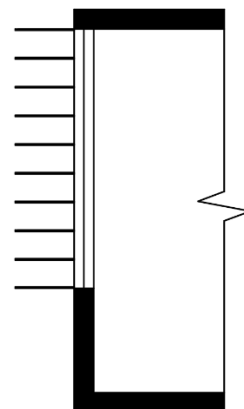
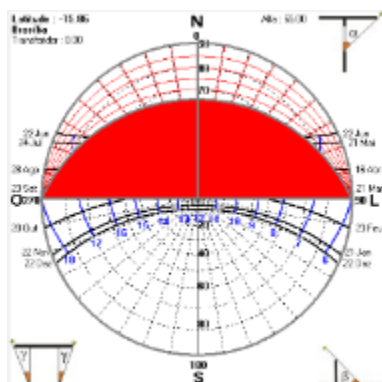


Aletas com 30cm
Espaçamento de 21cm

BRASÍLIA

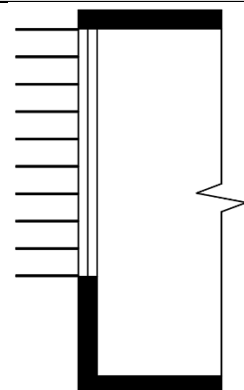
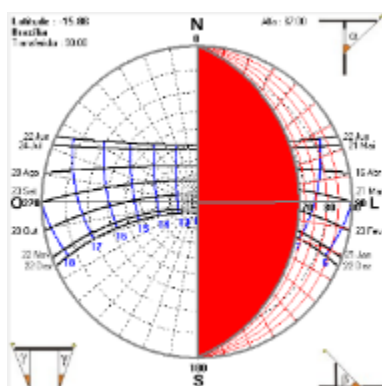
PAF 60%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 65



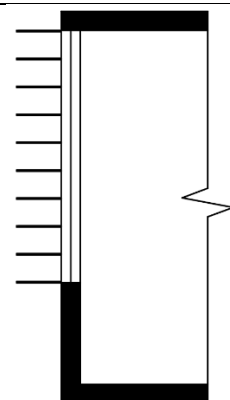
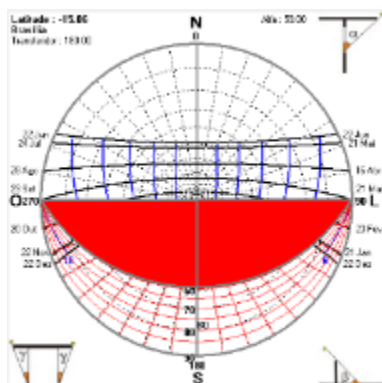
Aletas com 45cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 67



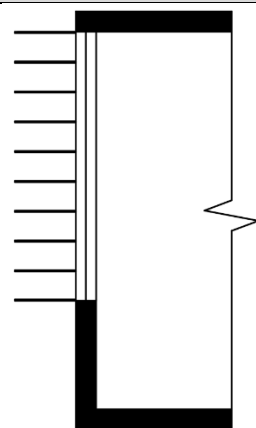
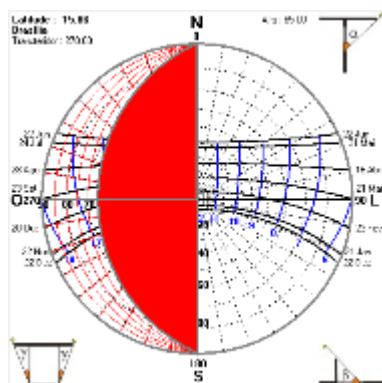
Aletas com 50cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 59



Aletas com 35cm
Espaçamento de 21cm

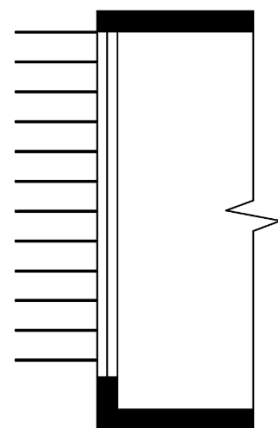
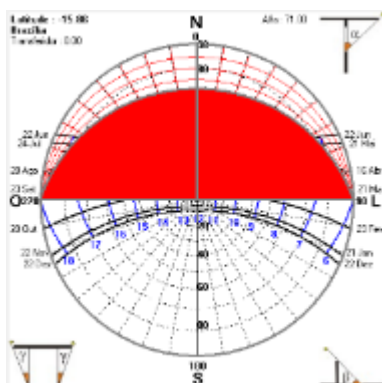
FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 65



Aletas com 45cm
Espaçamento de 21cm

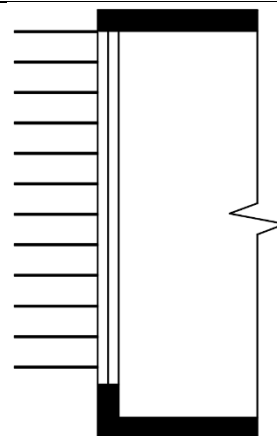
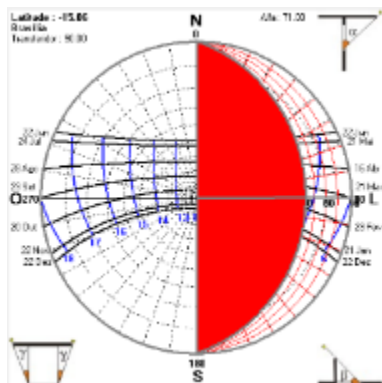
PAF 80%

FACHADA: NORTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 71



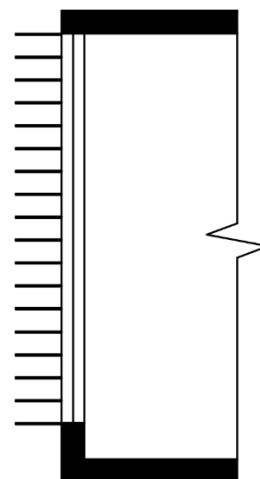
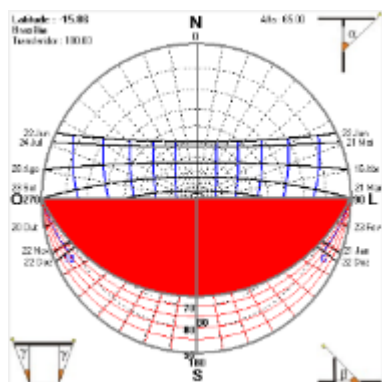
Aletas com 60cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: LESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 71



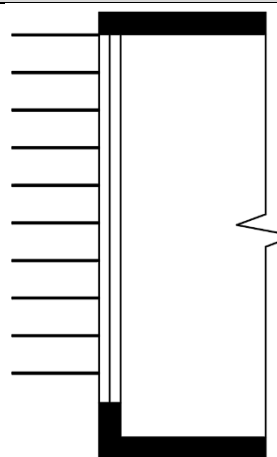
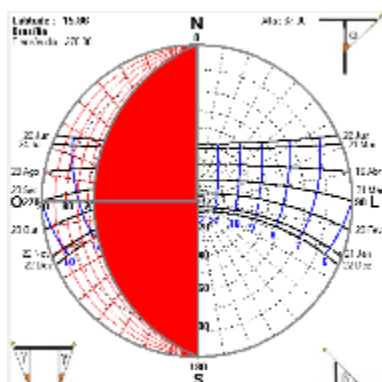
Aletas com 60cm
Espaçamento de 21cm

FACHADA: SUL | ÂNGULO ALFA INTERNO: 65



Aletas com 30cm
Espaçamento de 14cm

FACHADA: OESTE | ÂNGULO ALFA INTERNO: 67



Aletas com 60cm
Espaçamento de 25cm

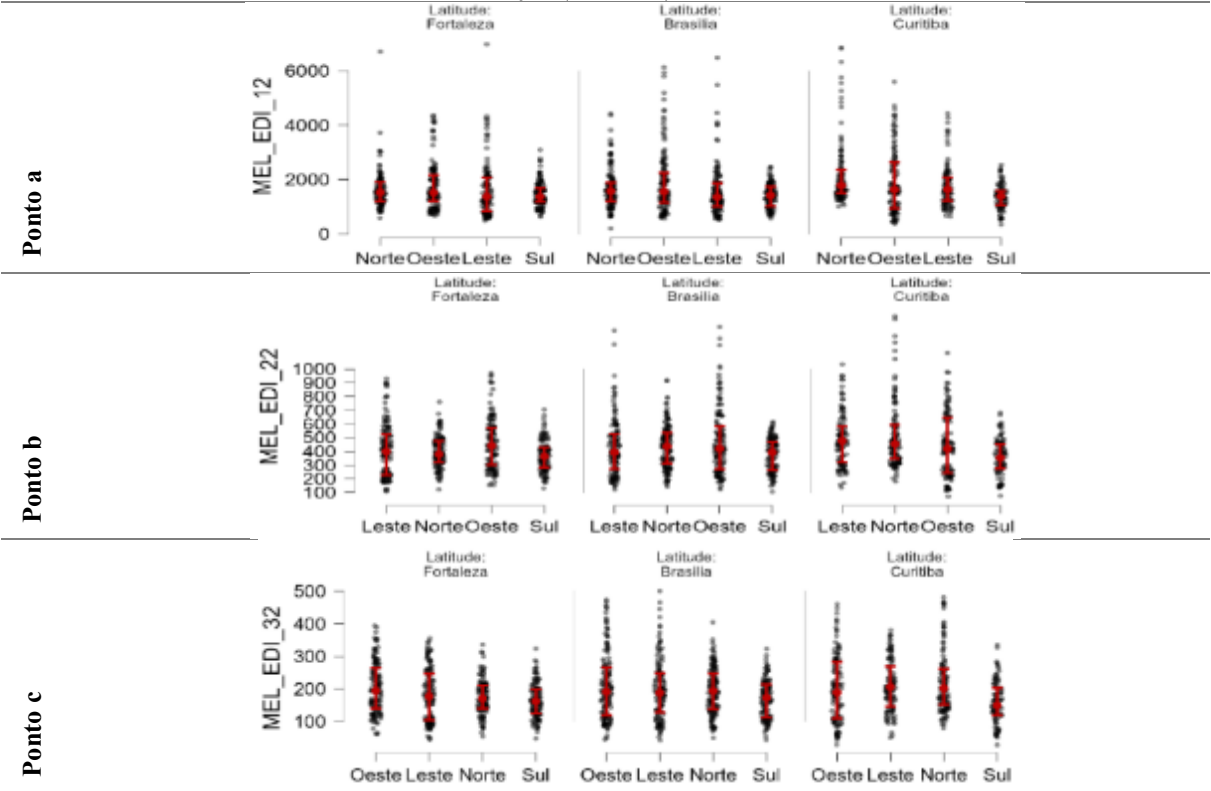
APÊNDICE H: GRÁFICOS COMPLEMENTARES DA ANÁLISE DESCRITIVA.

PAF (Mel-EDI), Latitude (cidade) x Orientação



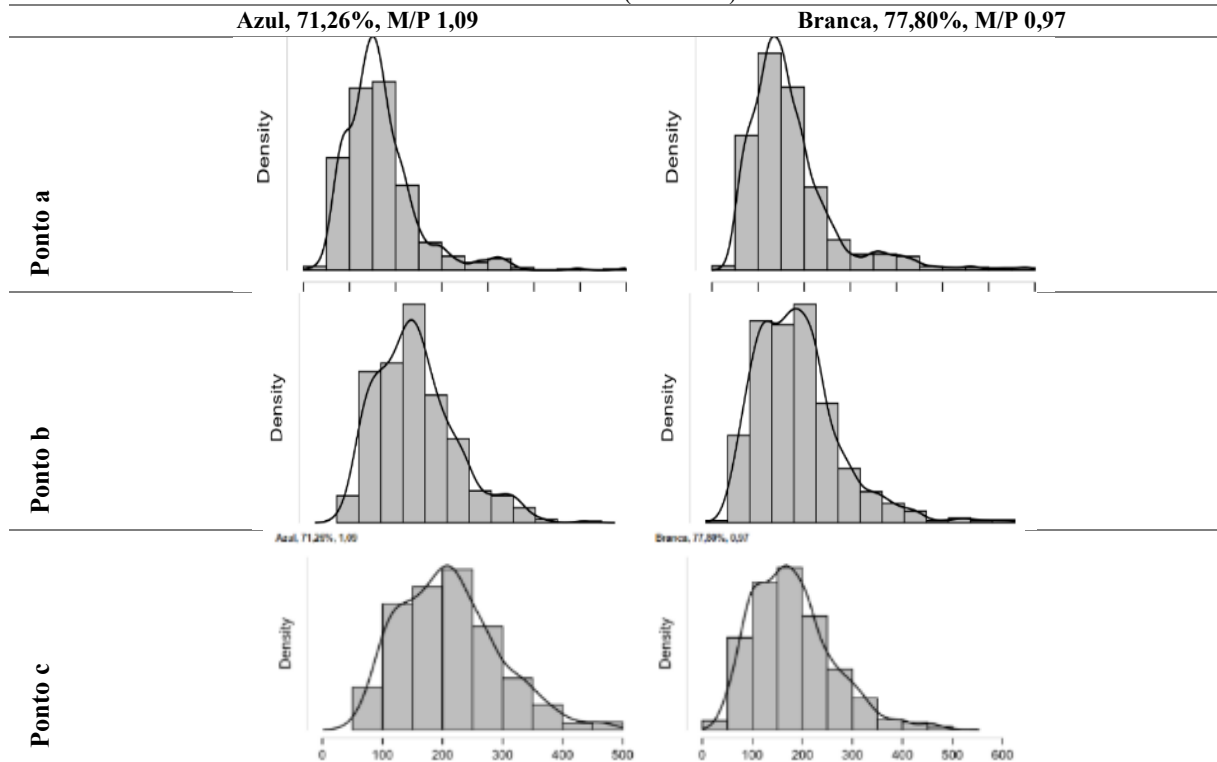
Fonte: Autora.

Orientação (Mel-EDI) x latitude



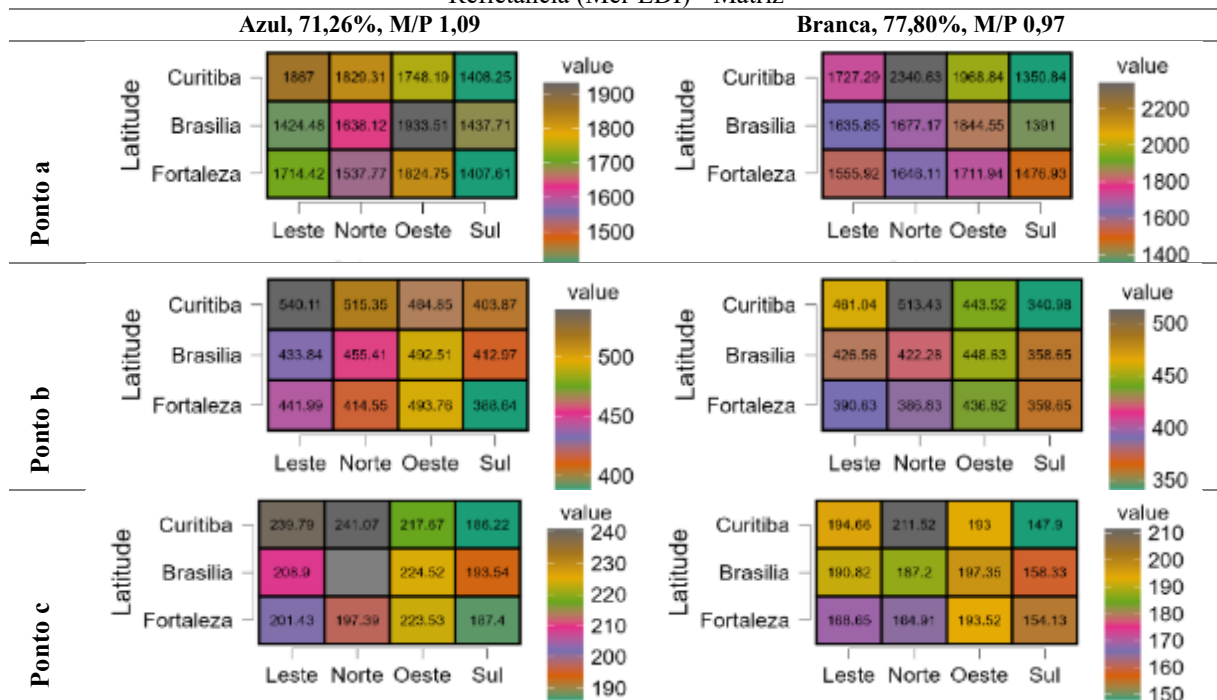
Fonte: Autora.

Refletância (Mel-EDI)



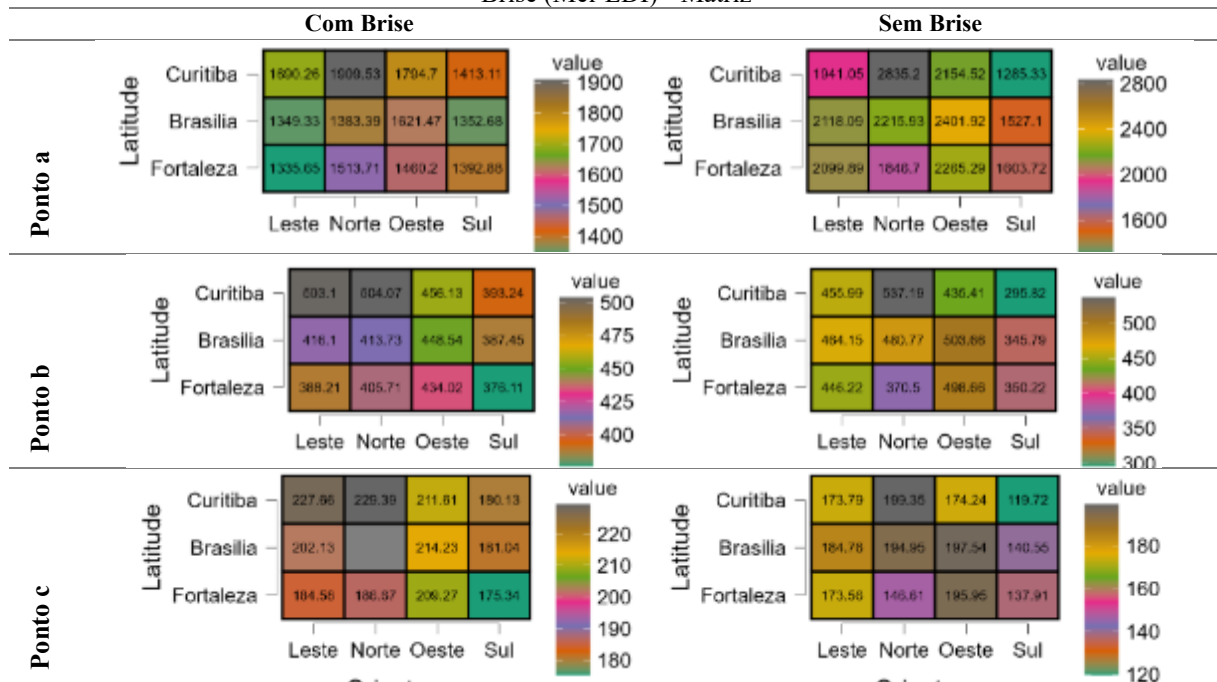
Fonte: Autora.

Refletância (Mel-EDI) - Matriz



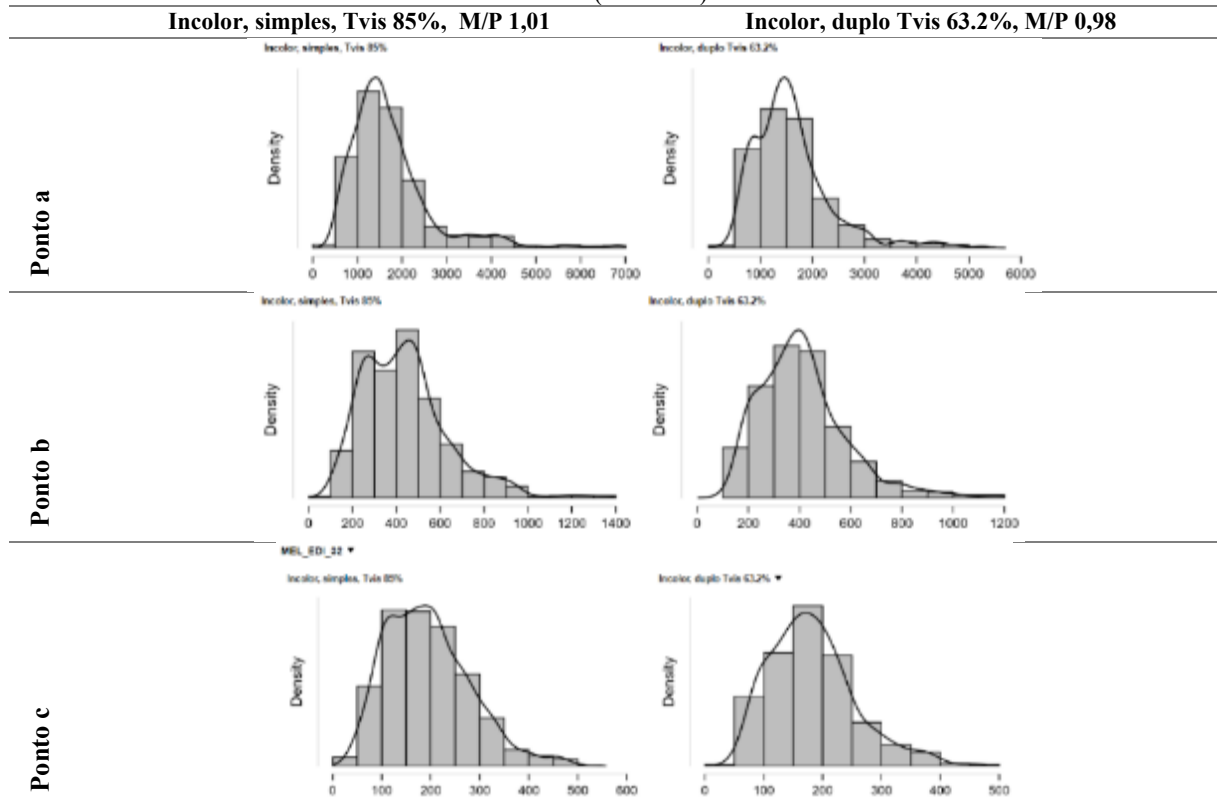
Fonte: Autora.

Brise (Mel-EDI) - Matriz



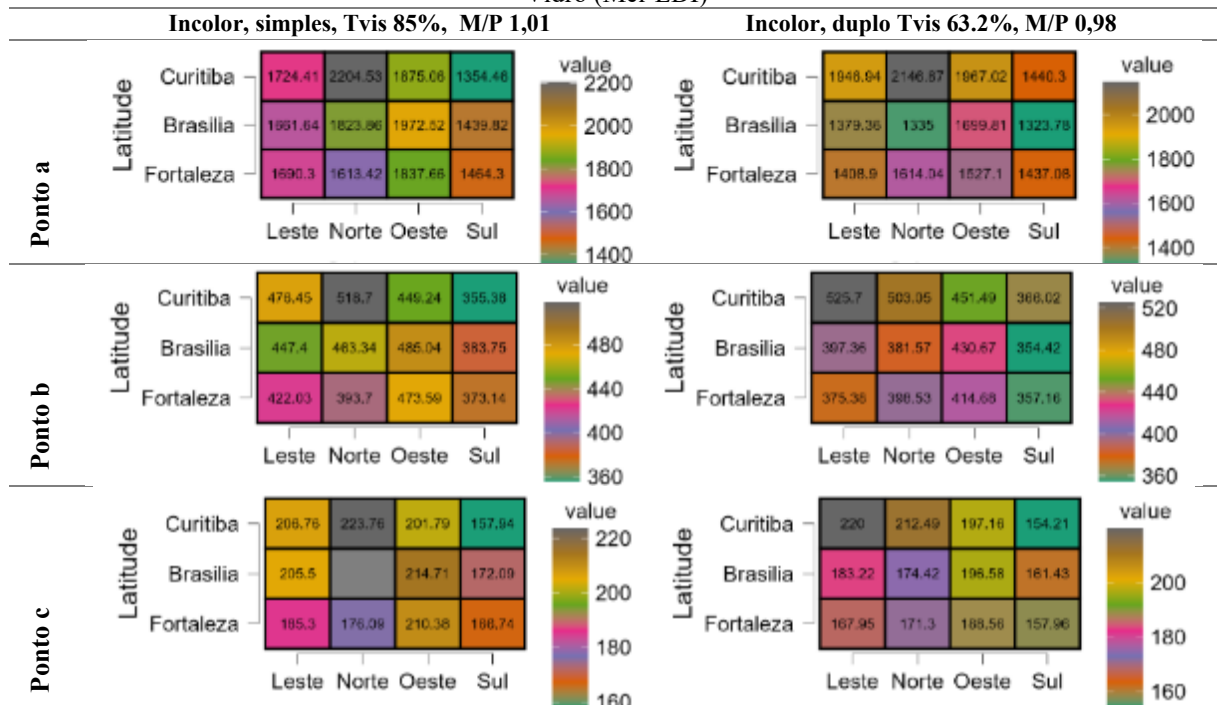
Fonte: Autora.

Vidro (Mel-EDI)



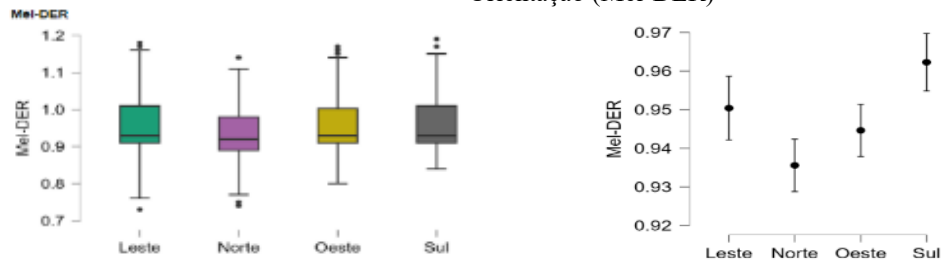
Fonte: Autora.

Vidro (Mel-EDI)



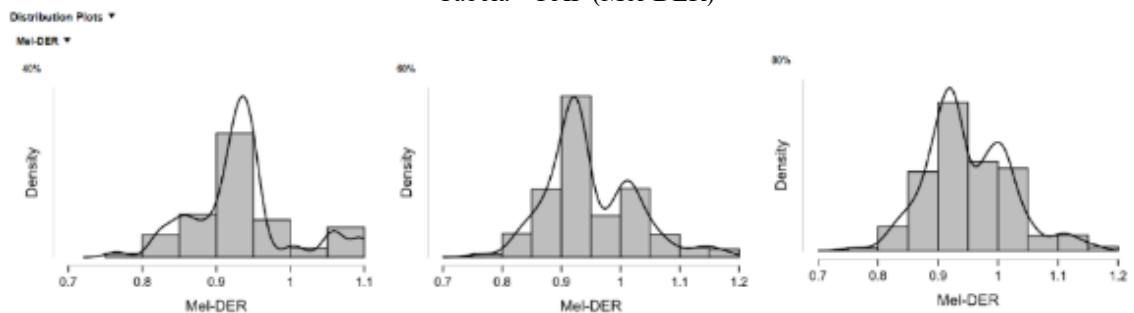
Fonte: Autora.

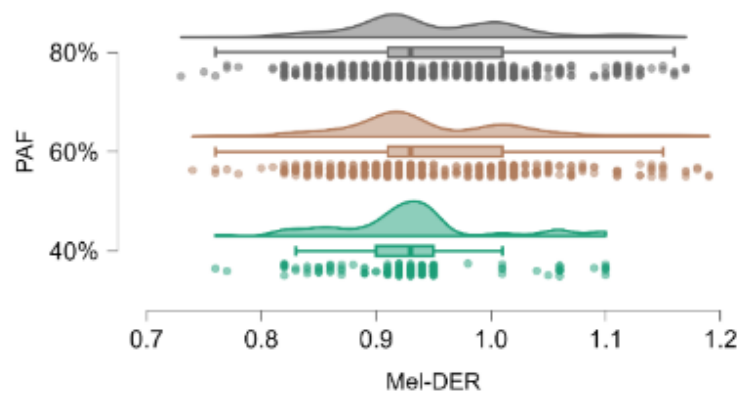
Orientação (Mel-DER)



Fonte: Autora

Tabela – PAF (Mel-DER)





Fonte: Autora

Tabela - Período do ano (Mel-EDI) - Densidade

Ponto a	Equinócio Outono			Equinócio Primavera
	Solstício Inverno			Solstício Verão
Ponto b	Equinócio Outono			Equinócio Primavera
	Solstício Inverno			Solstício Verão
Ponto c	Equinócio Outono			Equinócio Primavera

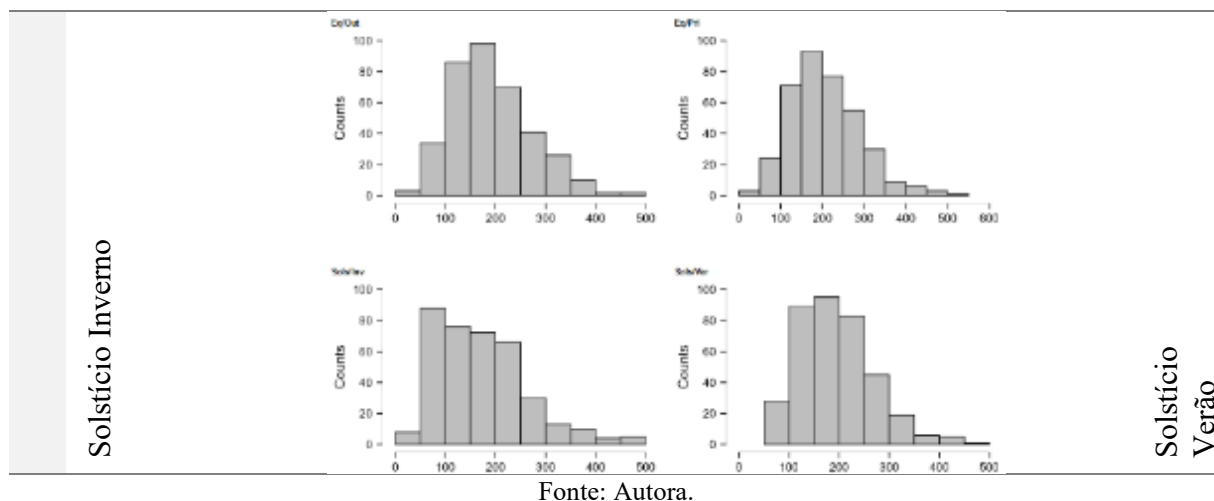


Tabela - PAF (Mel-EDI) - Densidade

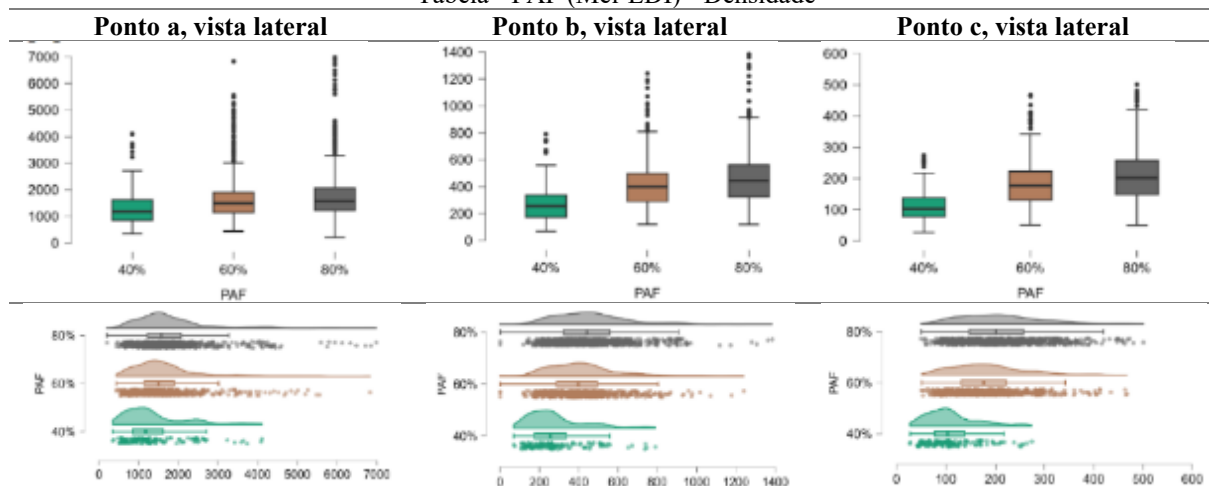


Tabela - Refletância (Mel-EDI) - Densidade

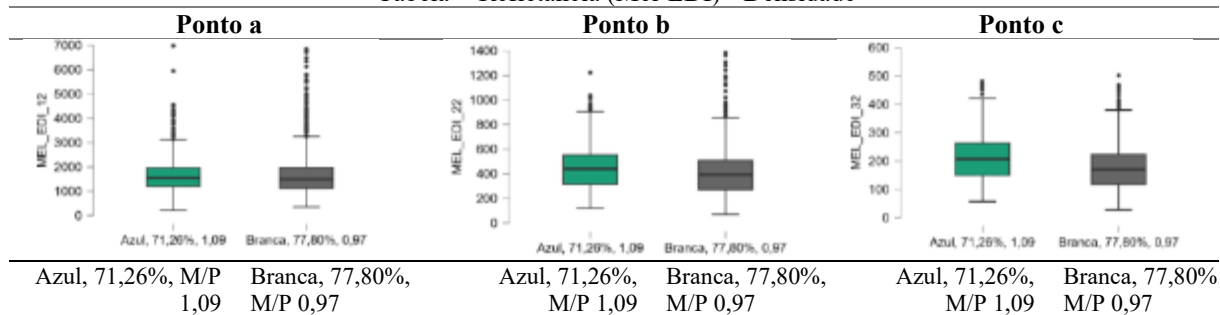
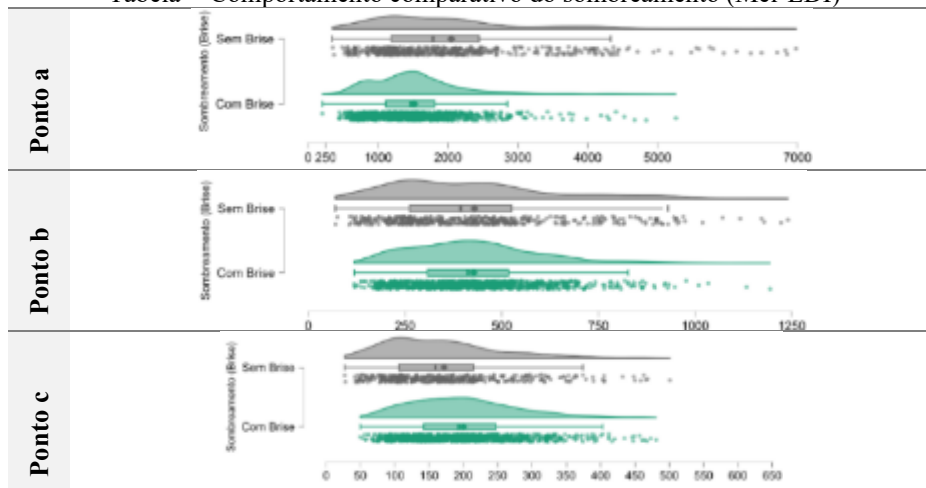
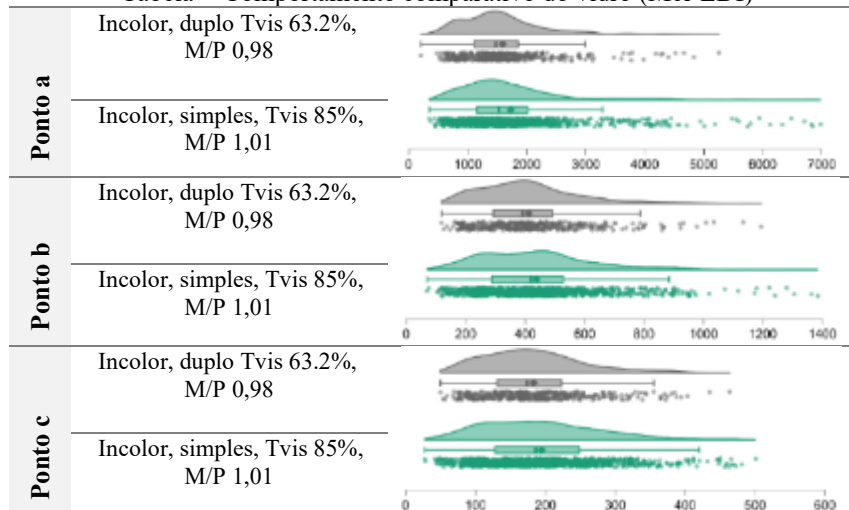


Tabela - Comportamento comparativo do sombreamento (Mel-EDI)



Fonte: Autora

Tabela - Comportamento comparativo do vidro (Mel-EDI)



Fonte: Autora

APÊNDICE I: TABELAS DO TESTE DE HIPÓTESES

	PAF			P-valor
	40%	60%	80%	
Mel-DER	0.93	0.93	0.93	0.094
% vistas acima de 250 Mel-EDI	0.55	0.71	0.75	0.000
Ponto a, vista 1 | Mel-EDI 11	2656.71	3707.89	3965.14	0.000
Ponto a, vista 2 | Mel-EDI 12	1180.71	1493.21	1570.20	0.000
Ponto a, vista 3 | Mel-EDI 13	1148.10	1484.61	1529.44	0.000
Ponto a, vista 4 | Mel-EDI 14	321.11	429.35	450.18	0.000
Ponto b, vista 1 | Mel-EDI 21	749.10	1217.85	1352.81	0.000
Ponto b, vista 2 | Mel-EDI 22	256.34	399.00	444.75	0.000
Ponto b, vista 3 | Mel-EDI 23	255.89	394.48	441.12	0.000
Ponto b, vista 4 | Mel-EDI 24	99.64	171.20	192.03	0.000
Ponto c, vista 1 | Mel-EDI 31	299.82	507.25	569.75	0.000
Ponto c, vista 2 | Mel-EDI 32	103.26	176.63	201.99	0.000
Ponto c, vista 3 | Mel-EDI 33	101.00	177.54	201.09	0.000
Ponto c, vista 4 | Mel-EDI 34	89.22	163.04	188.41	0.000

	Orientação				P-valor
	NORTE	SUL	LESTE	OESTE	
Mel-DER	0.92	0.93	0.93	0.93	0.047
% vistas acima de 250 Mel-EDI	0.72	0.69	0.72	0.74	0.000
Ponto a, vista 1 | Mel-EDI 11	3972.84	3361.88	3735.52	3870.48	0.000
Ponto a, vista 2 | Mel-EDI 12	1601.45	1388.14	1439.77	1563.41	0.000
Ponto a, vista 3 | Mel-EDI 13	1620.02	1362.32	1450.19	1461.96	0.000
Ponto a, vista 4 | Mel-EDI 14	455.16	397.19	420.74	443.39	0.000
Ponto b, vista 1 | Mel-EDI 21	1256.80	1101.00	1275.82	1304.35	0.000
Ponto b, vista 2 | Mel-EDI 22	426.18	367.75	428.44	425.73	0.000
Ponto b, vista 3 | Mel-EDI 23	417.57	362.32	406.25	434.33	0.000
Ponto b, vista 4 | Mel-EDI 24	174.82	156.25	179.80	189.77	0.000
Ponto c, vista 1 | Mel-EDI 31	526.27	463.77	543.93	552.99	0.000
Ponto c, vista 2 | Mel-EDI 32	188.41	163.50	188.86	192.94	0.000
Ponto c, vista 3 | Mel-EDI 33	183.88	168.03	186.14	200.18	0.000
Ponto c, vista 4 | Mel-EDI 34	172.10	152.17	179.80	182.52	0.000

	Propriedade Reflexiva		P-valor
	Azul, 71.26%, M/P 1,09	Branca, 77.80%, M/P 0,97	
Mel-DER	1.00	0.92	0.000
% vistas acima de 250 Mel-EDI	0.75	0.71	0.000
Ponto a, vista 1 | Mel-EDI 11	3865.05	3690.68	0.025
Ponto a, vista 2 | Mel-EDI 12	1538.95	1499.55	0.365
Ponto a, vista 3 | Mel-EDI 13	1480.98	1466.04	0.419
Ponto a, vista 4 | Mel-EDI 14	444.75	427.54	0.139
Ponto b, vista 1 | Mel-EDI 21	1346.93	1181.16	0.000
Ponto b, vista 2 | Mel-EDI 22	437.95	392.21	0.001
Ponto b, vista 3 | Mel-EDI 23	439.31	387.68	0.000

Ponto b, vista 4 | Mel-EDI 24	190.22	167.57	0.000
Ponto c, vista 1 | Mel-EDI 31	572.47	490.04	0.000
Ponto c, vista 2 | Mel-EDI 32	207.43	170.29	0.000
Ponto c, vista 3 | Mel-EDI 33	203.81	173.91	0.000
Ponto c, vista 4 | Mel-EDI 34	194.29	154.89	0.000

	Sombreamento (Brise)		P-valor
	Sem Brise	Com Brise	
Mel-DER	0.93	0.93	0.004
% vistas acima de 250 Mel-EDI	0.70	0.73	0.000
Ponto a, vista 1 | Mel-EDI 11	4006.00	3697.00	0.000
Ponto a, vista 2 | Mel-EDI 12	1785.00	1466.00	0.000
Ponto a, vista 3 | Mel-EDI 13	1739.00	1422.00	0.000
Ponto a, vista 4 | Mel-EDI 14	510.00	418.00	0.000
Ponto b, vista 1 | Mel-EDI 21	1137.00	1274.00	0.000
Ponto b, vista 2 | Mel-EDI 22	399.00	412.00	0.100
Ponto b, vista 3 | Mel-EDI 23	392.00	407.00	0.100
Ponto b, vista 4 | Mel-EDI 24	158.00	179.00	0.000
Ponto c, vista 1 | Mel-EDI 31	459.00	553.00	0.000
Ponto c, vista 2 | Mel-EDI 32	159.00	193.00	0.000
Ponto c, vista 3 | Mel-EDI 33	160.00	195.00	0.000
Ponto c, vista 4 | Mel-EDI 34	140.00	184.00	0.000

	Vidro		P-valor
	Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01	Incolor, duplo – Tvis 63.2%, M/P 0,98	
Mel-DER	0.93	0.91	0.000
% vistas acima de 250 Mel-EDI	0.72	0.71	0.018
Ponto a, vista 1 | Mel-EDI 11	3822.48	3662.15	0.095
Ponto a, vista 2 | Mel-EDI 12	1524.01	1473.74	0.063
Ponto a, vista 3 | Mel-EDI 13	1495.02	1433.43	0.076
Ponto a, vista 4 | Mel-EDI 14	432.07	430.71	0.431
Ponto b, vista 1 | Mel-EDI 21	1271.74	1187.50	0.019
Ponto b, vista 2 | Mel-EDI 22	419.39	391.76	0.022
Ponto b, vista 3 | Mel-EDI 23	414.40	392.21	0.045
Ponto b, vista 4 | Mel-EDI 24	178.44	169.38	0.049
Ponto c, vista 1 | Mel-EDI 31	533.52	495.47	0.011
Ponto c, vista 2 | Mel-EDI 32	185.69	173.46	0.037
Ponto c, vista 3 | Mel-EDI 33	186.59	175.73	0.029
Ponto c, vista 4 | Mel-EDI 34	173.91	163.04	0.060

	Horário			P-valor
	9h	12h	15h	
Mel-DER	0.92	0.93	0.93	0.000
% vistas acima de 250 Mel-EDI	0.65	0.76	0.72	0.000
Ponto a, vista 1 | Mel-EDI 11	3124.56	4014.05	3804.36	0.000
Ponto a, vista 2 | Mel-EDI 12	1327.90	1604.17	1485.97	0.000
Ponto a, vista 3 | Mel-EDI 13	1237.78	1570.66	1523.10	0.000

Ponto a, vista 4	Mel-EDI 14	369.57	463.32	429.80	0.000
Ponto b, vista 1	Mel-EDI 21	997.29	1351.00	1255.44	0.000
Ponto b, vista 2	Mel-EDI 22	326.99	444.75	411.69	0.000
Ponto b, vista 3	Mel-EDI 23	340.58	442.48	402.18	0.000
Ponto b, vista 4	Mel-EDI 24	139.04	192.94	173.46	0.000
Ponto c, vista 1	Mel-EDI 31	414.86	569.30	518.57	0.000
Ponto c, vista 2	Mel-EDI 32	145.83	201.09	183.88	0.000
Ponto c, vista 3	Mel-EDI 33	147.65	203.81	180.71	0.000
Ponto c, vista 4	Mel-EDI 34	136.78	192.03	165.76	0.000

		Período do Ano				P-valor
		Eq/Out	Sols/Inv	Eq/Pri	Sols/Ver	
Mel-DER		0.93	0.92	0.95	0.93	0.000
% vistas acima de 250 Mel-EDI		0.71	0.68	0.75	0.72	0.000
Ponto a, vista 1	Mel-EDI 11	3730.99	3242.31	3969.22	3848.29	0.001
Ponto a, vista 2	Mel-EDI 12	1493.21	1289.41	1592.40	1547.56	0.001
Ponto a, vista 3	Mel-EDI 13	1437.51	1281.25	1574.73	1508.61	0.001
Ponto a, vista 4	Mel-EDI 14	422.56	378.62	449.28	443.84	0.002
Ponto b, vista 1	Mel-EDI 21	1202.45	1091.94	1347.38	1280.80	0.000
Ponto b, vista 2	Mel-EDI 22	402.63	360.96	434.78	421.20	0.000
Ponto b, vista 3	Mel-EDI 23	401.72	358.70	437.95	418.48	0.000
Ponto b, vista 4	Mel-EDI 24	175.73	149.46	187.05	180.71	0.000
Ponto c, vista 1	Mel-EDI 31	513.59	455.62	568.84	530.80	0.000
Ponto c, vista 2	Mel-EDI 32	178.90	162.14	196.56	185.69	0.000
Ponto c, vista 3	Mel-EDI 33	180.25	157.61	198.82	186.59	0.000
Ponto c, vista 4	Mel-EDI 34	169.38	149.00	185.69	173.01	0.000

		NEBULOSIDADE			P-valor
		Claro (0 ≥ 25%)	Parcialmente Encoberto (26% a 74%)	Nublado (75% a 100%)	
Mel-DER		1.04	0.92	0.92	0.000
% vistas acima de 250 Mel-EDI		0.83	0.71	0.63	0.000
Ponto a, vista 1	Mel-EDI 11	4432.99	3605.99	2976.46	0.000
Ponto a, vista 2	Mel-EDI 12	1798.92	1460.15	1364.14	0.000
Ponto a, vista 3	Mel-EDI 13	1800.73	1417.58	1352.36	0.000
Ponto a, vista 4	Mel-EDI 14	496.38	419.39	408.52	0.000
Ponto b, vista 1	Mel-EDI 21	1596.93	1168.48	972.83	0.000
Ponto b, vista 2	Mel-EDI 22	502.72	389.49	309.78	0.000
Ponto b, vista 3	Mel-EDI 23	505.44	386.78	335.15	0.000
Ponto b, vista 4	Mel-EDI 24	216.49	166.67	122.28	0.000
Ponto c, vista 1	Mel-EDI 31	695.65	488.23	349.64	0.000
Ponto c, vista 2	Mel-EDI 32	237.32	170.29	129.53	0.000
Ponto c, vista 3	Mel-EDI 33	240.94	173.91	138.59	0.000
Ponto c, vista 4	Mel-EDI 34	224.64	157.61	112.32	0.000

APÊNDICE J: TABELAS ANÁLISE DE REGRESSÃO

INTERCEPTO:	<ul style="list-style-type: none"> Latitude: Brasília (15,78°S) PAF: 40% Orientação: Norte Propriedades Reflexivas: 77.80% (branca), M/P 0,97 Vidro: Incolor, simples, Tvis 85%, M/P 1,01 Sombreamento: sem brise Período do ano: outono Nebulosidade: parcialmente encoberto (26% a 74%)
--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

% vistas acima de 250 Mel-EDI

	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística t	P-valor
Intercepto	0.630	0.312	2.0	0.044
Latitude: Fortaleza (-3,717°)	-0.299	0.167	-1.8	0.073
Latitude: Curitiba (25,43°S)	-0.296	0.173	-1.7	0.088
Propriedades Reflexivas: 71.26% (azul), M/P 1,09	-0.179	0.161	-1.1	0.265
Vidro: Incolor, duplo, Tvis 63.2%, M/P 0,98	0.258	0.174	-1.5	0.138
PAF 60%	0.361	0.281	1.3	0.198
PAF 80%	0.447	0.276	1.6	0.106
Horário: 12h	0.390	0.170	2.3	0.022
Horário: 15h	0.057	0.170	0.3	0.737
Orientação: leste	-0.208	0.195	-1.1	0.286
Orientação: sul	-0.276	0.201	-1.4	0.170
Orientação: oeste	-0.014	0.192	-0.1	0.941
Sombreamento: com brise	0.029	0.194	0.2	0.883
Período do ano: solstício inverno	-0.057	0.197	-0.3	0.774
Período do ano: equinócio primavera	0.033	0.197	0.2	0.868
Período do ano: solstício verão	0.398	0.197	2.0	0.043

R Quadrado Ajustado: 0,00615

Mel-DER

	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística t	P-valor
Intercepto	0.91	0.01	143.30	0.000
Latitude: Fortaleza (-3,717°)	-0.04	0.00	-11.23	0.000
Latitude: Curitiba (25,43°S)	-0.02	0.00	-5.03	0.000
Propriedades Reflexivas: 71.26% (azul), M/P 1,09	0.08	0.00	25.22	0.000
Vidro: Incolor, duplo, Tvis 63.2%, M/P 0,98	-0.03	0.00	-7.76	0.000
PAF 60%	0.00	0.01	-0.40	0.692
PAF 80%	-0.01	0.01	-1.23	0.220
Horário: 12h	0.03	0.00	9.29	0.000
Horário: 15h	0.02	0.00	6.61	0.000
Orientação: leste	0.01	0.00	3.67	0.000
Orientação: sul	0.03	0.00	7.56	0.000
Orientação: oeste	0.01	0.00	2.01	0.045
Sombreamento: com brise	0.00	0.00	0.36	0.720
Período do ano: solstício inverno	0.00	0.00	-1.22	0.224
Período do ano: equinócio primavera	0.03	0.00	6.89	0.000
Período do ano: solstício verão	0.00	0.00	0.50	0.618

R Quadrado Ajustado: 0,434

APÊNDICE K: CENÁRIOS

Cenário / caso	Descrição	PAF	Orientação	Vidro	Brise	Refletância	Latitude	Mel-EDI A	Mel-EDI B	Mel-EDI C	Mel-EDI Total
Cenário 1	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	12718	24972	873	160882
Cenário 2	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	12718	24972	10006	162158
Cenário 3	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	14877	2776	10006	186536
Cenário 4	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	13914	27876	9889	176905
Cenário 5	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	13914	27876	11165	178181
Cenário 6	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	16073	30664	11165	202559
Cenário 7	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	12718	17899	10135	155214
Cenário 8	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	12718	17899	11411	15649
Cenário 9	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	14877	20687	11411	180868

Cenário 10	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	13914	20803	11294	171237
Cenário 11	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	13914	20803	1257	172513
Cenário 12	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	16073	23591	1257	196891
Cenário 13	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	12718	21811	5295	154286
Cenário 14	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	12718	21811	6571	155562
Cenário 15	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	14877	24599	6571	17994
Cenário 16	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	13914	24715	6454	170309
Cenário 17	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	13914	24715	773	171585
Cenário 18	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	16073	27503	773	195963
Cenário 19	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	12718	14738	670	148618
Cenário 20	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	12718	14738	7976	149894

Cenário 21	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	14877	17526	7976	174272
Cenário 22	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	13914	17642	7859	164641
Cenário 23	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	13914	17642	9135	165917
Cenário 24	PAF 40%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	16073	2043	9135	190295
Cenário 25	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	11014	24972	873	143842
Cenário 26	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	11014	24972	10006	145118
Cenário 27	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	13173	2776	10006	169496
Cenário 28	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	12210	27876	9889	159865
Cenário 29	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	12210	27876	11165	161141
Cenário 30	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	14369	30664	11165	185519
Cenário 31	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	11014	17899	10135	138174

Cenário 32	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	11014	17899	11411	13945
Cenário 33	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	13173	20687	11411	163828
Cenário 34	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	12210	20803	11294	154197
Cenário 35	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	12210	20803	1257	155473
Cenário 36	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	14369	23591	1257	179851
Cenário 37	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	11014	21811	5295	137246
Cenário 38	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	11014	21811	6571	138522
Cenário 39	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	13173	24599	6571	16290
Cenário 40	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	12210	24715	6454	153269
Cenário 41	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	12210	24715	773	154545
Cenário 42	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	14369	27503	773	178923

Cenário 43	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	11014	14738	670	131578
Cenário 44	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	11014	14738	7976	132854
Cenário 45	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	13173	17526	7976	157232
Cenário 46	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	12210	17642	7859	147601
Cenário 47	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	12210	17642	9135	148877
Cenário 48	PAF 40%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	14369	2043	9135	173255
Cenário 49	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	8987	17278	5475	112623
Cenário 50	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	8987	17278	6751	113899
Cenário 51	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	11146	20066	6751	138277
Cenário 52	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	10183	20182	6634	128646
Cenário 53	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	10183	20182	791	129922

Cenário 54	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	12342	2297	791	15430
Cenário 55	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	8987	10205	688	106955
Cenário 56	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	8987	10205	8156	108231
Cenário 57	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	11146	12993	8156	132609
Cenário 58	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	10183	13109	8039	122978
Cenário 59	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	10183	13109	9315	124254
Cenário 60	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	12342	15897	9315	148632
Cenário 61	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	8987	14117	204	106027
Cenário 62	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	8987	14117	3316	107303
Cenário 63	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	11146	16905	3316	131681
Cenário 64	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	10183	17021	3199	12205

Cenário 65	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	10183	17021	4475	123326
Cenário 66	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	12342	19809	4475	147704
Cenário 67	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	8987	7044	3445	100359
Cenário 68	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	8987	7044	4721	101635
Cenário 69	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	11146	9832	4721	126013
Cenário 70	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	10183	9948	4604	116382
Cenário 71	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	10183	9948	588	117658
Cenário 72	PAF 40%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	12342	12736	588	142036
Cenário 73	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	12718	24972	873	160882
Cenário 74	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	12718	24972	10006	162158
Cenário 75	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	14877	2776	10006	186536

Cenário 76	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	13914	27876	9889	176905
Cenário 77	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	13914	27876	11165	178181
Cenário 78	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	16073	30664	11165	202559
Cenário 79	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	12718	17899	10135	155214
Cenário 80	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	12718	17899	11411	15649
Cenário 81	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	14877	20687	11411	180868
Cenário 82	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	13914	20803	11294	171237
Cenário 83	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	13914	20803	1257	172513
Cenário 84	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	16073	23591	1257	196891
Cenário 85	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	12718	21811	5295	154286
Cenário 86	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	12718	21811	6571	155562

Cenário 87	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	14877	24599	6571	17994
Cenário 88	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	13914	24715	6454	170309
Cenário 89	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	13914	24715	773	171585
Cenário 90	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	16073	27503	773	195963
Cenário 91	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	12718	14738	670	148618
Cenário 92	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	12718	14738	7976	149894
Cenário 93	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	14877	17526	7976	174272
Cenário 94	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	13914	17642	7859	164641
Cenário 95	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	13914	17642	9135	165917
Cenário 96	PAF 40%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 40%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	16073	2043	9135	190295
Cenário 97	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	21661	44113	1552	276243

Cenário 98	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	21661	44113	16796	277519
Cenário 99	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	23820	46901	16796	301897
Cenário 100	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22857	47017	16679	292266
Cenário 101	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22857	47017	17955	293542
Cenário 102	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25016	49805	17955	31792
Cenário 103	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	21661	3704	16925	270575
Cenário 104	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	21661	3704	18201	271851
Cenário 105	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	23820	39828	18201	296229
Cenário 106	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22857	39944	18084	286598
Cenário 107	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22857	39944	1936	287874
Cenário 108	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25016	42732	1936	312252

Cenário 109	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	21661	40952	12085	269647
Cenário 110	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	21661	40952	13361	270923
Cenário 111	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	23820	4374	13361	295301
Cenário 112	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22857	43856	13244	28567
Cenário 113	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22857	43856	1452	286946
Cenário 114	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25016	46644	1452	311324
Cenário 115	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	21661	33879	1349	263979
Cenário 116	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	21661	33879	14766	265255
Cenário 117	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	23820	36667	14766	289633
Cenário 118	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22857	36783	14649	280002
Cenário 119	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22857	36783	15925	281278

Cenário 120	PAF 60%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25016	39571	15925	305656
Cenário 121	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	19957	44113	1552	259203
Cenário 122	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	19957	44113	16796	260479
Cenário 123	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	22116	46901	16796	284857
Cenário 124	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	21153	47017	16679	275226
Cenário 125	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	21153	47017	17955	276502
Cenário 126	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	23312	49805	17955	30088
Cenário 127	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	19957	3704	16925	253535
Cenário 128	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	19957	3704	18201	254811
Cenário 129	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	22116	39828	18201	279189
Cenário 130	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	21153	39944	18084	269558

Cenário 131	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	21153	39944	1936	270834
Cenário 132	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	23312	42732	1936	295212
Cenário 133	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	19957	40952	12085	252607
Cenário 134	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	19957	40952	13361	253883
Cenário 135	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	22116	4374	13361	278261
Cenário 136	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	21153	43856	13244	26863
Cenário 137	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	21153	43856	1452	269906
Cenário 138	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	23312	46644	1452	294284
Cenário 139	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	19957	33879	1349	246939
Cenário 140	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	19957	33879	14766	248215
Cenário 141	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	22116	36667	14766	272593

Cenário 142	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	21153	36783	14649	262962
Cenário 143	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	21153	36783	15925	264238
Cenário 144	PAF 60%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	23312	39571	15925	288616
Cenário 145	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	17930	36419	12265	227984
Cenário 146	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	17930	36419	13541	22926
Cenário 147	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	20089	39207	13541	253638
Cenário 148	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	19126	39323	13424	244007
Cenário 149	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	19126	39323	1470	245283
Cenário 150	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	21285	42111	1470	269661
Cenário 151	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	17930	29346	1367	222316
Cenário 152	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	17930	29346	14946	223592

Cenário 153	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	20089	32134	14946	24797
Cenário 154	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	19126	3225	14829	238339
Cenário 155	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	19126	3225	16105	239615
Cenário 156	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	21285	35038	16105	263993
Cenário 157	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	17930	33258	883	221388
Cenário 158	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	17930	33258	10106	222664
Cenário 159	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	20089	36046	10106	247042
Cenário 160	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	19126	36162	9989	237411
Cenário 161	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	19126	36162	11265	238687
Cenário 162	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	21285	3895	11265	263065
Cenário 163	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	17930	26185	10235	21572

Cenário 164	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	17930	26185	11511	216996
Cenário 165	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	20089	28973	11511	241374
Cenário 166	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	19126	29089	11394	231743
Cenário 167	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	19126	29089	1267	233019
Cenário 168	PAF 60%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	21285	31877	1267	257397
Cenário 169	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	21661	44113	1552	276243
Cenário 170	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	21661	44113	16796	277519
Cenário 171	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	23820	46901	16796	301897
Cenário 172	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22857	47017	16679	292266
Cenário 173	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22857	47017	17955	293542
Cenário 174	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25016	49805	17955	31792

Cenário 175	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	21661	3704	16925	270575
Cenário 176	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	21661	3704	18201	271851
Cenário 177	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	23820	39828	18201	296229
Cenário 178	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22857	39944	18084	286598
Cenário 179	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22857	39944	1936	287874
Cenário 180	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25016	42732	1936	312252
Cenário 181	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	21661	40952	12085	269647
Cenário 182	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	21661	40952	13361	270923
Cenário 183	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	23820	4374	13361	295301
Cenário 184	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22857	43856	13244	28567
Cenário 185	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22857	43856	1452	286946

Cenário 186	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25016	46644	1452	311324
Cenário 187	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	21661	33879	1349	263979
Cenário 188	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	21661	33879	14766	265255
Cenário 189	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	23820	36667	14766	289633
Cenário 190	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22857	36783	14649	280002
Cenário 191	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22857	36783	15925	281278
Cenário 192	PAF 60%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 60%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25016	39571	15925	305656
Cenário 193	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	22515	48217	18198	291565
Cenário 194	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	22515	48217	19474	292841
Cenário 195	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	24674	51005	19474	317219
Cenário 196	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	23711	51121	19357	307588

Cenário 197	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	23711	51121	20633	308864
Cenário 198	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25870	53909	20633	333242
Cenário 199	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	22515	41144	19603	285897
Cenário 200	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	22515	41144	20879	287173
Cenário 201	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	24674	43932	20879	311551
Cenário 202	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	23711	44048	20762	30192
Cenário 203	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	23711	44048	22038	303196
Cenário 204	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	norte	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25870	46836	22038	327574
Cenário 205	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	22515	45056	14763	284969
Cenário 206	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	22515	45056	16039	286245
Cenário 207	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	24674	47844	16039	310623

Cenário 208	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	23711	4796	15922	300992
Cenário 209	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	23711	4796	17198	302268
Cenário 210	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25870	50748	17198	326646
Cenário 211	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	22515	37983	16168	279301
Cenário 212	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	22515	37983	17444	280577
Cenário 213	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	24674	40771	17444	304955
Cenário 214	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	23711	40887	17327	295324
Cenário 215	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	23711	40887	18603	29660
Cenário 216	PAF 80%, orientação norte, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	norte	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25870	43675	18603	320978
Cenário 217	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	20811	48217	18198	274525
Cenário 218	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	20811	48217	19474	275801

Cenário 219	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	22970	51005	19474	300179
Cenário 220	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22007	51121	19357	290548
Cenário 221	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22007	51121	20633	291824
Cenário 222	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	24166	53909	20633	316202
Cenário 223	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	20811	41144	19603	268857
Cenário 224	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	20811	41144	20879	270133
Cenário 225	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	22970	43932	20879	294511
Cenário 226	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22007	44048	20762	28488
Cenário 227	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22007	44048	22038	286156
Cenário 228	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	leste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	24166	46836	22038	310534
Cenário 229	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	20811	45056	14763	267929

Cenário 230	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	20811	45056	16039	269205
Cenário 231	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	22970	47844	16039	293583
Cenário 232	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22007	4796	15922	283952
Cenário 233	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22007	4796	17198	285228
Cenário 234	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	24166	50748	17198	309606
Cenário 235	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	20811	37983	16168	262261
Cenário 236	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	20811	37983	17444	263537
Cenário 237	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	22970	40771	17444	287915
Cenário 238	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	22007	40887	17327	278284
Cenário 239	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	22007	40887	18603	27956
Cenário 240	PAF 80%, orientação leste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	leste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	24166	43675	18603	303938

Cenário 241	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	18784	40523	14943	243306
Cenário 242	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	18784	40523	16219	244582
Cenário 243	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	20943	43311	16219	26896
Cenário 244	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	19980	43427	16102	259329
Cenário 245	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	19980	43427	17378	260605
Cenário 246	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	22139	46215	17378	284983
Cenário 247	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	18784	3345	16348	237638
Cenário 248	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	18784	3345	17624	238914
Cenário 249	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	20943	36238	17624	263292
Cenário 250	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	19980	36354	17507	253661
Cenário 251	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	19980	36354	18783	254937

Cenário 252	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	sul	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	22139	39142	18783	279315
Cenário 253	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	18784	37362	11508	23671
Cenário 254	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	18784	37362	12784	237986
Cenário 255	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	20943	4015	12784	262364
Cenário 256	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	19980	40266	12667	252733
Cenário 257	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	19980	40266	13943	254009
Cenário 258	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	22139	43054	13943	278387
Cenário 259	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	18784	30289	12913	231042
Cenário 260	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	18784	30289	14189	232318
Cenário 261	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	20943	33077	14189	256696
Cenário 262	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	19980	33193	14072	247065

Cenário 263	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	19980	33193	15348	248341
Cenário 264	PAF 80%, orientação sul, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	sul	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	22139	35981	15348	272719
Cenário 265	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	22515	48217	18198	291565
Cenário 266	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	22515	48217	19474	292841
Cenário 267	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	24674	51005	19474	317219
Cenário 268	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	23711	51121	19357	307588
Cenário 269	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	23711	51121	20633	308864
Cenário 270	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25870	53909	20633	333242
Cenário 271	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	22515	41144	19603	285897
Cenário 272	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	22515	41144	20879	287173
Cenário 273	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	24674	43932	20879	311551

Cenário 274	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	23711	44048	20762	30192
Cenário 275	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	23711	44048	22038	303196
Cenário 276	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 85%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 85%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25870	46836	22038	327574
Cenário 277	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	22515	45056	14763	284969
Cenário 278	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	22515	45056	16039	286245
Cenário 279	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	24674	47844	16039	310623
Cenário 280	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	23711	4796	15922	300992
Cenário 281	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	23711	4796	17198	302268
Cenário 282	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, sem brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	sem brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25870	50748	17198	326646
Cenário 283	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Fortaleza (-3,717°)	22515	37983	16168	279301
Cenário 284	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Brasília (15,78°S)	22515	37983	17444	280577

Cenário 285	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 77.80% (branca), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	77.80% (branca)	Curitiba (25,43°S)	24674	40771	17444	304955
Cenário 286	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Fortaleza (-3,717°)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Fortaleza (-3,717°)	23711	40887	17327	295324
Cenário 287	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Brasília (15,78°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Brasília (15,78°S)	23711	40887	18603	29660
Cenário 288	PAF 80%, orientação oeste, Vidro Tvis 63.2%, com brise, Refletância 71.26% (azul), Curitiba (25,43°S)	PAF 80%	oeste	Tvis 63.2%	com brise	71.26% (azul)	Curitiba (25,43°S)	25870	43675	18603	320978

#	Descrição	Total Mel-EDI
1	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 85%	1138,99
2	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 85%	1201,83
3	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 85%	1299,22
4	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%	1366,09
5	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 85%	1413,30
6	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, norte, vidro Tvis 85%	1451,18
7	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 85%	1492,22
8	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 85%	1503,73
9	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, norte, vidro Tvis 85%	1521,41
10	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 85%	1521,41
11	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 85%	1521,41
12	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, norte, vidro Tvis 63%	1532,63
13	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, norte, vidro Tvis 63%	1543,85
14	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 63%	1549,97
15	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 63%	1584,89
16	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%	1595,41
17	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 63%	1595,41
18	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 63%	1595,41
19	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 85%	1608,67
20	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 85%	1608,67
21	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%	1666,01
22	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%	1666,01
23	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 63%	1686,93
24	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 63%	1700,19
25	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 63%	1700,19
26	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 85%	1724,91
27	PAF 40%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 63%	1724,91
28	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%	1729,23
29	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 85%	1741,09
30	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 63%	1794,11
31	PAF 60%, parede azul, sem brise, sul, vidro Tvis 85%	1817,13
32	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 63%	1870,15
33	PAF 40%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 63%	1896,62
34	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 85%	1955,93
35	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 63%	2008,95
36	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%	2120,19
37	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%	2173,21
38	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 85%	2178,32
39	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 63%	2231,34
40	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%	2342,59
41	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%	2395,60
42	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 85%	2467,40
43	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 85%	2482,45
44	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 63%	2535,47
45	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 85%	2558,49
46	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 63%	2611,51
47	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 85%	2627,96
48	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 63%	2680,98
49	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 63%	2730,62
50	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 85%	2738,65
51	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 63%	2738,65
52	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%	2783,66
53	PAF 60%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 63%	2791,68
54	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 63%	2903,80
55	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 85%	2966,79

56	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, sul, vidro Tvis 63%	3019,81
57	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 85%	3042,84
58	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, sul, vidro Tvis 63%	3095,86
59	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 85%	3111,64
60	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, leste, vidro Tvis 63%	3164,66
61	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%	3275,90
62	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%	3328,92
63	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 63%	3358,95
64	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 63%	3358,95
65	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 85%	3383,67
66	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, sul, vidro Tvis 63%	3436,69
67	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 63%	3459,71
68	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 85%	3529,91
69	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 63%	3529,91
70	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 63%	3529,91
71	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 85%	3529,91
72	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, leste, vidro Tvis 63%	3582,93
73	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, oeste, vidro Tvis 63%	3582,93
74	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 63%	3652,18
75	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 85%	3682,61
76	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), sem brise, norte, vidro Tvis 63%	3735,63
77	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, norte, vidro Tvis 63%	3848,86
78	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, norte, vidro Tvis 85%	3870,21
79	PAF 80%, parede branca ($\rho = 77.80\%$, M/P 0,97), com brise, norte, vidro Tvis 63%	3923,23
80	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 85%	3940,96
81	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%	4003,80
82	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 85%	4003,80
83	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 63%	4003,80
84	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 63%	4003,80
85	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 63%	4003,80
86	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 63%	4003,80
87	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, oeste, vidro Tvis 85%	3680,93
88	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, leste, vidro Tvis 85%	3680,93
89	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), sem brise, norte, vidro Tvis 85%	3620,53
90	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 85%	3731,69
91	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%	3731,69
92	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, sul, vidro Tvis 85%	3815,78
93	PAF 60%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 85%	3850,58
94	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, norte, vidro Tvis 85%	3940,96
95	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, oeste, vidro Tvis 85%	4003,80
96	PAF 80%, parede azul ($\rho = 71.26\%$, M/P 1,09), com brise, leste, vidro Tvis 85%	4003,80