

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

ARY RODRIGUES ALVES NETTO

**MELHORIA NO DESEMPENHO LUMÍNICO E ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS COM
PRATELEIRAS DE LUZ**

SÃO CARLOS

2015

ARY RODRIGUES ALVES NETTO

**MELHORIA NO DESEMPENHO LUMÍNICO E ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS COM
PRATELEIRAS DE LUZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Área de Concentração: Sistemas Construtivos.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Barreto

SÃO CARLOS

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A474md Alves Netto, Ary Rodrigues
 Melhoria no desempenho lumínico e energético de
 edifícios com prateleiras de luz / Ary Rodrigues
 Alves Netto. -- São Carlos : UFSCar, 2016.
 136 p.

 Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de
 São Carlos, 2015.

 1. Construção civil. 2. Luz natural. 3. Eficiência
 energética. 4. Prateleira de luz. I. Título.




UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Ary Rodrigues Alves Netto, realizada em 27/04/2015:



Prof. Dr. Douglas Barreto
UFSCar



Profa. Dra. Luciana Marcia Gonçalves
UFSCar



Profa. Dra. Karin Maria Soares Chvatal
USP

Dedico este trabalho aos meus pais Ary e Vera
e à minha irmã Ana Paula

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por estar sempre ao meu lado, me guiando pelo caminho do bem.

Aos meus pais e irmã, pilares da minha vida.

A família Candalaft, minha família em São Carlos, que sempre esteve ao meu lado, durante todo o período do curso, me acolhendo como se fosse um membro da família.

Em especial ao meu orientador, **Prof. Dr. Douglas Barreto**, e minha coorientadora, **Prof^a. Dr^a. Maria Akutsu**, pelo apoio, dedicação, confiança, orientações precisas e seguras e principalmente por acreditarem em mim.

A minha grande amiga Mariana Guimarães, fiel companheira que sempre me acompanhou desde a Graduação, me incentivando e me recebendo em sua casa durante o período da pesquisa.

A minha amiga e madrinha Andréa Colares, sinônimo de garra e bom caráter, a quem serei eternamente grato por tudo aquilo que fez por mim.

Aos meus professores, que compartilharam tanto conhecimento, e em especial a Prof^a Sheyla, Prof. Paliari e ao Prof. Simar, que me acompanham desde o período da graduação.

A Prof^a Léa que sempre esteve pronta para me ouvir e ajudar.

Aos amigos Ludmilla, Juliana, Guilherme, Diego, Adriano, Maria Emilia, Ivan, Laís e Gildásio, companheiros fiéis durante essa jornada.

As amigas Márcia e Camila, que sempre estiveram prontas a me ajudar e orientar nas inúmeras vezes que precisei.

A amiga Adriana, por ter me recebido tão bem no IPT e por todas as orientações prestadas.

Ao IPT e FIPT pela bolsa concedida para realização do trabalho.

Aos funcionários da PPGE Civ e do IPT pela atenção e inúmeros préstimos, principalmente a Solange e a Melissa.

Aos engenheiros e arquitetos do EDF, por toda ajuda prestada.

RESUMO

O consumo de energia decorrente do desenvolvimento econômico dos países impacta diretamente sobre o meio ambiente e provoca investimentos na infraestrutura de geração de energia seja convencional ou alternativa. Os sistemas de iluminação são os responsáveis por grande parte da energia consumida nas edificações e no meio urbano, demandando ações em prol da eficiência energética. O emprego da luz natural é um dos fatores que mais contribuem para que se obtenha economia de energia na iluminação de edifícios. Neste trabalho o uso iluminação natural na melhoria do desempenho lumínico do edifício foi por meio da análise do comportamento de prateleiras de luz, redirecionando tanto a luz direta do sol como a difundida na abóbada celeste para o interior dos ambientes. Para a análise foram feitos modelos computacionais, de um edifício da UFSCar e outro do IPT, utilizando-se o programa TropLux. Os resultados das simulações dos edifícios indicam que o uso do dispositivo redirecionador da luz natural melhora os índices de iluminância e a distribuição dos mesmos nos ambientes estudados. Com os resultados das simulações, estimou-se o quanto se pode economizar de energia elétrica que seria gasta com iluminação artificial identificando-se o nível de eficiência energética do sistema estudado.

Palavras-chave: Luz natural; Eficiência energética; Prateleiras de luz.

ABSTRACT

Energy consumption due to the economic development of countries impacts directly on the environment and causes investments in the power generation conventional or alternative infrastructure. Lighting systems are responsible for much of the energy consumed in buildings and in urban areas, demanding action to improve energy efficiency. The use of natural light is one of the factors that contribute most to obtain energy savings in lighting on buildings. Using natural lighting in improving the lighting performance of the building will be through the analysis of light shelves behavior, redirecting both, direct sunlight and widespread in the celestial dome for indoor environments. To analyze were made computational models of a building on UFSCar and other in IPT, using TropLux software. The simulation results indicate that the use of redirector device of natural light in buildings improves illuminance levels and their distribution in the sites studied. With the simulations results, was estimated how much can be saved in electricity that would be spent floodlit by identifying the level of energy efficiency of the studied system.

Keywords: Daylight; Energy efficiency; Light shelves.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espectro visível da luz	5
Figura 2: Curvas de sensibilidade do olho humano	6
Figura 3: Luz do sol direta	7
Figura 4: Luz difundida no céu	8
Figura 5: Condições de céu claro – fotografia obtida por meio do uso de equipamento com lente olho de peixe	10
Figura 6: Condições de céu parcialmente encoberto – fotografia obtida por meio do uso de equipamento com lente olho de peixe	10
Figura 7: Condições de céu encoberto – fotografia obtida por meio do uso de equipamento com lente olho de peixe	11
Figura 8: Luz refletida pelo entorno	12
Figura 9: Exemplo de clara-boa	16
Figura 10: Exemplo de domus	17
Figura 11: Lanterna em igreja	17
Figura 12: Cobertura com shed	18
Figura 13: Esquema de utilização de heliostatos	19
Figura 14: Exemplo de instalação de fibra óptica	19
Figura 15: Duto de luz	20
Figura 16: Prateleira de luz instalada externamente à edificação	20
Figura 17: Prateleira de luz instalada internamente à edificação	21
Figura 18: Posicionamento vertical e profundidade da prateleira de luz	23
Figura 19: Posicionamento angular da prateleira de luz	24
Figura 20: Posicionamento da prateleira em locais de clima quente	25
Figura 21: Posicionamento das prateleiras em locais de clima temperado	25
Figura 22: Posicionamento das prateleiras em locais de clima frio	26
Figura 23: Módulos de cálculo do software EnergyPlus.	29
Figura 24: Esquema da metodologia aplicada.	31
Figura 25: Exemplo de um dos diagramas de áreas ensolaradas	43
Figura 26: Fachadas do edifício AT5	45
Figura 27: Interior do ambiente estudado no Estudo de Caso I.	46
Figura 28: Malha de pontos analisados - Estudo de Caso I	46
Figura 29: Modelo 1 – Beiral e brisa	47
Figura 30: Modelo 2 - Prateleira de luz a 1,80 metros do solo	47
Figura 31: Modelo 3 - Prateleira de luz a 2,20 metros do solo	48
Figura 32: Modelo 4 - Prateleira de luz a 2,60 metros do solo	48
Figura 33: Posicionamento das paredes da sala 102	49
Figura 34: Posicionamento dos pontos analisados	52
Figura 35: Gráfico das curvas de iluminância – Modelo 1	53
Figura 36: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 2	54
Figura 37: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 3	55
Figura 38: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 4	56
Figura 39: Temperaturas internas do ambiente estudado no Estudo de Caso I.	59
Figura 40: Fachadas do edifício Adriano Marchini	61
Figura 41: Interior do auditório	62
Figura 42: Malha de pontos analisados - Estudo de Caso II	63
Figura 43: Modelo sem prateleira de luz	64
Figura 44: Modelo com prateleira de luz instalada no peitoril	65
Figura 45: Modelo com prateleira de luz instalada no meio da altura do vão da janela	65
Figura 46: Localização dos pontos analisados	67

Figura 47: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 1	68
Figura 48: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 2	69
Figura 49: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 03	70
Figura 50: Temperaturas internas do ambiente estudado no Estudo de Caso II	73
Figura 51: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso I	85
Figura 52: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso I	86
Figura 53: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso I	87
Figura 54: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso I	88
Figura 55: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 1) - Estudo de Caso I	89
Figura 56: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 2) - Estudo de Caso I	90
Figura 57: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso I	91
Figura 58: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso I	92
Figura 59: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso I	93
Figura 60: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso I	94
Figura 61: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 1) - Estudo de Caso I	95
Figura 62: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 2) - Estudo de Caso I	96
Figura 63: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso I	97
Figura 64: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso I	98
Figura 65: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso I	99
Figura 66: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso I	100
Figura 67: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 1) - Estudo de Caso I	101
Figura 68: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 2) - Estudo de Caso I	102
Figura 69: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso I	103
Figura 70: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso I	104
Figura 71: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso I	105
Figura 72: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso I	106
Figura 73: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 1) - Estudo de Caso I	107
Figura 74: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 2) - Estudo de Caso I	108
Figura 75: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso II	109
Figura 76: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso II	110
Figura 77: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso II	111
Figura 78: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso II	112
Figura 79: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso II	113
Figura 80: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso II	114
Figura 81: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso II	115
Figura 82: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso II	116
Figura 83: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso II	117
Figura 84: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso II	118
Figura 85: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso II	119
Figura 86: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso II	120
Figura 87: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso II	121
Figura 88: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso II	122
Figura 89: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso II	123
Figura 90: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso II	124
Figura 91: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 13:00h; Altura solar: 76°; Azimute: 261°.	126

Figura 92: Áreas internas ensolaradas. Fachada: Noroeste; Horário: 14:00h; Altura solar: 63°; Azimute: 260°.	127
Figura 93: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 15:00h; Altura solar: 49°; Azimute: 259°.	128
Figura 94: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 16:00h; Altura solar: 35°; Azimute: 256°.	129
Figura 95: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 17:00h; Altura solar: 22°; Azimute: 252°.	130
Figura 96: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 18:00h; Altura solar: 9°; Azimute: 248°.	131
Figura 97: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Sudeste; Horário: 11:00h; Altura solar: 76°; Azimute: 99°.	132
Figura 98: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Sudeste; Horário: 10:00h; Altura solar: 63°; Azimute: 100°.	133
Figura 99: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Sudeste; Horário: 09:00h; Altura solar: 49°; Azimute: 101°.	134
Figura 100: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Sudeste; Horário: 08:00h; Altura solar: 35°; Azimute: 104°.	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Índices de iluminância	33
Quadro 2: Amostragem de edifícios	34
Quadro 3: Número de pontos para malha	37
Quadro 4: Dados de entrada do Dia Típico de Verão	38
Quadro 5: Refletâncias adotadas – Estudo de Caso I	49
Quadro 6: Propriedades dos materiais que compõem as superfícies do Estudo de Caso I	57
Quadro 7: Refletâncias das superfícies internas – Estudo de Caso II	65
Quadro 8: Propriedades dos materiais que compõem as superfícies do Estudo de Caso II	72
Quadro 9: Áreas internas ensolaradas – Estudo de Caso II	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados da simulação para junho (solstício de inverno)	35
Tabela 2: Resultados da simulação para dezembro (solstício de verão)	35
Tabela 3: Coeficientes de variação da iluminância – Estudo de Caso I	50
Tabela 4: Porcentagem de economia de energia elétrica – Estudo de Caso I	57
Tabela 5: Temperaturas internas registradas – Estudo de Caso I	58
Tabela 6: Coeficientes de variação da iluminância – Estudo de Caso II.	66
Tabela 7: Porcentagem de economia de energia elétrica – Estudo de Caso II.	71
Tabela 8: Temperaturas internas registradas – Estudo de Caso II	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO	2
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 FENÔMENOS FÍSICOS RELATIVOS À LUZ NATURAL	4
2.1.1 Luz	5
2.2 ILUMINAÇÃO NATURAL	6
2.2.1 Luz natural e ambiente interno	7
2.3 MÉTODOS DE CÁLCULO DA ILUMINÂNCIA	12
2.3.1 Método do Raio Traçado	13
2.3.2 Método Monte Carlo	14
2.3.3 Fator de Luz Diurna - FLD	14
2.4 SISTEMAS CONVENCIONAIS DE ILUMINAÇÃO NATURAL	15
2.4.1 Sistemas laterais	15
2.4.2 Sistemas zenitais	16
2.5 SISTEMAS NÃO CONVENCIONAIS DE ILUMINAÇÃO NATURAL	18
2.6 PRATELEIRAS DE LUZ	21
2.7 PROGRAMA DE SIMULAÇÃO LUMÍNICA - TROPLUX	27
2.8 PROGRAMA DE SIMULAÇÃO TÉRMICA - ENERGYPLUS	28
3 MÉTODO DE PESQUISA	31
3.1 DEFINIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	32
3.1.1 Definição do edifício do Estudo de Caso I	32
3.1.2 Definição do edifício do Estudo de Caso II	36
3.2 MÉTODOS PARA SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	36
3.2.1 Simulação computacional – Análise lumínica	37
3.2.2 Simulação computacional – Análise térmica	38
3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES	39
3.3.1 Análise da distribuição da iluminância	40

3.3.2 Análise do potencial de economia de energia elétrica	40
3.3.3 Método para verificação das áreas internas ensolaradas	42
4 ESTUDOS DE CASO	44
4.1 EDIFÍCIO NA UFSCAR – AT5	44
4.1.1 Análise lumínica do objeto do Estudo de Caso I - UFSCar	45
4.1.2 Coeficiente de variação da iluminância	50
4.1.3 Distribuição da iluminância	51
4.1.4 Análise do potencial de economia de energia elétrica	56
4.1.5 Análise térmica do objeto do Estudo de Caso I - UFSCar	57
4.1.6 Discussão das comparações entre as simulações	59
4.2 EDIFÍCIO NO IPT – PRÉDIO 1 “ADRIANO MARCHINI”	60
4.2.1 Análise lumínica do Estudo de Caso II - IPT	62
4.2.2 Coeficiente de variação da iluminância	66
4.2.3 Distribuição da iluminância	67
4.2.4 Análise do potencial de economia de energia elétrica	71
4.2.5 Análise térmica do Estudo de Caso II - IPT	71
4.2.6 Análise das áreas internas ensolaradas	73
4.2.7 Discussão das comparações entre as simulações	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	77
GLOSSÁRIO	83
APÊNDICE A – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES LUMÍNICAS	84
APÊNDICE B – DIAGRAMAS DAS ÁREAS INTERNAS ENSOLARADAS	125
ANEXO A – PLANTA DO CAMPUS SÃO CARLOS - UFSCAR	136

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de se estudar o uso racional dos recursos energéticos advém do alto consumo de energia elétrica gasto com iluminação e da grande disponibilidade de luz natural. Silva (2005) afirma em seus estudos que os sistemas de iluminação artificial são os responsáveis por significativa parcela do total de energia consumida em edificações.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2014) nas previsões de consumo de energia elétrica até o ano 2023, o crescimento médio anual da demanda total de eletricidade será de 5,5% ao ano para a classe comercial, 4,3% ao ano para a residencial e de 3,4% para as demais classes e a industrial, no Brasil.

Neste contexto, o emprego de tecnologias avançadas de iluminação natural pode contribuir na redução do consumo de energia dos edifícios, reduzindo o consumo de iluminação elétrica (TOLEDO, 2013). Sendo assim, passa-se a estudar meios de se otimizar o uso da luz natural, por meios não convencionais de iluminação.

Redirecionar a luz natural preenche a lacuna deixada pelos sistemas convencionais, ou seja, complementa a iluminação que originalmente seria feita por meio de janelas e claraboias, permitindo que a luz natural seja conduzida a locais distantes das aberturas. Outro aspecto positivo do redirecionamento da luz natural é a possibilidade de se melhorar a distribuição dos níveis de iluminância dos ambientes, além de diminuir as zonas de calor e ofuscamento próximas à janela.

Um dos dispositivos redirecionadores são as prateleiras de luz, objeto de estudo deste trabalho. Além da função de redirecionar a luz, também são dispositivos de sombreamento, podendo substituir os beirais das edificações. Portanto melhoram a uniformidade das iluminâncias internas, evitam a ocorrência de ofuscamento e minimizam a temperatura nas áreas próximas as janelas, além de permitir a economia de energia elétrica gasta com os sistemas de iluminação artificial durante o período diurno.

Diferentes pesquisas, principalmente da literatura estrangeira, analisaram o desempenho lumínico das prateleiras de luz e a influência no conforto visual a partir do uso destes sistemas no ambiente construído. Os resultados evidenciam as vantagens destes sistemas: melhor distribuição da iluminação natural no ambiente; ao ser usado com sistemas simples de iluminação, complementam a iluminação

requerida e melhoram a iluminação nas áreas mais distantes e profundas dos ambientes; da mesma forma podem suprimir a necessidade de iluminação elétrica diurna (FREEWAN, A. A., SHAO, L. e RIFFAT, S., 2008; SANATI, L., UTZINGER, MAYHOUB, M. S., 2014; MA. Z., 2013; XUE, P., MAK, C. M. e CHEUNG, H. D., 2014; GAGO, E. J. et al, 2015;).

Portanto, por meio dos estudos já realizados, as prateleiras de luz, dispositivos redirecionadores da luz natural, proporcionam maior conforto visual, térmico e economia de energia.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo identificar as melhorias na iluminação natural de dois ambientes com características de uso diferentes, e o potencial de economia de energia elétrica com o uso de prateleiras de luz, além de verificar a influência das prateleiras de luz na temperatura do ar interno.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Posteriormente ao capítulo de introdução, segue-se a Revisão Bibliográfica, com uma abordagem sobre os tópicos pertinentes ao entendimento deste trabalho. Inicia-se com a descrição dos fenômenos físicos relativos à luz natural, para que fosse possível o entendimento de como a luz é conduzida até os ambientes. Então inicia-se as explicações sobre a luz natural, discorrendo sobre as fontes de emissão ou difusão e a influência das características de céu na disponibilidade de luz natural. Então são abordados alguns métodos matemáticos que são utilizados para o cálculo da iluminação natural. O uso da luz natural nas edificações é abordado pelas explicações sobre os sistemas de iluminação, convencionais ou não, para que então se prossiga para a apresentação do conceito de Prateleiras de Luz. O uso e eficiência das prateleiras são discutidos, com base em trabalhos já publicados. São apresentados alguns estudos e os resultados conseguidos nestes.

O capítulo seguinte discorre sobre o método de pesquisa, onde são demonstrados como os Estudos de Caso foram selecionados, as simulações com programa computacional foram feitas e como os dados foram analisados.

No quarto capítulo, são mostrados os resultados obtidos por meio das simulações realizadas, verificando-se o comportamento das prateleiras utilizadas em diferentes alturas e configurações.

Por fim, o quinto capítulo trata das considerações finais, que mostram os resultados obtidos e as dificuldades encontradas neste estudo. Sugerem-se alguns assuntos, para trabalhos futuros, com base em questões e limitações surgidas durante a pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica dos assuntos relacionados ao tema desta dissertação, aborda aspectos referentes aos fenômenos físicos relacionados à luz; métodos de cálculo de iluminância; iluminação natural; sistemas de iluminação; e simulação computacional.

2.1 FENÔMENOS FÍSICOS RELATIVOS À LUZ NATURAL

Para a compreensão do fenômeno de condução da luz é necessário o entendimento dos fenômenos físicos relativos à luz natural e à iluminação proveniente desta. A luz por não ser palpável, mas visível, é um fenômeno abstrato, portanto de difícil compreensão. Desse modo, o entendimento dessa energia e dos efeitos provocados ou associados a sua propagação são comentados neste item (HOPINKSON, PETHERBRIDGE e LONGMORE, 1966).

Além de ser visível, a luz também pode ser sentida, e estas explicações são obtidas por meio do comportamento físico da mesma. O comportamento da luz pode ser entendido por meio de quatro fenômenos, sendo eles, reflexão; refração; difusão; e absorção.

Quando o raio de luz incide sobre uma superfície, parte da luz é distribuída em várias direções e outra parte absorvida, caracterizando o fenômeno da difusão e absorção respectivamente. (EGAN e OLGAY, 2002).

Essa distribuição da luz pode ser por reflexão e/ou refração luminosa, sendo esses os fenômenos responsáveis por tornar a luz visível, visto que o que enxergamos são os efeitos da distribuição ocasionados pela reflexão da luz ao incidir em determinada superfície e banhar os objetos, ou da refração ao ser transmitida através de um meio transparente ou translúcido (HOPINKSON, PETHERBRIDGE e LONGMORE, 1966). A quantidade e qualidade da luz refletida e/ou refratada são determinadas pela refletância das superfícies nas quais a luz foi incidida.

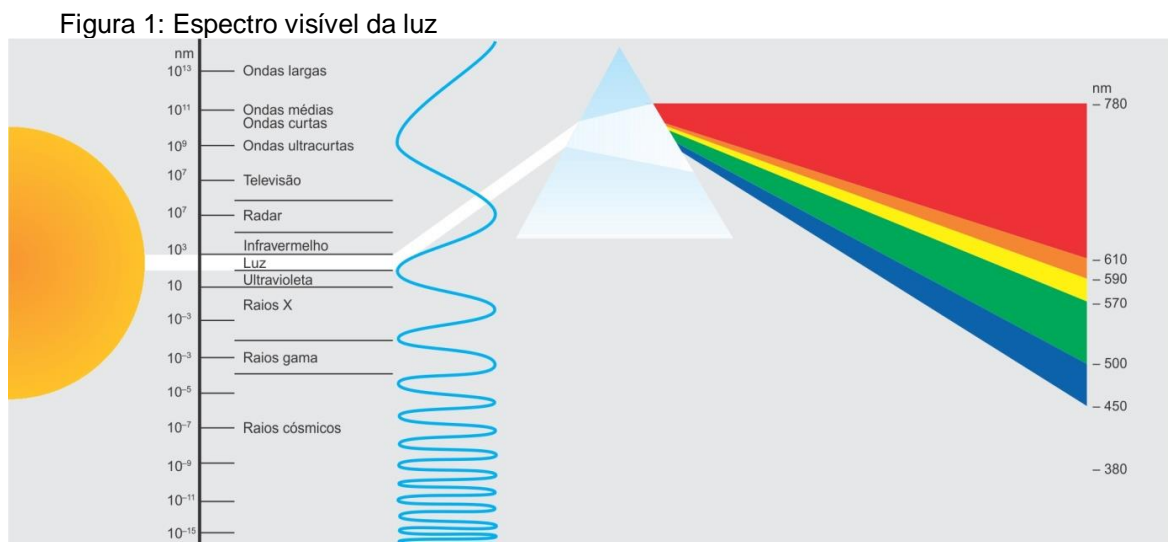
A sensação da luz é percebida pelo fenômeno da absorção, ou seja, pela parcela de luz que foi absorvida pela superfície na qual a luz incidiu e que posteriormente será dissipada em forma de calor. Esta quantidade de calor está

diretamente relacionada com as características dos materiais que compõem a superfície, sendo elas: condutividade térmica; calor específico; absorvância térmica e densidade (HOPINKSON, PETHERBRIDGE e LONGMORE, 1966).

2.1.1 Luz

A energia emitida pelo Sol, maior fonte de energia eletromagnética quando comparada com outras fontes de emissão do mesmo tipo de energia, possui três espectros principais: o infravermelho - responsável pelo calor; o espectro visível, ou luz; e o ultravioleta – responsável pelo efeito higiênico da radiação (pois mata bactérias e fungos), pela despigmentação de alguns tipos de tecidos, pelo bronzeamento da pele, etc (LUZ, 2009).

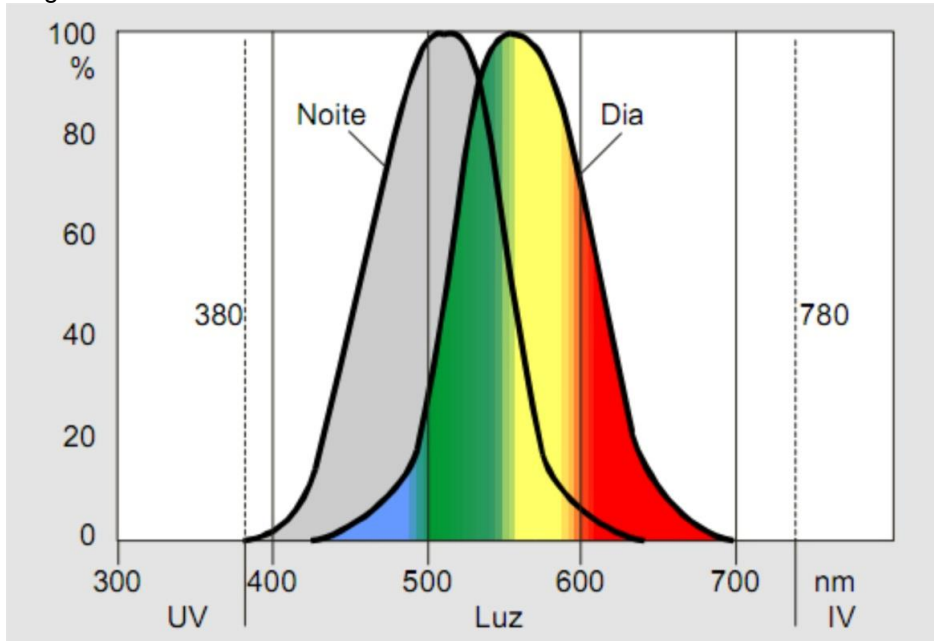
A Figura 1 mostra o espectro visível da luz, intervalo de onda, compreendido entre as radiações ultravioletas, de menor comprimento de onda - 380 nm, e as radiações infravermelhas, de maior comprimento de onda - 780 nm. São essas ondas que têm a capacidade de estimular a retina do olho humano, produzindo, além da sensação luminosa a impressão das cores.



O olho humano não é igualmente sensível a todas as cores, na Figura 2 vê-se que a máxima sensibilidade do olho humano passa do comprimento de onda de 555

nm (visão fotópica – cores amarelas esverdeadas) para 508 nm, em baixos níveis de luminância (visão escotópica - cores verdes azuladas).

Figura 2: Curvas de sensibilidade do olho humano



Fonte:OSRAM, 2014.

Um ambiente iluminado adequadamente garante a correta percepção das cores, sendo importante, portanto que a correta iluminância seja garantida a um ambiente de acordo com seu uso e ocupação.

2.2 ILUMINAÇÃO NATURAL

A luz natural proporciona uma iluminação de maior qualidade não só aos ambientes internos, mas também para seus usuários, quando comparada a iluminação artificial (KRUM, 2011). A iluminação natural afeta diretamente o ser humano tanto física quanto psicologicamente.

A luz do dia influencia diretamente a vida do ser humano, pois interfere na saúde e desempenho do homem, uma vez que o mesmo obedece ao ciclo circadiano, ou seja, um ciclo de vinte e quatro horas, aumentando as funções vitais durante o dia e diminuindo durante a noite (FERNANDES, 2008).

O aproveitamento da iluminação natural, particularmente nas instalações com ocupação predominantemente diurnas, pode contribuir significativamente não só para

o conforto visual e para o bem-estar dos seus ocupantes, mas também para a sua eficiência energética. (FERNANDES, 2008)

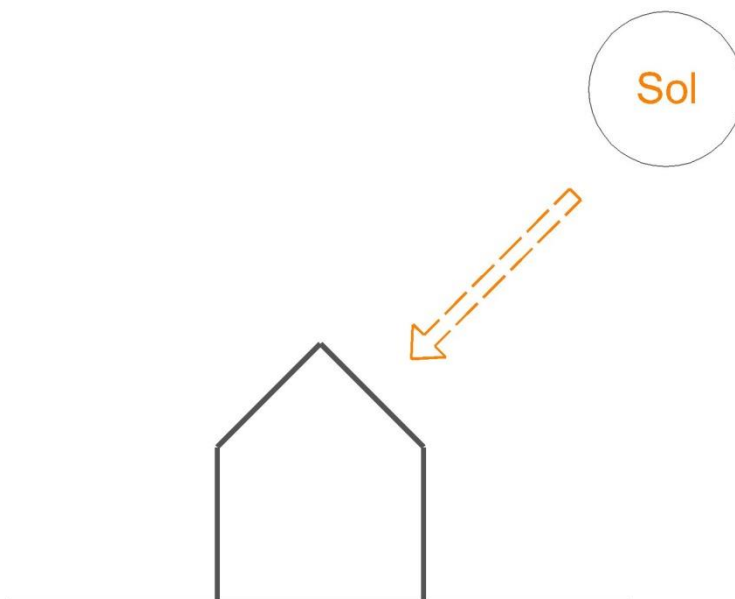
2.2.1 Luz natural e ambiente interno

A qualidade de iluminação proporcionada pela luz natural em um ambiente está condicionada a sua fonte de emissão. Essas de emissão podem ser a luz direta do sol, fonte primária; a luz do sol difundida no céu, na abóbada celeste; ou a luz rerefletida no entorno.

2.2.1.1 Luz direta do sol

O Sol é a fonte primária de iluminação, porém, quando se trata de projeto, a mesma é evitada, considerando apenas a luz difusa e refletida pelo entorno. Isto se justifica em razão da radiação solar direta ser intensa podendo causar problemas como o ofuscamento e ganhos térmicos excessivos e indesejáveis (ALBUQUERQUE, 2010). A Figura 3 mostra a incidência direta da luz do sol sobre a superfície.

Figura 3: Luz do sol direta



No Brasil, devido sua localização geográfica compreendida entre as latitudes 0° e 32° Sul, os valores de iluminação registrados, nos espaços abertos, ultrapassam todos os valores estabelecidos em norma para o desenvolvimento de atividades no interior das edificações (KRUM, 2011). A norma NBR 8995-1/13 (ABNT, 2013b) relaciona alguns locais de trabalho com valores de iluminância que deveriam ser adotados, sendo que os valores registrados nos ambientes externos excedem qualquer parâmetro recomendado, por isso a luz direta do sol deve ser evitada.

2.2.1.2 Luz difundida no céu/abóbada celeste

O céu difunde parte da luz solar, e de certa forma passa a ser uma fonte luminosa, como ilustra a Figura 4. O processo de difusão pode ser entendido como resultado simultâneo de processos de absorção, reflexão e refração da luz pelas moléculas do ar e partículas em suspensão (ARAUJO, 2006; FIUZA, 2008; KRUM, 2011). A luz do céu por ser difusa, é distribuída e menos intensa que a luz direta do Sol, produzindo uma iluminação, sem direcionamento específico e, portanto não gera maiores sombreamentos (CIAMPINI, 2005).

Figura 4: Luz difundida no céu



Por não ser refletida de forma difusa, a luz do céu evita a projeção de sombras no interior das edificações, que poderiam ser causadas por obstruções nas regiões do entorno do ambiente ou até mesmo por elementos estruturais, como beirais.

Essa difusão da luz é variável conforme as condições do céu, ou seja, de acordo com a nebulosidade, portanto é necessário que se conheça e saiba classificar os tipos de céus (VIANNA e GONÇALVES, 2007; KRUM, 201).

Hopinkson, Petherbridge e Longmore (1966) afirmam que a distribuição das luminâncias no céu variam de acordo com vários aspectos como: movimentação aparente do sol no céu; em função da hora do dia e da estação do ano; e da posição do edifício. Características antrópicas locais, também afetam a iluminação natural, como a poluição do ar e partículas de poeira em suspensão (ARAUJO, 2006).

A iluminação proveniente do céu é, geralmente, obtida a partir de uma análise estatística de medições em longo prazo. Portanto, para que possam ser executados todos os tipos de cálculos de iluminação natural, são necessárias informações sobre as distribuições de luminância do céu, relativas e absolutas, e sobre os valores absolutos da iluminação do céu. Estes elementos dependem da natureza e da abundância de nuvens. Tanto os céus claros como os encobertos, têm distribuições de luminância que podem ser previstas com alguma precisão, já os intermediários são mais difíceis de serem previstos (HOPINKSON, PETHERBRIDGE E LONGMORE, 1966).

Devido à complexidade de se prever e caracterizar fielmente as condições reais de céu, com a finalidade de se alcançar o máximo de precisão nos valores de luminâncias, a Commission Internationale de L'Éclairage - CIE padroniza 15 tipos de céus de acordo com suas luminância (CIE, 2003).

Outras organizações, as quais se pode citar Chartered Institution of Building Services Engineers - CIBSE, Illuminating Engineering Society of North America - IESNA, Deutsches Institut für Normung - DIN e Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, também descrevem os tipos de céus, além do CIE, apresentando teorias, métodos de cálculo e projeto de aberturas com estudos mais específicos para cada localidade buscando representar com maior fidelidade as condições do céu típico (MARTINS, 2011).

Dentre os tipos de céu, podem-se citar os três principais. O céu claro, que para Hopinkson, Petherbridge e Longmore (1966) é caracterizado por uma aura de luz muito brilhante ao redor do sol, como pode ser observado na Figura 5. Neste tipo de

céu o sol é a fonte de luz mais brilhante, uma fonte pontual de energia que produz sombras muito acentuadas (EGAN e OLGAY, 2002).

Figura 5: Condições de céu claro – fotografia obtida por meio do uso de equipamento com lente olho de peixe



Fonte: Luz (2009).

O segundo tipo, céu parcialmente encoberto apresenta distribuição de iluminância simétrica em relação ao zênite (HOPINKSON, PETHERBRIDGE E LONGMORE, 1966), é mais brilhante nesta região do que na linha do horizonte, decaindo cerca de um terço do brilho (EGAN e OLGAY, 2002). A figura 6 apresenta imagem do céu tipo parcialmente encoberto.

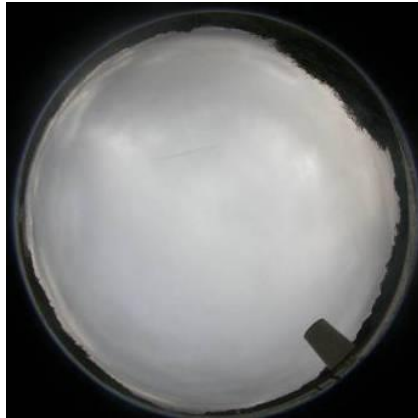
Figura 6: Condições de céu parcialmente encoberto – fotografia obtida por meio do uso de equipamento com lente olho de peixe



Fonte: Luz (2009).

O terceiro tipo, céu encoberto ocorre quando as nuvens cobrem completamente o céu, diz-se que o mesmo está encoberto. A luminância é a mesma em qualquer ponto acima do horizonte com a mesma altura solar, conforme Figura 7. Essa homogeneidade da luminância é devida a luz do céu ser distribuída de forma uniforme, sendo até mais brilhante que os outros dois tipos de céu (HOPINKSON, PETHERBRIDGE e LONGMORE, 1966).

Figura 7: Condições de céu encoberto – fotografia obtida por meio do uso de equipamento com lente olho de peixe

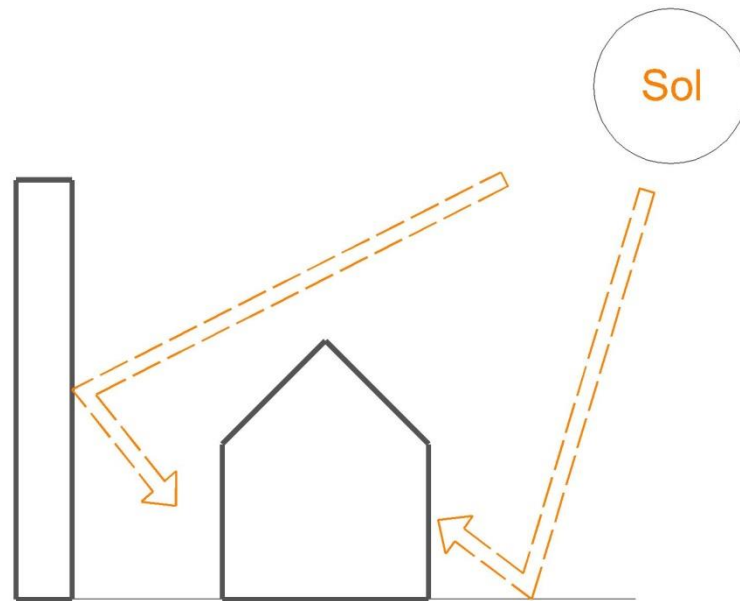


Fonte: Luz (2009).

2.2.1.3 Luz refletida no entorno

Além do sol e do céu, ainda pode ser considerado como fonte luz, de forma indireta, o entorno natural ou construído, por se tratar de uma fonte difusora de luz, contribuindo para a recepção da luz natural no interior do ambiente (BOGO, 2007). A luz refletida no entorno é composta, tanto pela luz refletida nas obstruções externas, naturais ou artificiais, como pela luz refletida pelo solo, como apresentada na figura 8.

Figura 8: Luz refletida pelo entorno



As características naturais da paisagem, como montanhas e árvores, são as obstruções naturais, já as construções executadas pelo homem, são as obstruções artificiais, sendo assim, o entorno construído tem a particularidade de ser a única fonte refletora de luz do dia feita pelo homem (ARAÚJO, 2006).

O processo de difusão da luz é influenciado tanto pelas atividades humanas desenvolvidas no local quanto pelas características das superfícies externas, como refletâncias dos materiais empregados nas fachadas, refletâncias do solo e a angulação das obstruções, sendo esses fatores determinantes para a qualidade e quantidade da luz natural que entorno pode oferecer (ARAÚJO, 2006 e ALBUQUERQUE, 2010).

2.3 MÉTODOS DE CÁLCULO DA ILUMINÂNCIA

A iluminância pode ser calculada por meio de métodos e ferramentas de cálculos baseados em modelos que podem ser matemáticos ou físicos. Os modelos físicos são aplicáveis por meio de ferramentas analíticas, gráficas e computacionais (LUZ, 2009).

Os principais modelos matemáticos para o cálculo da iluminação natural são: método do raio traçado, método Monte Carlo e método do fator de luz diurna – FLD (CABÚS, 2002).

O modelo físico é uma ferramenta muito utilizada na arquitetura para analisar diversos aspectos durante a fase de projeto. Quando adotada no estudo das soluções para iluminação natural, permite análises qualitativas e quantitativas com poucos recursos (LUZ, 2009).

2.3.1 Método do Raio Traçado

O método pode ser resumido como a perseguição ao traçado deixado por um determinado raio luminoso. O conceito básico é que o observador vê um ponto em uma superfície como resultado da interação entre a superfície, naquele ponto, com os raios emanados de qualquer lugar na cena, seja através da iluminação direta de uma fonte, seja por reflexão ou refração na incidência sobre outras superfícies (CABÚS, 2002).

O Método do Raio Traçado baseia-se na técnica de seguir o caminho de um raio entre superfícies. Inicialmente, a abordagem foi desenvolvida no campo da computação gráfica, por ele analisar cenas complexas. Mais tarde, seu uso foi generalizado e o cálculo de iluminação tornou-se o campo onde ele é mais bem aplicado (CABÚS, 2002).

O cálculo pode ser feito tanto se considerando a trajetória do raio a partir da fonte até o alvo quanto ao contrário, ou seja, para frente ou para trás.

A principal característica do Método do Raio Traçado é a possibilidade de se analisar geometrias complexas, ao contrário da maioria dos métodos que apenas analisam geometrias simples (CABÚS, 2002).

Outro ponto forte é que o Método aborda os eventos de colisão, como reflexão e transmissão, e não se restringe apenas a difusão. As simulações considerando reflexão especular e transmissões regulares são simples, e não há restrição para a simulação da difusão e eventos compostos (CABÚS, 2002).

No entanto, para difusão e fenômenos compostos, o tempo de processamento dos dados é muito longo. Para melhorar a performance deve-se considerar a

utilização de um algoritmo matemático mais sofisticado, neste caso o Método Monte Carlo pode suprir esta necessidade (CABÚS, 2002).

2.3.2 Método Monte Carlo

O Método Monte Carlo é uma abordagem numérica estatística para a solução de integrais múltiplas. Baseia-se na seguinte premissa: se a probabilidade de ocorrência de cada evento separado em uma sequência de eventos é conhecida, então é possível determinar a probabilidade de que toda a sequência de eventos ocorra (CABÚS, 2002).

Para a iluminação, o método é utilizado para integrar todas as reflexões calculadas pelo método do raio traçado, ou seja, calcula as interreflexões originárias de acordo com a geometria do ambiente. Este método faz o cálculo para geometrias simples e complexas, inclusive mesmo quando as reflexões não são perfeitamente difusas (CABÚS, 2002).

A abordagem Monte Carlo fornece um meio de cálculo quando os métodos analíticos são impossíveis ou computacionalmente caros. É particularmente eficaz no tratamento de problemas multi dimensionais como a troca de radiação em uma geometria complexa (CABÚS, 2002).

No entanto, uma questão crítica é que o tempo de cálculo necessário pode ser excessivo. Em geral, a incerteza estatística é inversamente proporcional à raiz quadrada do tamanho da amostra. Portanto, o método depende da existência de algoritmos eficientes que otimizam o uso de loops e excluem processamentos desnecessários (CABÚS, 2002).

2.3.3 Fator de Luz Diurna - FLD

Representa a razão entre a iluminação interior e a iluminação simultaneamente disponível no exterior, estimada em porcentagem, em condições de céu encoberto (HOPINKSON, PETHERBRIDGE E LONGMORE, 1966).

A principal característica do FLD é a constância. Embora a luz do dia, no exterior, possa aumentar ou diminuir, o FLD permanece constante, modificando a

iluminação interior simultaneamente com a luz do dia exterior (HOPINKSON, PETHERBRIDGE E LONGMORE, 1966).

Ele permite o conhecimento do percentual de luz natural disponível para um ponto dentro do ambiente em relação à luz disponível externamente (HOPINKSON, PETHERBRIDGE E LONGMORE, 1966).

Como questão crítica, cita-se o fato do FLD não ser calculado para locais onde o céu seja claro ou parcialmente encoberto, uma vez que o mesmo não considera a parcela da luz direta do sol.

2.4 SISTEMAS CONVENCIONAIS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

Os sistemas convencionais de iluminação natural são aqueles comumente projetados para os edifícios, as janelas e as aberturas zenitais. As aberturas laterais possuem como principais funções iluminar, ventilar e promover a visão do exterior (LUZ, 2009). Esses sistemas podem não ser suficientes para promover a iluminação adequada, pois a área envidraçada pode não permitir a luminosidade suficiente para os pontos mais afastados da abertura.

Com relação às janelas, deve-se considerar o ofuscamento, direto ou reflexivo, ocasionado pela incidência dos raios solares, além de tornar os locais mais próximos da abertura desconfortáveis termicamente (KRUM, 2011).

As aberturas zenitais, geralmente, proporcionam iluminação homogênea, oriunda do teto, desejada para o conforto do usuário. No entanto, não tem o atrativo da vista exterior e em edifícios com vários pavimentos apenas um pode ser beneficiado diretamente por essa solução (LUZ, 2009).

2.4.1 Sistemas laterais

As aberturas laterais, janelas, são as soluções mais frequentemente utilizadas para proporcionar iluminação dos ambientes, mesmo não sendo em todos os casos a melhor solução a ser adotada, pois podem ocasionar excesso de carga térmica, ofuscamento e níveis inadequados de iluminâncias. Para Luz (2009) os principais problemas para a iluminação vinda de aberturas laterais são: queda do nível de

iluminância com a profundidade do ambiente e presença do plano iluminado no campo visual do observador causando ofuscamento.

2.4.2 Sistemas zenitais

A iluminação por meio de sistemas zenitais ocorre por aberturas na cobertura da edificação, comumente utilizada em locais cujo pé direito seja muito alto ou com áreas à serem iluminadas muito grandes. Permite distribuição mais homogênea da luz, diferentemente das aberturas laterais, que permitem a passagem da luz, porém com distribuição das iluminâncias de forma não uniforme. Porém, assim como as janelas, também apresenta um ponto negativo, pois caso a abertura não seja bem dimensionada pode causar um grande desconforto térmico para as pessoas, devido a energia excessiva que possa penetrar no local (CABÚS, 1997).

As tipologias mais comuns de aberturas zenitais são as claraboias, domus, lanternins e sheds. Os dois primeiros tipos, Figuras 9 e 10, são mais utilizados em residências e obras cuja área de cobertura não seja tão grande, porém dificultam controle da luz, permitindo a entrada da radiação direta em grande parte do ano para latitudes semelhantes à brasileira.

Figura 9: Exemplo de claraboia



Fonte: Disponível em:
<http://institutoecoacao.blogspot.com.br/2013/08/claraboia-inovadora-transforma-se-em.html>. Acesso em: 25 jul 2014

Figura 10: Exemplo de domus



Fonte: Disponível em: http://www.formalux.com.br/texto-b52-domo_zenital.html. Acesso em: 25 jul 2014

Já os lanternins podem ser observados em locais como igrejas, por exemplo, como na Figura 11, e os sheds geralmente utilizados em galpões, conforme Figura 12, e possui além da função de iluminação, contribuir com o sistema de ventilação.

Figura 11: Lanternim em igreja



Fonte: Disponível em:
<http://portofofotos.blogspot.com.br/2012/07/134-igreja-de-s-jose-das-taiipas-parte.html>. Acessado em: 25 jul 2014.

Figura 12: Cobertura com shed



Fonte: Disponível em:
<http://www.archiproducts.com/pt/produtos/1687/cobertura-pre-fabricada-em-betao-armado-cobertura-z-shed-zanon-prefabbricati.html>. Acessado em: 25 jul 2014.

2.5 SISTEMAS NÃO CONVENCIONAIS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

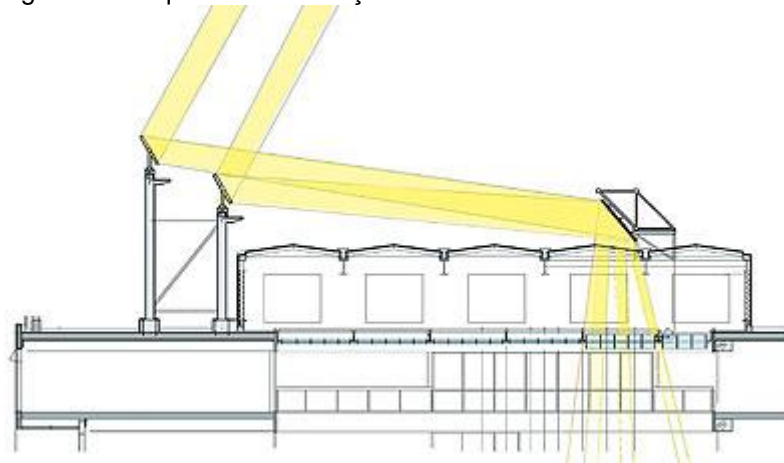
Os sistemas não convencionais de iluminação visam suprir as lacunas deixadas pelos sistemas convencionais, ou seja, complementar a iluminação de um ambiente que seria iluminado apenas por meios convencionais.

Segundo Luz (2009) esses sistemas agem como complementadores da iluminação natural, pois a redirecionam até onde seja necessário ou não se permita a aplicação de soluções convencionais, como por exemplo, nos subsolos.

Os sistemas não convencionais de iluminação podem ser divididos em três tipos, captadores, condutores e difusores, cada qual atuando de maneira diferente com relação à forma de redirecionar a luz natural (LUZ, 2009). Esses sistemas também podem ser compostos por mais de uma tipologia descrita anteriormente, e dessa forma compondo um sistema mais complexo, porém com a mesma aplicabilidade e função, redirecionar a luz natural.

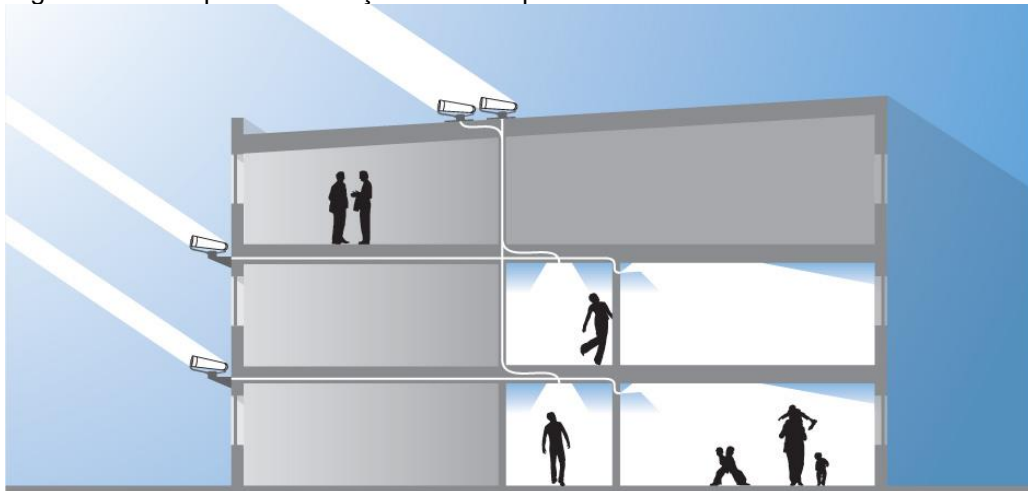
Os sistemas captadores de luz solar tem a função de captar a iluminação de determinada faixa de céu, com o intuito de redirecionar essa luz para algum ponto específico ou conduzi-la por meio de sistemas condutores. Esses equipamentos podem ser fixos ou móveis (LUZ, 2009). A Figura 13 mostra um exemplo de sistema de captação da luz por meio de um heliostato e a Figura 14 mostra o exemplo de um sistema de captação da luz solar por meio de fibras ópticas.

Figura 13: Esquema de utilização de heliostatos



Fonte: Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/141/artigo286558-2.aspx>. Acesso em mar 2015.

Figura 14: Exemplo de instalação de fibra óptica



Fonte: Disponível em: <http://www.parans.com/eng/sp3/>. Acesso em 01 ago 2014.

Os condutores de luz natural transportam a luz que incide sobre eles até o local que se deseja iluminar, como mostrado na figura 15. Essa condução é feita através do fenômeno da reflexão, podendo ser pelas próprias propriedades físicas do material

que conduz, no caso das guias sólidas, ou do revestimento interno do sistema, como por exemplo, espelhos no interior dos dutos de luz (LUZ, 2009)

Figura 15: Duto de luz



Fonte: Disponível em: <http://www.solatube.com/>. Acesso em 01 ago 2014.

Os sistemas difusores de luz espalham a luz incidente sobre a sua superfície, como é o caso das prateleiras de luz, ilustrado nas Figuras 16 e 17, que redirecionam a luz natural para dentro de um ambiente, espalhando a claridade por meio da difusão dos raios solares.

Figura 16: Prateleira de luz instalada externamente à edificação



Fonte: Disponível em:
http://www.boora.com/index.php/projects/k-12-schools/clackamas_high_school.
Acesso em 01 ago 2014.

Figura 17: Prateleira de luz instalada internamente à edificação



Fonte: Disponível em:
<http://media.designerpages.com/3rings/2010/12/15/brightshelf-light-shelf-brings-natural-light-inside/>. Acesso em 01 ago 2014.

2.6 PRATELEIRAS DE LUZ

Segundo Fell (2002) as prateleiras de luz são elementos horizontais instalados nas aberturas laterais, podendo ser externos e/ou internos com a superfície superior refletora (FREEWAN, 2010). Atuam como dispositivo de sombreamento que bloqueia a luz solar direta, redirecionando-a para o teto e melhorando a distribuição da luminosidade nos pontos mais distantes da abertura lateral (MAIOLI, TAUFNER e ALVAREZ, 2014).

Este redirecionamento da luz diminui o ofuscamento direto ocasionado pela luz direcionada diretamente para o campo visual; e o reflexivo, que é ocasionado pela reflexão da luz diretamente no plano de trabalho, além de minimizar o aquecimento das áreas próximas às aberturas, permitindo a melhoria do conforto térmico (FREEWAN, 2010; MAIOLI, TAUFNER e ALVAREZ, 2014).

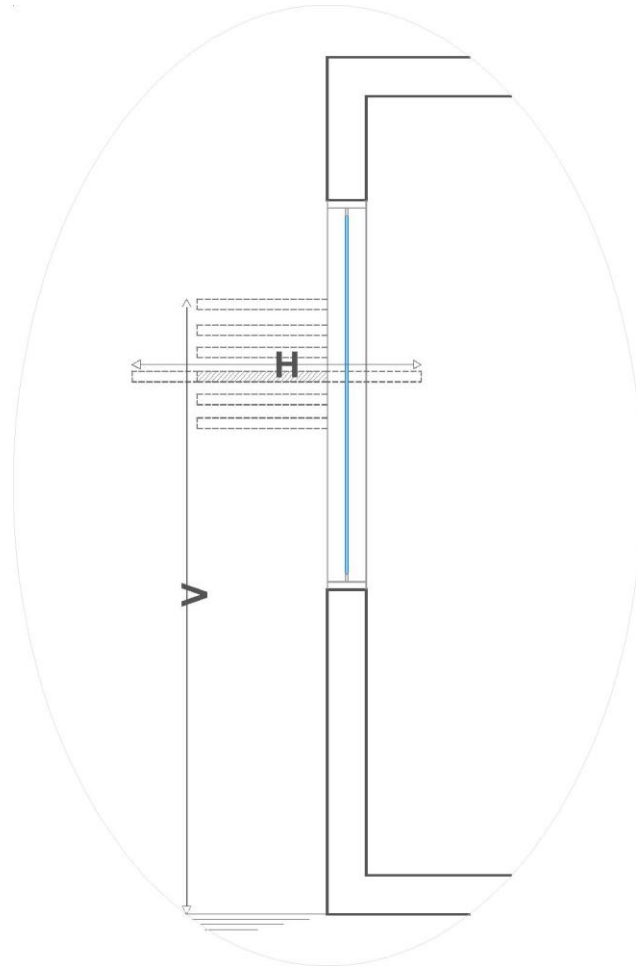
A reflexão da luz redirecionada varia de acordo com as características da superfície superior do dispositivo. Uma reflexão mais efetiva é obtida quando a superfície é clara e lisa ou espelhada, quando comparada a uma escura e rugosa, em

contrapartida, as superfícies lisas permitem maior transmissão de calor por convecção do que as rugosas (FELL, 2002).

A otimização da reflexão da luz está diretamente relacionada com algumas variáveis envolvendo tanto o ambiente no qual a prateleira será instalada quanto o próprio dispositivo. Tanto Graziano Junior (2000) quanto Freewan (2010) indicam: a altura e profundidade (posicionamento vertical); orientação solar e horários (posicionamento angular); e condições climáticas do local (posicionamento horizontal), como variáveis que afetam a eficiência do sistema, quais sejam:

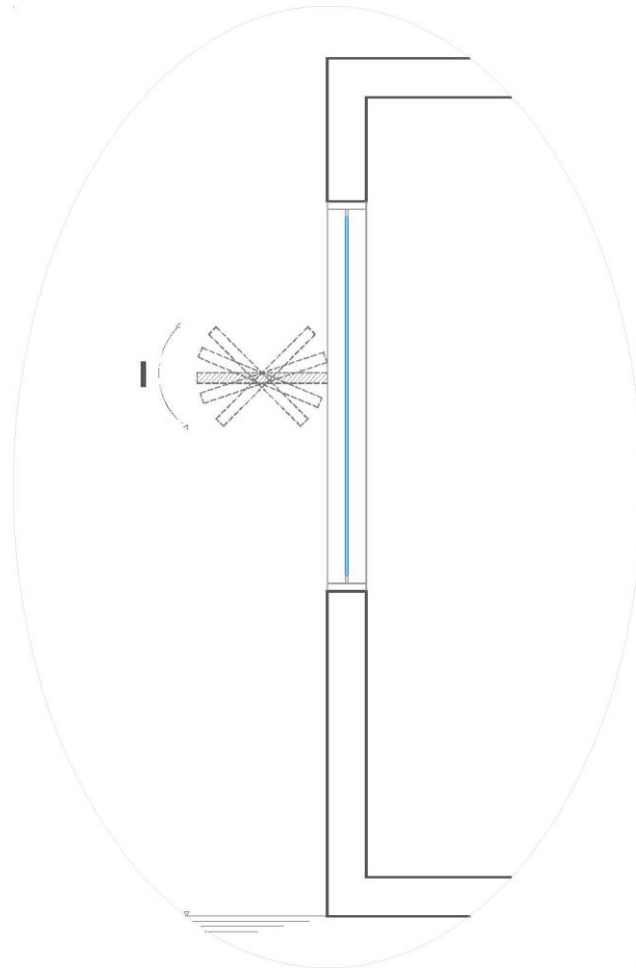
- as prateleiras devem estar localizadas o mais baixo possível de forma a refletir o máximo da insolação para o teto, acima do nível da visão, normalmente a partir de 1,90 metros, medidos do chão, e compondo esteticamente com as demais aberturas e elementos construtivos. Com relação à profundidade, as dimensões da prateleira variam de acordo com o bloqueio desejado da insolação direta na área próxima da janela. A Figura 18 mostra essa variação de posicionamento da prateleira.
-

Figura 18: Posicionamento vertical e profundidade da prateleira de luz



- as orientações solares e horários do dia determinam a inclinação das prateleiras, podendo ocorrer em um sentido ou em outro, ou seja, inclinadas para baixo ou para cima, conforme Figura 19, de acordo com o objetivo que se queira alcançar. Como objetivos entende-se o bloqueio ou o ingresso de mais ou menos luz no interior do ambiente pela parte superior da janela. Sendo assim, a variação do ângulo de inclinação com relação a horizontal influencia de maneira considerável.

Figura 19: Posicionamento angular da prateleira de luz



- em locais de clima quente as aberturas laterais não deveriam receber incidência direta do sol, sendo assim, as prateleiras deveriam ser instaladas do lado externo, sombreando toda a abertura, conforme disposição apresentada na Figura 20. Em climas temperados, a instalação das prateleiras tanto do lado interno quanto do lado externo proporcionando o sombreamento e ganho térmico ao mesmo tempo, como ilustra a Figura 21. Já em locais de clima frio, o ganho de calor é necessário, portanto as prateleiras instaladas totalmente no interior do ambiente evitam o

sombreamento das áreas próximas das aberturas, como apresentada na Figura 22.

Figura 20: Posicionamento da prateleira em locais de clima quente

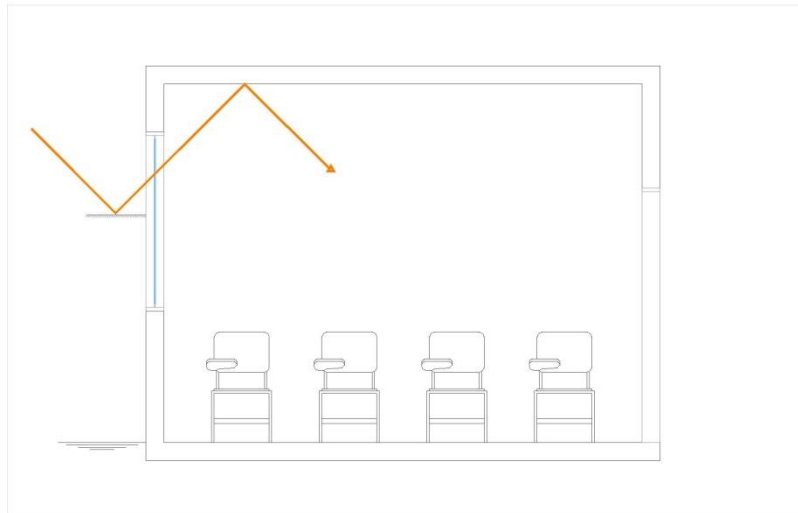


Figura 21: Posicionamento das prateleiras em locais de clima temperado

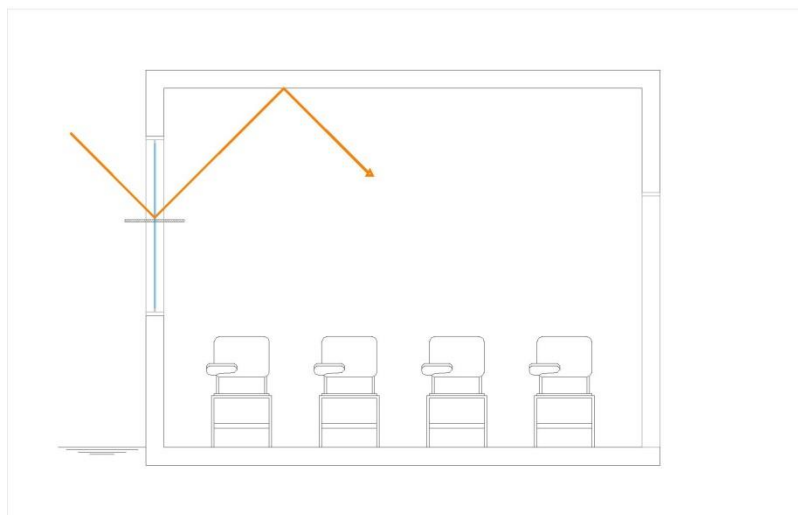
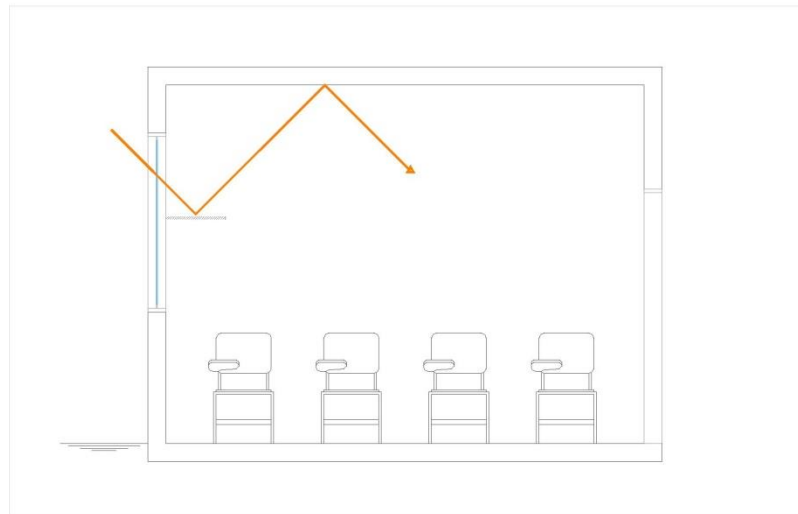


Figura 22: Posicionamento das prateleiras em locais de clima frio



- a variabilidade das condições de luminosidade também influenciam na escolha do material da superfície da prateleira. Portanto para a redução da variação sazonal da iluminação, aplica-se superfícies com refletância não-uniforme na parte superior da prateleira, na parte mais afastada da abertura ou externa, utiliza-se material com refletância maior que na parte mais próxima da abertura ou interna.

Outra variável a ser considerada é a geometria do teto do ambiente onde a prateleira foi instalada, pois segundo Freewan, Shao e Riffat (2008) a forma do teto influencia o nível e uniformidade da distribuição da iluminância.

Para ROSIM (2008) as prateleiras, quando bem dimensionadas, além de melhorar o conforto térmico no ambiente, reduzindo o ganho de carga térmica, podem reduzir em até 29% o consumo de energia, colaborando para o uso racional da energia elétrica, pois se minimiza a carga elétrica do sistema de iluminação artificial.

Estudos realizados comprovam a eficiência do uso das prateleiras de luz como dispositivo redirecionador da luz natural, dentre os quais, Santos e Souza (2012) avaliaram o comportamento dos dispositivos no contexto do RTQ-C, avaliando o desempenho quando associado aos vidros de alta transmissão luminosa, por meio do método prescritivo do documento e em simulação computacional com os programas EnergyPlus e DesignBuilder, comprovando que as prateleiras de luz melhoram o

aproveitamento da luz natural e reduzem o consumo de energia elétrica utilizada no sistema de iluminação.

Os sistemas não convencionais de iluminação também são estudados de forma comparativa, principalmente com relação às exigências dos usuários com relação à redução do consumo de energia elétrica demandada pelo sistema de iluminação artificial e condicionamento de ar. Gago et al (2015) estudaram alguns dispositivos de redirecionamento e aproveitamento da luz natural, separados em dois tipos, sistemas laterais e zenitais, inclusive as prateleiras de luz.

As prateleiras devem ser consideradas na fase inicial de projeto, pois afetam a arquitetura e estrutura do edifício, pois exigem ambientes internos com de pé direito alto para serem eficientes. O sistema deve ser projetado para cada tipo e orientação de janela, bem como considerando a latitude da edificação. A efetividade do sistema é menor para as orientações leste e oeste e para condições de céu nublado. (GAGO et al, 2015).

O conforto visual do usuário também é estudado por meio de comparações entre janelas que utilizam as prateleiras de luz como dispositivo sombreador e aquelas que utilizam apenas persianas. Por meio da aplicação de um questionário, foi constatado que os usuários de um escritório ficam mais satisfeitos em trabalhar nos locais próximos a prateleira de luz instalada internamente ao ambiente, pois além de terem uma menor obstrução da visão, ainda usufruíram mais tempo de utilização da luz natural, do que aqueles que estavam em salas onde apenas eram utilizadas cortinas (SANATI e UTZINGER, 2013).

2.7 PROGRAMA DE SIMULAÇÃO LUMÍNICA - TROPLUX

O programa TROPLUX, desenvolvido em linguagem Matlab, foi validado por Cabús (2005), permite a avaliação da iluminação natural, com particular atenção para as características climáticas e arquitetônicas de zonas tropicais. Esta característica apresenta-se como uma vantagem, porque permite a simulação dos ambientes sob condições de iluminação natural com tipos de céus com variada distribuição de iluminâncias. (TROPLUX, 2011).

O TropLux se baseia nos conceitos dos métodos do “Raio Traçado”, “Monte Carlo” e do “Fator de Luz Diurna” (FLD). Para o cálculo das componentes refletidas externa e interna, o TropLux utiliza a subdivisão de céu proposta pela CIE, que o divide em 145 partes, e utiliza uma subdivisão mais refinada com 5221 partes, para o cálculo da componente direta (CABÚS, 2005).

Outro aspecto importante do programa é que o mesmo considera superfícies com características diferentes, ou seja, superfícies difusas, especulares e mistas, bem como opacas, transparentes e translúcidas. A influência do solo pode ser analisada variando-se sua refletância, e dessa maneira considerando-se a luz refletida no mesmo.

O programa permite simulações com datas, horas, orientações e tipos de céu classificados pela CIE, possibilitando também a modelagem de geometrias complexas (CORREIA, 2008).

Alguns estudos que envolveram o cálculo de iluminâncias por meio do programa já foram realizados, como o trabalho de Ramos e Ghisi (2010) que compararam os valores calculados, para a parcela direta e difusa da luz, por meio do TropLux com outro programa de simulação. Já Martins (2011) e Dias (2011), utilizam o programa para simular a distribuição das iluminâncias nos ambientes por meio da variação da geometria dos mesmos e refletância das superfícies.

2.8 PROGRAMA DE SIMULAÇÃO TÉRMICA - ENERGYPLUS

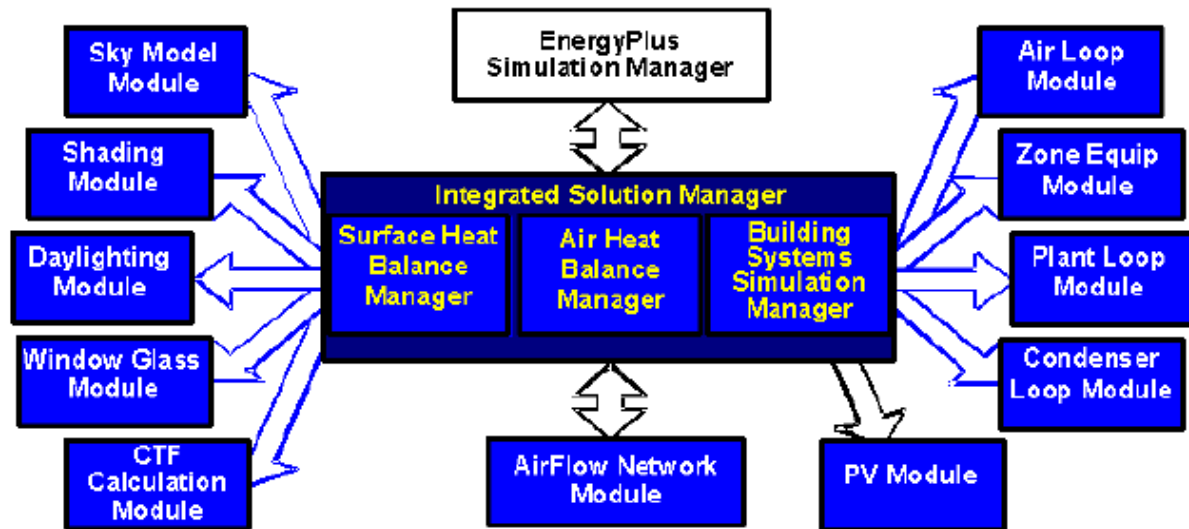
O programa EnergyPlus foi desenvolvido em 1996 a partir da junção entre as melhores características de outros dois programas, o Building Loads Analysis and System Thermodynamics (BLAST) e DOE-2, e desenvolvido em conjunto com: o “U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories (CERL); a University of Illinois (UI); o “Lawrence Berkeley National Laboratory” (LBNL); a “Oklahoma State University” (OSU); o “GARD Analytics”; e o “Department of Energy” (DOE) (CRAWLEY et al., 1999).

Uma das funções do programa é estimar o consumo de energia de uma edificação, considerando suas trocas térmicas com o exterior com base no clima e na caracterização do edifício ou da sala a ser estudada. As variáveis envolvidas neste

cálculo são: a geometria do ambiente; componentes construtivos; equipamentos instalados; sistemas de condicionamento de ar; e padrões de uso e ocupação (CRAWLEY, et al. 1999).

Os cálculos da capacidade requerida para aquecimento e resfriamento utilizando diferentes sistemas e fontes de energia, segundo determinadas rotinas de operação e sob diferentes condições ambientais, são feitos por meio dos vários módulos de cálculo disponibilizados no software, como mostra a Figura 23 (U. S. DOE, 2010).

Figura 23: Módulos de cálculo do software EnergyPlus.



Fonte: Disponível em: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_documentation.cfm. Acesso 04 dez 2014.

Os componentes principais do programa são: o gerenciador dos módulos de balanço térmico de superfície e de massa; e o gerenciador do módulo dos sistemas do edifício.

O módulo de “Balanço Térmico de Superfície” (Surface Heat Balance Manager) simula balanços térmicos internos e externos e efeitos de condução, de convecção, de radiação e de transferência de massa. Para realizar o cálculo da condução através das paredes o programa utiliza as “Funções de Transferência de Condução” (CTF). O módulo de “Balanço de Massa” (Air Heat Balance Manager) considera a massa térmica das zonas e os ganhos de calor por convecção, por meio da análise dos fluxos de ar de ventilação, de exaustão e de infiltração. A comunicação entre os dois módulos

é feita por meio do “Gerenciador de Simulação dos Sistemas” (Building Systems Simulation Manager) (U. S. DOE, 2010).

O programa realiza o cálculo da carga térmica e realiza as simulações de forma integrada, diferentemente de outros softwares que executam estas tarefas de forma sequencial.

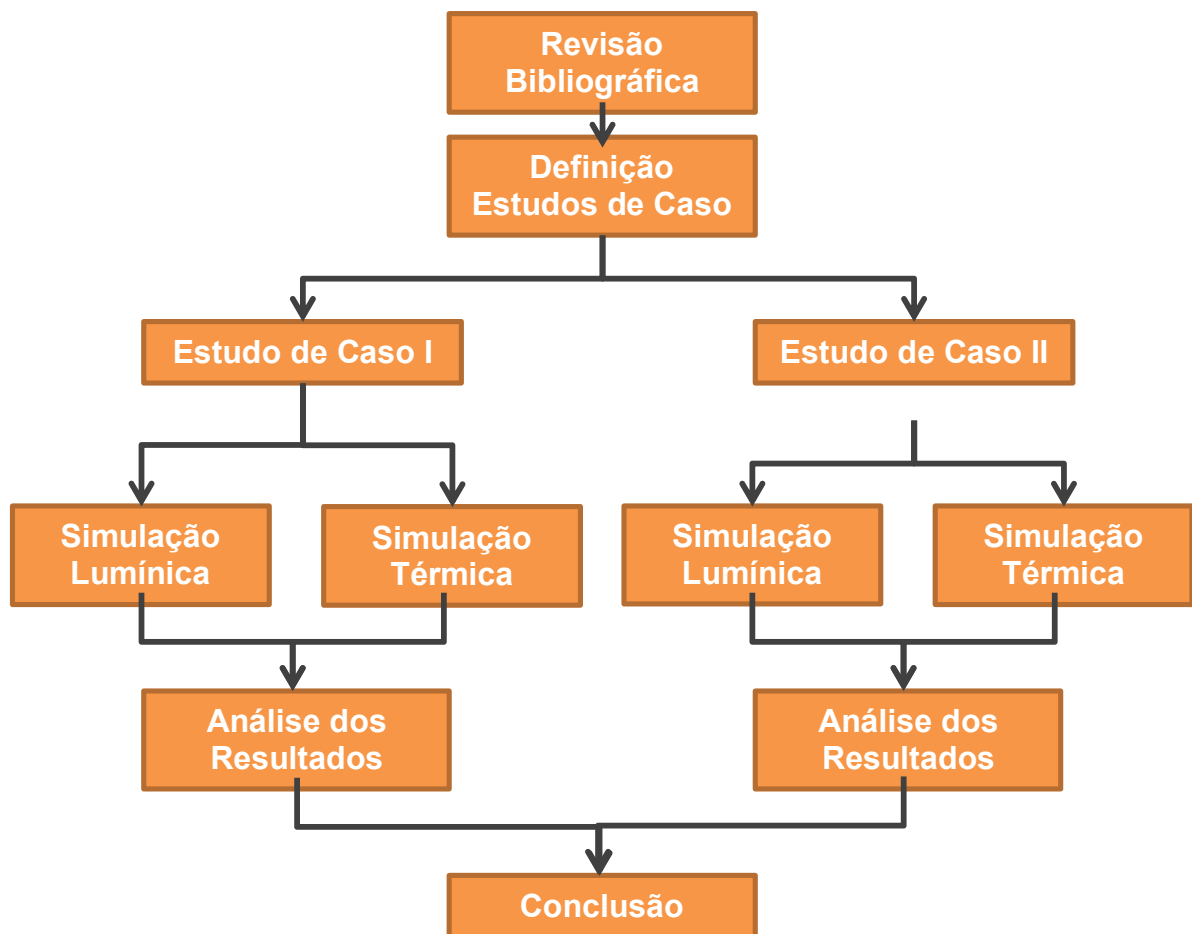
Alguns estudos recentes demonstram a aplicabilidade do EnergyPlus como uma ferramenta de simulação computacional que modela e avalia o desempenho de edificações quanto aos aspectos térmicos e energéticos, como observado, por exemplo, no estudo de Albuquerque (2010). Outros estudos realizados demonstram a utilização do software para a avaliação térmica do estudo dos “Phase Change Materials” (PCM) aplicados em edificações residenciais, como demonstrado por Tabares-Velasco, Christensen e Bianchi (2012).

O consumo energético das edificações também pode ser estimado pelo uso do EnergyPlus, como recomendado pelo MME (2009a) e apresentado por meio dos estudos de Fumo, Mago e Luck (2010), onde são comparados os dados de consumo de energia elétrica de uma edificação, obtidos por meio da conta de energia elétrica, com a mesma edificação simulada por meio do programa EnergyPlus. Este estudo revelou um erro de aproximadamente 10% entre os valores simulados e o real consumo, demonstrando a viabilidade de aplicação deste programa neste tipo de análise.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O método aplicado a este trabalho compreende um conjunto de atividades que estão descritas a seguir, para melhor compreensão foram separadas em tópicos, conforme indicado na Figura 24.

Figura 24: Esquema da metodologia aplicada.



3.1 DEFINIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Os Estudos de Caso foram selecionados em duas Instituições, uma de ensino e a outra de pesquisa. O primeiro foi selecionado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), *campus* São Carlos, local onde a pesquisa de pós-graduação foi realizada, facilitando o acesso às suas edificações; e por apresentarem usos variados, portanto, sendo solicitado pela NBR 8995-1/13 (ABNT, 2013b) índices mínimos de iluminâncias diferenciados para cada tipo de ocupação.

O segundo Estudo de Caso foi selecionado no *campus* do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). No local foi selecionado um edifício cujo uso fosse diferenciado dos analisados na UFSCar, pois assim a recomendação quanto à iluminância mínima no local seria diferente.

Para a caracterização das edificações candidatas ao estudo de caso, foi feito levantamento fotográfico de algumas edificações bem como a medição da geometria dos ambientes, com auxílio de trena a laser, e verificação do acabamento das superfícies internas, cores e texturas e a identificação dos materiais componentes da envoltória e áreas envidraçadas.

3.1.1 Definição do edifício do Estudo de Caso I

Após as visitas às edificações do *campus*, foi feita uma classificação das mesmas, tendo como material base a planta de implantação do *campus* de São Carlos, Anexo A, e foram divididas em quatro categorias, sendo elas:

- Década de construção;
- Tipo de ocupação;
- Área construída;
- Orientação da maior fachada com relação ao Norte Geográfico.

Com os dados coletados foi feita uma amostragem, pois devido a grande quantidade de edifícios existentes e a dimensão do *campus* tornaria o trabalho altamente complexo, estudar tantos prédios.

Após a definição da amostragem dos edifícios, foram feitas simulações por meio do programa TropLux, Cabús (2011), conforme o método determinado por norma

NBR 15215-4/04 (ABNT 2004), para o dia 22 do mês de junho (solstício de inverno) e dezembro (solstício de verão), apenas para as 9:00h; 12:00h; e 15:00h, sendo estabelecido o Céu Padrão 5, CIE (2003).

Foi feita uma nova classificação dos ambientes após as simulações, para a averiguação da iluminância medida em cada ponto determinado, observando-se quais pontos atingiram a iluminância recomendada pela NBR 8995-1/13 (ABNT, 2013b), e dessa maneira qual a porcentagem de eficiência lumínica cada sala apresenta, quando comparados os valores medidos com os normatizados, de acordo com cada tipo de ocupação.

Os resultados das simulações foram agrupados da seguinte maneira:

- H-3: quando a iluminância estabelecida em norma foi atingida nos três horários medidos;
- H-1: quando a iluminância estabelecida em norma foi atingida em apenas um horário medido;
- H-0: quando a iluminância estabelecida em norma não foi atingida em nenhum horário medido.

Após essa reclassificação é que foi possível determinar qual o edifício seria analisado, definindo-se assim o Estudo de Caso I.

Como método de composição da amostragem, para cada década de construção, selecionou-se um edifício administrativo e outro de salas de aula, pois a NBR 8995-1/13 (ABNT, 2013b) determina índices de iluminâncias diferenciados para cada tipo de atividade desempenhada nas salas, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Índices de iluminância

ATIVIDADE	ILUMINÂNCIA (lux)
Escritórios	500 – 750 – 1000
Sala de Aula	200 – 300 – 500

Fonte: ABNT (2013b).

Antes da década de setenta, não havia edifícios destinados às aulas e o de finalidade administrativa que havia sido escolhido, Departamento de Educação Física

e Motricidade Humana – DEFMH, para compor a amostragem, passará por reformas até o final de 2013, conforme informação do Escritório de Desenvolvimento Físico – EDF, sendo assim, nenhum edifício dessa época foi selecionado. Para a década de oitenta, nenhum edifício para aulas foi construído e foi apenas selecionado o Departamento de Engenharia Civil – DECiv, pois, apesar do correto posicionamento da maior fachada com relação ao Norte geográfico, apresenta corredor de circulação interno muito comprido e escuro, e as salas orientadas para o Norte necessitam de iluminação artificial durante o dia.

Na década de noventa, foi selecionado o Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva – DEBE e o Edifício de Salas de Aula Teóricas – AT5, por possuírem salas com grandes aberturas laterais, mas que não são suficientes para atender os índices de iluminância previstos em norma e grande corredor para circulação com pontos escuros. Finalizando a composição da amostragem, tem-se o Departamento de Computação – DC e o prédio que abriga os Laboratórios de Pesquisa do DECiv, ambos da primeira década dos anos 2.000, por terem salas e corredor na mesma situação descrita anteriormente. Sendo assim, o Quadro 2 apresenta os edifícios que compõem a amostragem, bem como as categorias utilizadas para a classificação.

Quadro 2: Amostragem de edifícios

EDIFÍCIO	FUNÇÃO	SIGLA	ANO DE CONSTRUÇÃO	ÁREA (m ²)	ORIENTAÇÃO MAIOR FACHADA	ILUMINÂNCIA (lux)
Escritório de Desenvolvimento Físico	Adm	EDF	1978		SE/NW	500-750-1000
Departamento de Engenharia Civil	Adm	DECiv	1982	1.149,66	N/S	500-750-1000
Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva	Adm	DEBE	1995	1.673,70	N/S	500-750-1000
Departamento de Computação	Adm	DC	2005	3.600,00	N/S	500-750-1000
Conjunto de Salas de Aula Sul – Babilônia	Sala de Aula	AT1	1977	1.599,00	NE/SW	200-300-500
Edifício de Salas de Aula Teóricas 5	Sala de Aula	AT5	1998	1771,16	N/S	200-300-500
Laboratório de Pesquisa DECiv	Sala de Aula	DECiv	2007	474,25	N/S	200-300-500

Todos os edifícios do Quadro 2 foram visitados, e de cada um deles um ambiente/sala foi escolhido para que fosse possível realizar a simulação computacional.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das simulações, para o período do solstício de inverno e de verão, agrupados de acordo com a quantidade de pontos medidos que satisfizeram as recomendações com relação a iluminância mínima exigida em norma.

Tabela 1: Resultados da simulação para junho (solstício de inverno)

Local	Pontos Analisados	H-3		H-1		H-0	
		Quantidade de pontos	%	Quantidade de pontos	%	Quantidade de pontos	%
EDF	27	8	30	14	52	5	18
DECiv	10	-	-	-	-	10	100
DEBE	16	16	100	-	-	-	-
DC	20	-	-	-	-	20	100
AT1	16	13	81	3	19	-	-
AT5	20	-	-	-	-	20	100
Lab. DECiv	24	10	42	14	58	-	-

Tabela 2: Resultados da simulação para dezembro (solstício de verão)

Local	Pontos Analisados	H-3		H-1		H-0	
		Quantidade de pontos	%	Quantidade de pontos	%	Quantidade de pontos	%
EDF	27	26	96	1	4	-	-
DECiv	10	-	-	-	-	10	100
DEBE	16	16	100	-	-	-	-
DC	20	-	-	4	20	16	80
AT1	16	16	100	-	-	-	-
AT5	20	-	-	2	10	18	90
Lab. DECiv	24	24	100	-	-	-	-

Verificou-se que durante o solstício de inverno, os locais que apresentaram a maior deficiência com relação a iluminação natural foram o DECiv, DC e AT5, pois em nenhum ponto medido foi alcançado a valor de iluminância determinado em norma.

Já para o solstício de verão, percebe-se que o DECiv continua a não atingir a iluminância desejada e que os outros dois locais atingem, em alguns pontos.

O DECiv e o DC são edifícios ocupados principalmente por professores, que não ficam o tempo todo utilizando seus gabinetes. Porém o AT5 é utilizado durante toda a semana em todos os períodos, inclusive de noite e esporadicamente aos finais de semana, pois no mesmo são ministradas aulas com alunos e os professores.

Dada a característica de uso e insuficiência de iluminação natural optou-se por selecionar o AT5 como objeto de estudo para UFSCar.

3.1.2 Definição do edifício do Estudo de Caso II

O segundo prédio estudado foi selecionado no *campus* do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, que é uma entidade centenária e portanto foi escolhido o auditório de um prédio que remota à década de 1940, que tem um grande significado histórico para Entidade, e que foi reformado, quando então as janelas do auditório foram vedadas, impossibilitando a utilização da iluminação natural.

3.2 MÉTODOS PARA SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Foram realizados dois tipos de simulações computacionais, lumínica e térmica. As simulações para análise lumínica foram utilizadas para a determinação do Estudo de Caso I e para colaborar com a determinação do potencial de economia de energia elétrica de ambos Estudos de Caso.

Por existir uma interface entre os estudos de iluminação e térmica, foram feitas simulações para avaliar termicamente a influência das prateleiras de luz no comportamento térmico dos prédios dos Estudos de Caso I e II. As simulações adotadas estão detalhadas nos itens subsequentes.

3.2.1 Simulação computacional – Análise lumínica

Estas simulações foram realizadas utilizando-se o software TropLux V7, conforme os procedimentos determinados pela norma NBR 15215-4/04 (ABNT, 2004).

Para cada ambiente estudado, determinou-se o número mínimo de pontos necessários para verificação do nível de iluminação natural, por meio da Equação 1, que determina o índice “K” do local que indica quantos pontos são necessários para análise (ver Quadro 3, a seguir).

$$K = \frac{C * L}{Hm * (C + L)} \quad \text{Eq (1)}$$

Onde:

C = comprimento do ambiente, em metros;

L = largura do ambiente, em metros;

Hm = distância vertical, em metros, entre a superfície de trabalho e o topo da janela.

Quadro 3: Número de pontos para malha

K	Nº Pontos
K<1	9
1≤K≤2	16
2≤K≤3	25
K≥3	36

Fonte: ABNT (2004).

Como superfície de trabalho entende-se o local onde a principal função do ambiente será exercida e, conseqüentemente, onde o nível de iluminância será considerado.

Após determinados os números mínimos de pontos, divide-se o interior do ambiente a ser medido em áreas iguais, com formato próximo ou igual a um quadrado, cujo centro será o local onde a medição será feita. Esta malha deve ser projetada,

evitando-se pontos muito próximos às paredes, devendo-se respeitar um afastamento mínimo de 0,50 metros.

Esta malha de pontos deve ser ajustada a geometria dos ambientes analisados, respeitando-se a determinação do número de pontos mínimos a serem analisados, determinando a quantidade de pontos no eixo X e no eixo Y, pois no software foi selecionado o modo de malha de pontos para o modo de processamentos dos dados.

A norma NBR 15215-4/04 (ABNT, 2004) recomenda que sejam analisados os solstícios, de inverno e de verão, porém com a finalidade de se contemplar toda a trajetória solar ao longo de um ano, simulou-se também os equinócios.

As análises lumínicas permitem verificar o desempenho da prateleira de luz instalada nos prédios estudados. Para cada um deles, foi comparada as iluminâncias do ambiente da maneira como se encontra atualmente, com as iluminâncias após a instalação do dispositivo redirecionador da luz natural.

Para cada Estudo de Caso variou-se a altura de instalação da prateleira de luz com relação ao chão, e dessa forma analisa-se o desempenho do dispositivo com relação à distribuição das iluminâncias e ao potencial de economia de energia elétrica.

3.2.2 Simulação computacional – Análise térmica

Para a análise térmica, foram feitas simulações computacionais por meio do software EnergyPlus, V8. Foram utilizados os dados do dia típico de verão do município de São Paulo, presentes na norma NBR 15575-1/13 (ABNT, 2013a), para ambos os Estudos de Caso, uma vez que São Carlos se encontra quase na mesma latitude de São Paulo. Os dados climáticos utilizados são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Dados de entrada do Dia Típico de Verão

Cidade	Temperatura máxima diária (°C)	Amplitude diária de temperatura (°C)	Temperatura de bulbo úmido (°C)	Radiação solar (Wh/m ²)	Nebulosidade
São Paulo	31,9	9,2	21,3	5180	6

Fonte: ABNT (2013a).

Assim como para a análise do potencial de economia de energia elétrica, as simulações para a análise térmica foram feitas para todos os modelos estudados, ou seja, considerando-se o comportamento térmico do ambiente em sua configuração

original e após a instalação dos dispositivos redirecionadores da luz natural nas diferentes alturas estudadas.

Para esta análise, além da geometria do ambiente e orientação geográfica são necessários para a entrada de dados no software os dados referentes aos elementos que compõem a envoltória, bem como suas características térmicas, sendo elas: rugosidade, espessura, condutividade térmica, densidade e calor específico.

Os ambientes estudados foram uma sala de aula, para o Estudo de Caso I, localizada no pavimento térreo de uma edificação de dois andares. As paredes são de bloco de concreto, revestidas externamente com placas cerâmicas assentadas com argamassa comum, e internamente, pintura sobre revestimento argamassado. A laje executada em concreto e o piso em concreto com revestimento cerâmico.

O auditório, Estudo de Caso II, está localizado no segundo pavimento de um edifício de três pavimentos, porém neste caso, o ambiente é o último pavimento da ala. As paredes foram executadas com tijolos maciços e argamassa tanto interna quanto externamente. O piso em concreto e a cobertura com telhas de fibrocimento, laje em concreto e forro de gesso acartonado.

Esta análise térmica considerou apenas o efeito das prateleiras de luz na resposta térmica da envoltória dos ambientes estudados, por este motivo, não foram consideradas fontes internas de calor. Finalizando esta parte de análise, foi considerada uma renovação de ar nos ambientes estudados.

Ainda foram determinadas as áreas ensolaradas no interior dos ambientes estudados, de forma a contribuir com a análise feita por meio do software EnergyPlus e identificar o quanto a prateleira contribui para amenizar o ganho térmico devido à insolação direta no ambiente.

3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Os dados obtidos nas simulações foram analisados de forma a se verificar a eficiência do uso das prateleiras de luz em relação à sua influência lumínica e térmica nos ambientes estudados.

3.3.1 Análise da distribuição da iluminância

Esta análise compreende o cálculo do coeficiente de variação da iluminância (c.v.) e posteriormente a determinação das curvas de distribuição das iluminâncias. O cálculo do c.v. baseia-se em princípios estatísticos, neste caso, utilizado diretamente sobre uma amostra representativa de dados de iluminância de um ambiente, no sentido de se obter uma avaliação do seu desempenho, do ponto de vista da distribuição de iluminâncias do ambiente em estudo.

O c.v. é uma das formas de se analisar a distribuição da luz natural nos ambientes, de forma a demonstrar o desempenho lumínico do local. A Equação 2 representa a correlação da iluminância média (E_m) do local com o desvio padrão (S) das iluminâncias, sendo que quanto menor for a relação entre estas medidas, melhor será o desempenho do ambiente (CABÚS, 1997).

$$cv = \frac{S}{E_m} \times 100\% \quad \text{Eq (2)}$$

Após a determinação do c.v. foram analisadas as curvas de distribuição das iluminâncias, e para tanto foram selecionados os pontos medianos de cada ambiente, por serem os locais menos influenciados pela luz refletida pelas paredes, selecionando-se desde o ponto mais próximo da abertura lateral até o mais afastado. Como critério de análise demonstrado por Cândido, Torres e Cabús (2005); Ramos (2008); Pereira (2009); e Maioli e Alvarez (2013), onde a distribuição das iluminâncias é comparada entre a situação existe e após a instalação da prateleira de luz, confirmando sua efetividade na melhoria da distribuição da luz natural dentro do ambiente estudado.

3.3.2 Análise do potencial de economia de energia elétrica

A determinação do potencial de economia de energia elétrica foi feita apenas considerando-se a iluminação natural. As simulações foram realizadas conforme os procedimentos recomendados pela norma NBR 15215-4/04 (ABNT 2004) durante o

período dos solstícios e equinócios, das 8:00h às 18:00h, medindo-se as iluminâncias de cada ponto analisado a cada 30 minutos, totalizando 21 períodos analisados.

Para cada período foi observado se o ponto analisado satisfaz a recomendação de iluminância mínima constante na norma NBR 8995-1/13 (ABNT 2013b), para os dois objetos de Estudo de Caso analisados.

Esta análise é feita de forma comparativa entre os modelos simulados, ou seja, sempre se comparando o modelo que representa a situação existente com os modelos onde foram inseridas as prateleiras de luz.

A determinação do potencial de economia de energia elétrica foi feito por meio da Equação 3, que representa a relação entre os períodos nos quais é necessária suplementação da iluminação pelo sistema de iluminação artificial para satisfazer as recomendações da norma NBR 8995-1/13 (ABNT, 2013b), no modelo de referência (IA1), que representa a situação atual do ambiente, com os mesmos períodos nos demais modelos (2, 3 e 4) onde foi considerada a instalação da prateleira de luz (IA2; IA3; IA4).

$$EE = 1 - \left(\frac{\Sigma IA (2; 3; 4)}{\Sigma IA1} \right) \times 100\% \quad \text{Eq (3)}$$

Onde,

EE = Potencial de economia de energia elétrica;

IA1 = Período onde a iluminância não atingiu o valor mínimo recomendado em norma, antes da instalação da prateleira de luz (Modelo 1);

IA2; IA3; IA4 = Período onde a iluminância não atingiu o valor mínimo recomendado em norma, considerando os Modelos 2, 3 e 4, respectivamente.

Os resultados estão apresentados em porcentagem por se tratar de uma possível economia de energia elétrica, pois como já mencionado, neste trabalho não foi contemplado o sistema de iluminação artificial e nem o comportamento dos usuários, fatores que devem ser analisados para que fosse possível se determinar a economia de energia elétrica em kW/h e conseqüentemente expressos em valores monetários.

3.3.3 Método para verificação das áreas internas ensolaradas

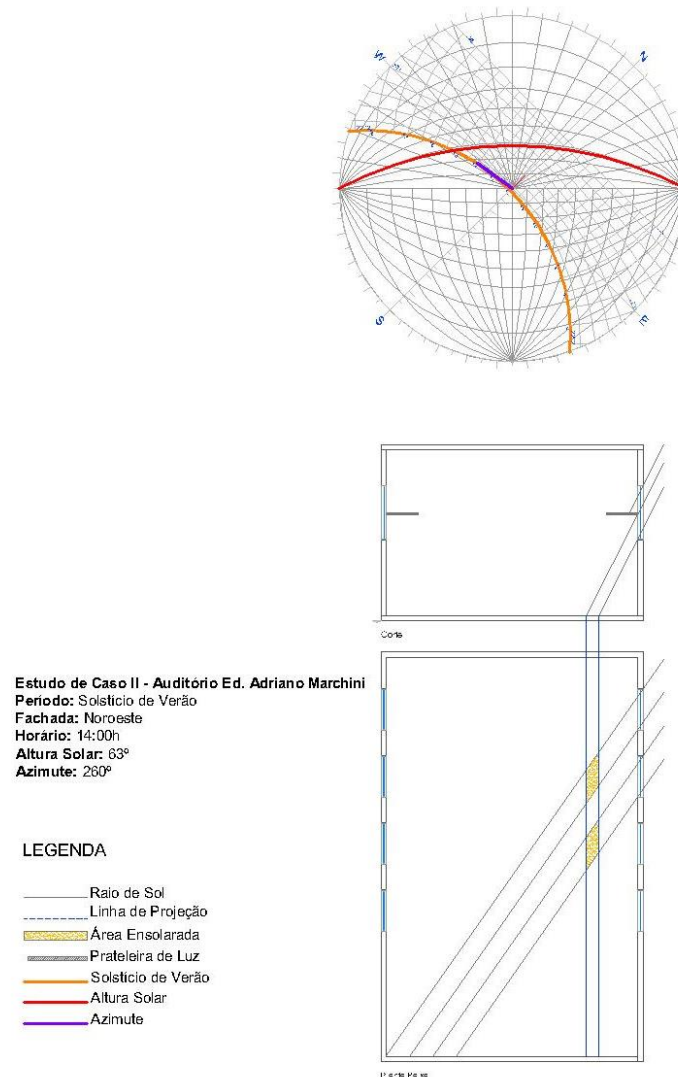
Para a determinação das áreas internas ensolaradas de cada ambiente, foram feitos diagramas para o período do solstício de verão para ambos os Estudo de Caso e considerando-se as variações das alturas das prateleiras de luz, já utilizadas. Porém, para o edifício de São Carlos não foi gerado nenhum gráfico, pois o mesmo encontra-se orientado ao norte e para a latitude do local, 22° Sul, no período analisado não há insolação através da abertura.

Neste caso, considera-se para análise térmica apenas a contribuição da reflexão difusa da luz, uma vez que não há a reflexão direta da luz natural.

Para a delimitação das áreas sombreadas, utilizou-se o método das projeções mongeanas, da geometria descritiva, que consiste em determinar a projeção de pontos e retas nos planos horizontal e vertical e o valor dessas áreas, calculadas de forma manual.

Por meio dessas projeções é possível se determinar as áreas ensolaradas, conforme Figura 25, para cada ambiente estudado de acordo com o posicionamento das prateleiras de luz. Esta análise foi feita de hora em hora, considerando-se o ângulo da altura solar e azimute, estabelecendo-se assim, a trajetória solar do dia analisado.

Figura 25: Exemplo de um dos diagramas de áreas ensolaradas



Após o traçado das áreas, é feita uma comparação com relação a cada um dos modelos estudados, confirmando os resultados apresentados por meio da simulação computacional.

4 ESTUDOS DE CASO

A seguir são descritos os Estudos de Caso realizados, assim como os resultados das simulações realizadas para cada um deles e a análise dos resultados.

O Estudo de Caso I foi realizado em uma sala de um edifício da Universidade Federal de São Carlos.

O anfiteatro escolhido como Estudo de Caso II está localizado em um edifício do IPT.

4.1 EDIFÍCIO NA UFSCAR – AT5

O Estudo de Caso I é uma sala localizada em um edifício constituído por dois pavimentos, cada um possui área de 885,58 m² totalizando 1.771,16 m² de área construída, sendo o térreo constituído de hall de entrada e circulação, oito salas de aula, uma sala de apoio e três banheiros. O acesso ao piso superior ocorre por escada ou por rampa do lado externo do edifício. O pavimento superior é dividido em nove salas de aula e três banheiros. As maiores fachadas, frontal e posterior, estão orientadas a N/S, esta configuração do edifício pode ser vista na Figura 26, que mostra as fachadas da edificação.

Figura 26: Fachadas do edifício AT5



Fachada norte



Fachada sul



Fachada leste



Fachada oeste

4.1.1 Análise lumínica do objeto do Estudo de Caso I - UFSCar

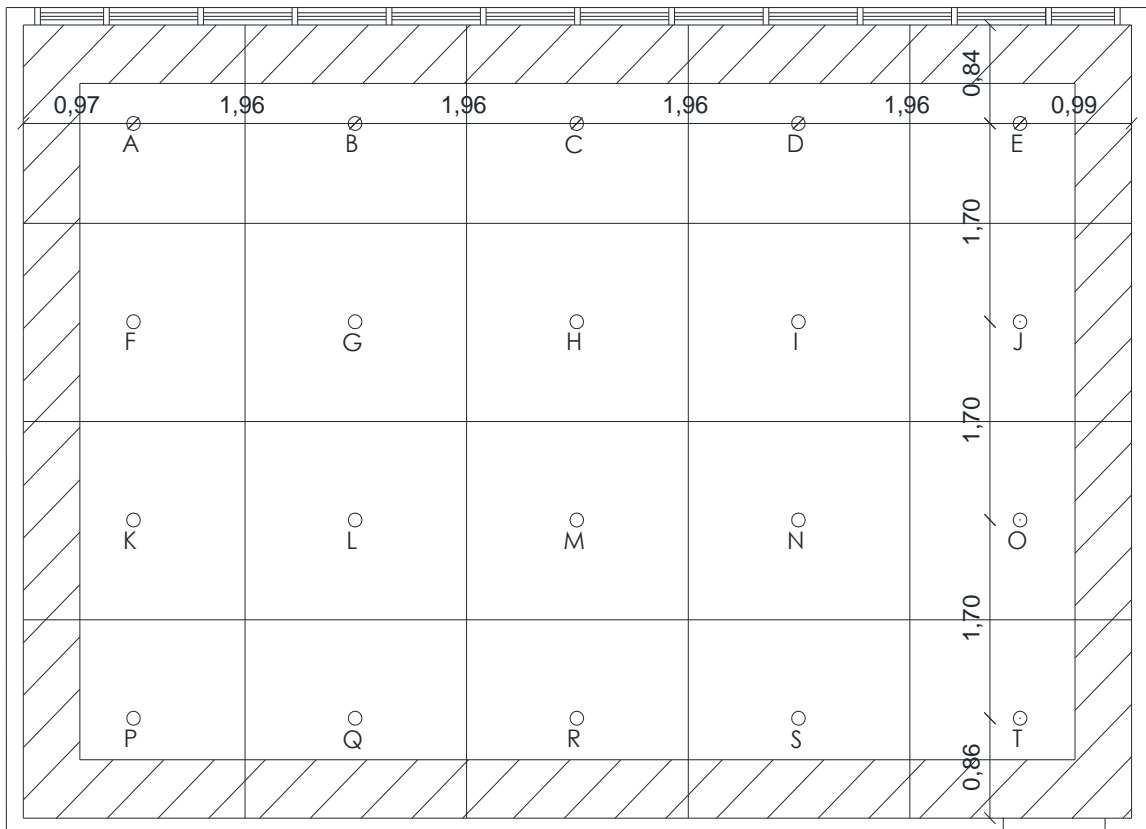
Para a realização das simulações, foi escolhida a sala de aula nº 102, apresentada na Figura 27, localizada no pavimento térreo do edifício, com suas aberturas orientadas para o norte. A sala mede 6,80 metros de largura, 9,80 metros de comprimento, possui pé direito de 3,40 metros, totalizando 66,64 metros quadrados. As esquadrias são do tipo basculante, com dimensões de 9,80 metros de comprimento, 1,90 metros de altura, totalizando uma área envidraçada de 18,62 metros quadrados.

Figura 27: Interior do ambiente estudo no Estudo de Caso I.



Inicialmente determinou-se a malha de pontos a serem analisados, conforme recomendação da NBR 15215-4/04 (ABNT, 2004), totalizando 20 pontos de medição, conforme Figura 28.

Figura 28: Malha de pontos analisados - Estudo de Caso I



As simulações foram realizadas em quatro modelos, o primeiro considerando a sala sem a instalação da prateleira de luz, apenas com beiral existente e brise, como apresenta a Figura 29 (modelo 1). Nos demais modelos adotou-se a prateleira de luz, do lado externo da edificação, em três alturas diferentes com relação ao chão. O primeiro com o dispositivo instalado à uma distância de 1,80 metros do chão, apresentada na Figura 30 (modelo 2), no segundo à 2,20 metros do chão, conforme Figura 31 (modelo 3), e no terceiro à 2,60 metros do chão, conforme Figura 32 (modelo 4), sendo todas pintadas de branco, com refletância de 0,90, e largura de 1,50 metros, a mesma largura do beiral existente.

Figura 29: Modelo 1 – Beiral e brise

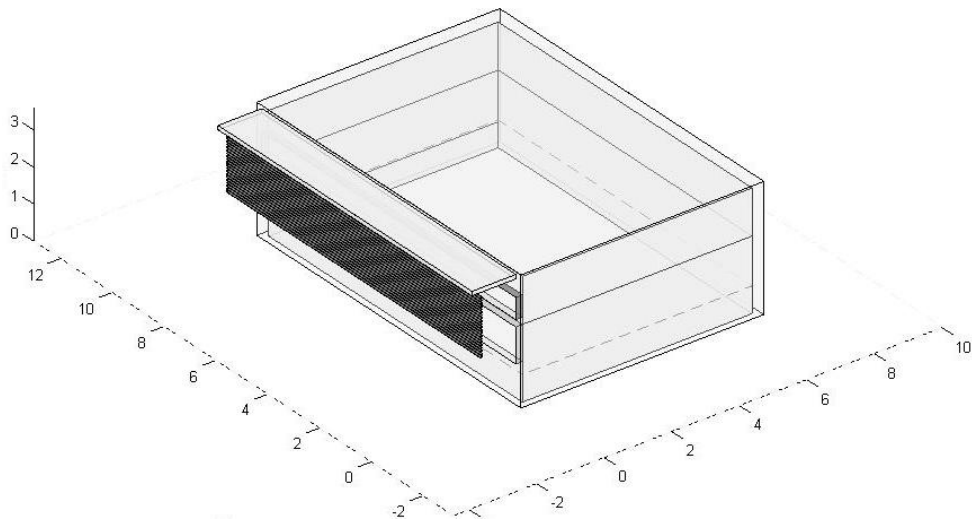


Figura 30: Modelo 2 - Prateleira de luz a 1,80 metros do solo

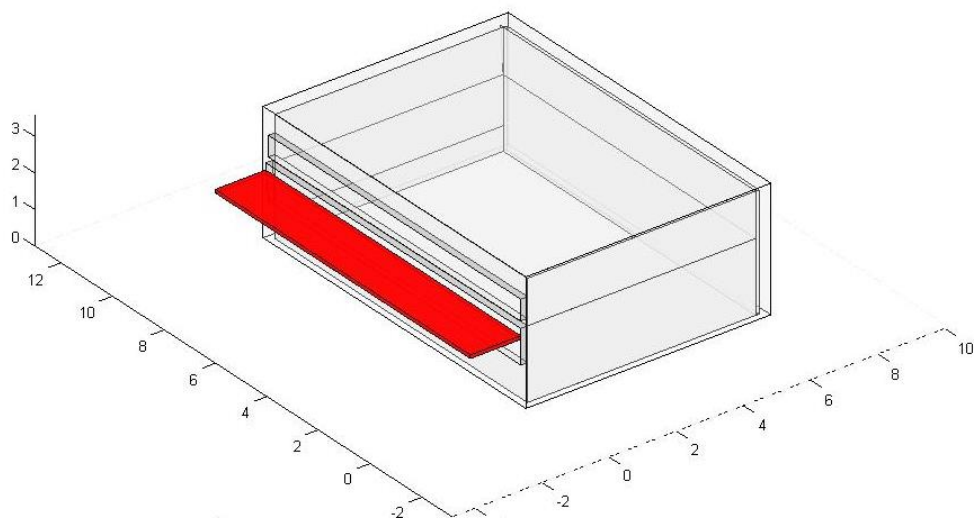


Figura 31: Modelo 3 - Prateleira de luz a 2,20 metros do solo

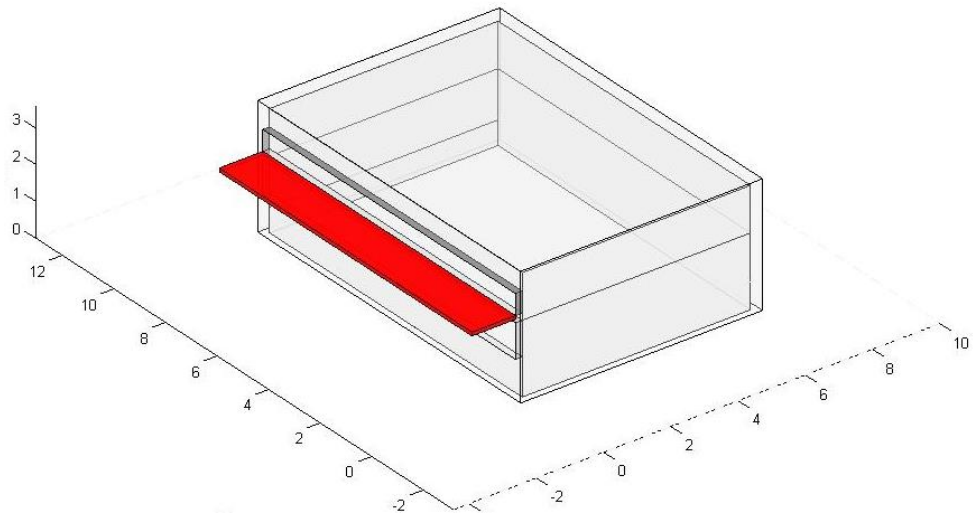
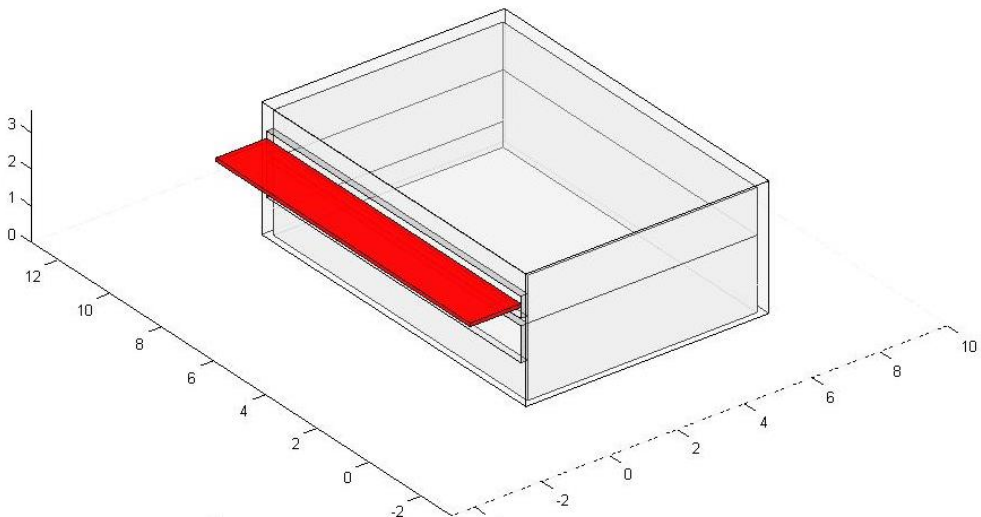
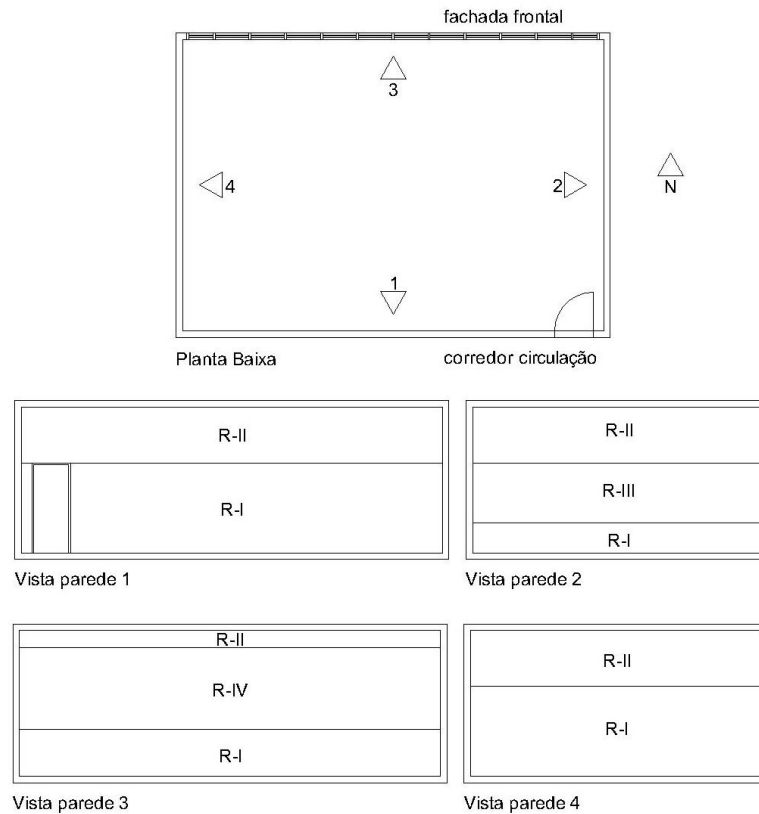


Figura 32: Modelo 4 - Prateleira de luz a 2,60 metros do solo



Os posicionamentos das paredes estão apresentados na Figura 33 e as refletâncias dos materiais, conforme tabela utilizada pelo programa TropLux, denominadas de R-I à R-IV, que compõem as superfícies internas são mostradas no Quadro 5.

Figura 33: Posicionamento das paredes da sala 102



Quadro 5: Refletâncias adotadas – Estudo de Caso I

Parede	Altura com relação ao piso (m)	Refletâncias
Parede 1 – R-I	0 – 2,1	0,81
Parede 1 – R-II	2,1 – 3,4	0,40
Parede 2 – R-I	0 - 0,7	0,81
Parede 2 – R-II	0,7 – 2,1	0,40
Parede 2 – R-III	2,1 – 3,4	0,22
Parede 3 – R-I	0 – 1,1	0,81
Parede 3 – R-II	1,1 – 3,0	0,40
Parede 3 – R-IV	3,0 – 3,4	0,06
Parede 4 – R-I	0 – 2,1	0,81
Parede 4 – R-II	2,1 – 3,4	0,40
Piso	-	0,2
Teto	-	0,4

Os resultados das simulações estão dispostos em tabelas que se encontram no Apêndice A deste trabalho.

4.1.2 Coeficiente de variação da iluminância

Os coeficientes de variação da iluminância interna foram calculados a partir dos valores obtidos por meio das simulações. Na Tabela 3 estão apresentados os coeficientes calculados para cada modelo, em cada dia de simulação. A importância dessa análise é averiguar como a luz é distribuída dentro do ambiente analisado, ou seja, quanto menor for o valor aferido para o coeficiente de variação da iluminância, mais uniforme será a distribuição da luz natural refletida.

Tabela 3: Coeficientes de variação da iluminância – Estudo de Caso I

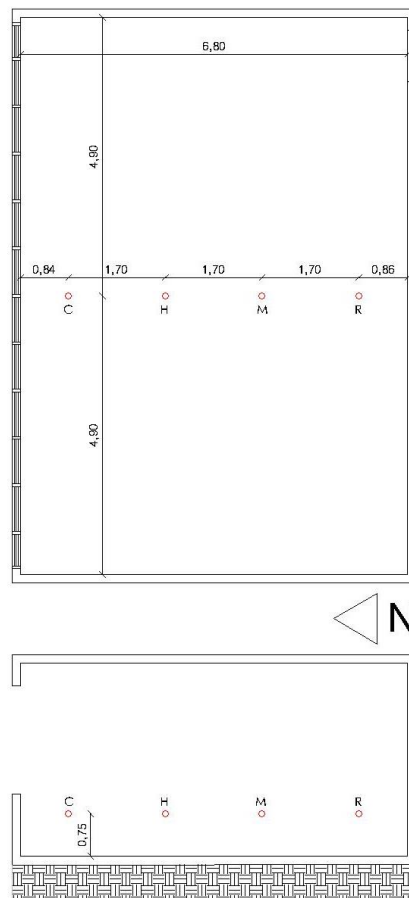
Modelo 1			
Período	Média (lx)	Desvio Padrão (lx)	cv (%)
Equinócio de Outono	339	171	50
Solstício de Inverno	239	140	59
Equinócio de Primavera	338	171	51
Solstício de Verão	390	169	43
Modelo 2			
Período	Média (lx)	Desvio Padrão (lx)	cv (%)
Equinócio de Outono	602	367	61
Solstício de Inverno	426	294	69
Equinócio de Primavera	600	366	61
Solstício de Verão	696	335	69
Modelo 3			
Período	Média (lx)	Desvio Padrão (lx)	cv (%)
Equinócio de Outono	602	354	59
Solstício de Inverno	424	281	66
Equinócio de Primavera	600	353	59
Solstício de Verão	693	362	52
Modelo 4			
Período	Média (lx)	Desvio Padrão (lx)	cv (%)
Equinócio de Outono	551	394	72
Solstício de Inverno	389	305	79
Equinócio de Primavera	550	393	72
Solstício de Verão	635	426	66

Diante dos valores obtidos percebe-se que o Modelo 1, considerando-se apenas o beiral e o brise, apresenta os menores valores para o coeficiente de variação da iluminância, porém ao analisarmos apenas os modelos propostos, nota-se que o modelo 3, cuja prateleira é instalada a 2,20 metros do chão, apresenta os menores valores de cv, sendo assim a configuração de prateleira estudada que melhor distribui as iluminâncias no ambiente.

4.1.3 Distribuição da iluminância

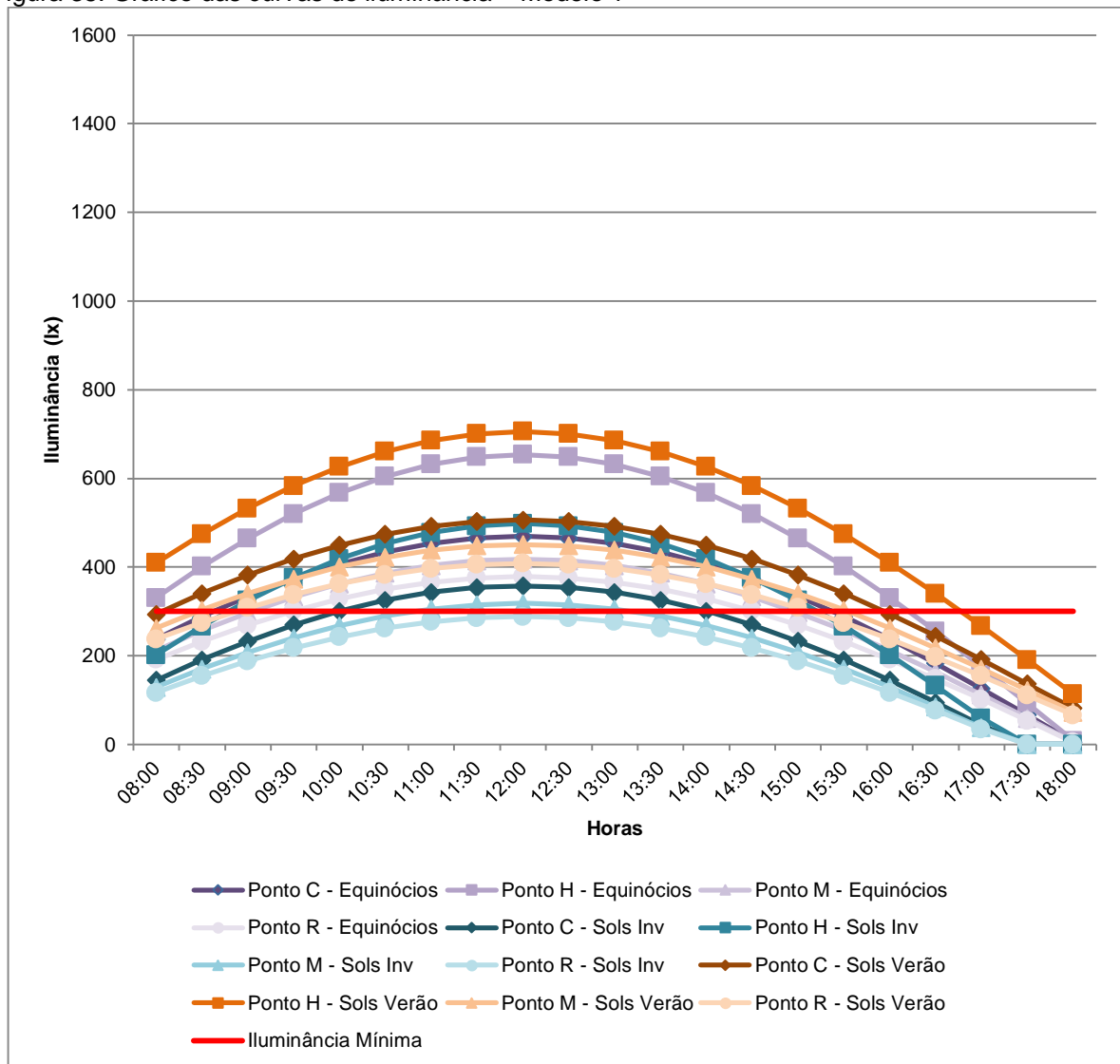
Para esta análise foram considerados quatro pontos (C, H, M e R) dispostos linearmente, conforme a Figura 34. A escolha dos pontos centrais justifica-se pelo fato dos mesmos não serem tão influenciados pela luz refletida pelas paredes internas do ambiente, e desta forma permitindo a análise da uniformização nos níveis de iluminação no ambiente, a partir do distanciamento da janela.

Figura 34: Posicionamento dos pontos analisados



A Figura 35 apresenta um gráfico com as curvas com os valores das iluminâncias registradas ao longo dos períodos analisado para o Modelo 1. Pelo gráfico, percebe-se que uma grande quantidade de pontos analisados necessitam de suplementação da iluminação desde o período da manhã e principalmente após as 14:00h.

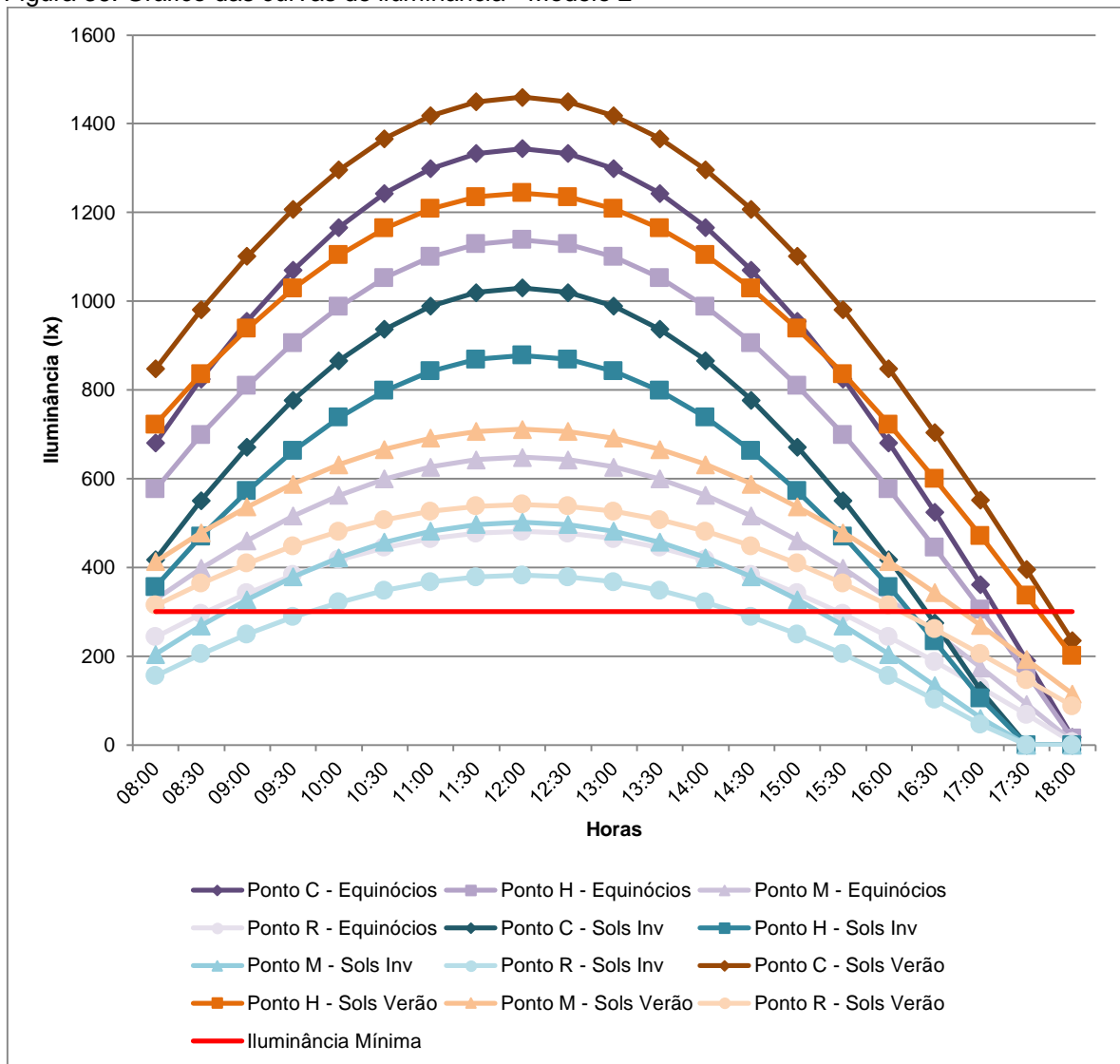
Figura 35: Gráfico das curvas de iluminância – Modelo 1



Com a instalação da prateleira de luz, a 1,80 metros do chão, percebe-se uma melhoria nos índices das iluminâncias, principalmente durante o período da manhã. Conforme demonstrado pela Figura 36, a seguir, apenas alguns pontos, durante o solstício de inverno e equinócios necessitam da luz artificial.

Como já demonstrado por meio do coeficiente de distribuição das iluminâncias, nota-se uma maior variação dos índices registrados, quando comparados com o Modelo 1, porém após a instalação do dispositivo a necessidade do uso da luz artificial diminuiu consideravelmente.

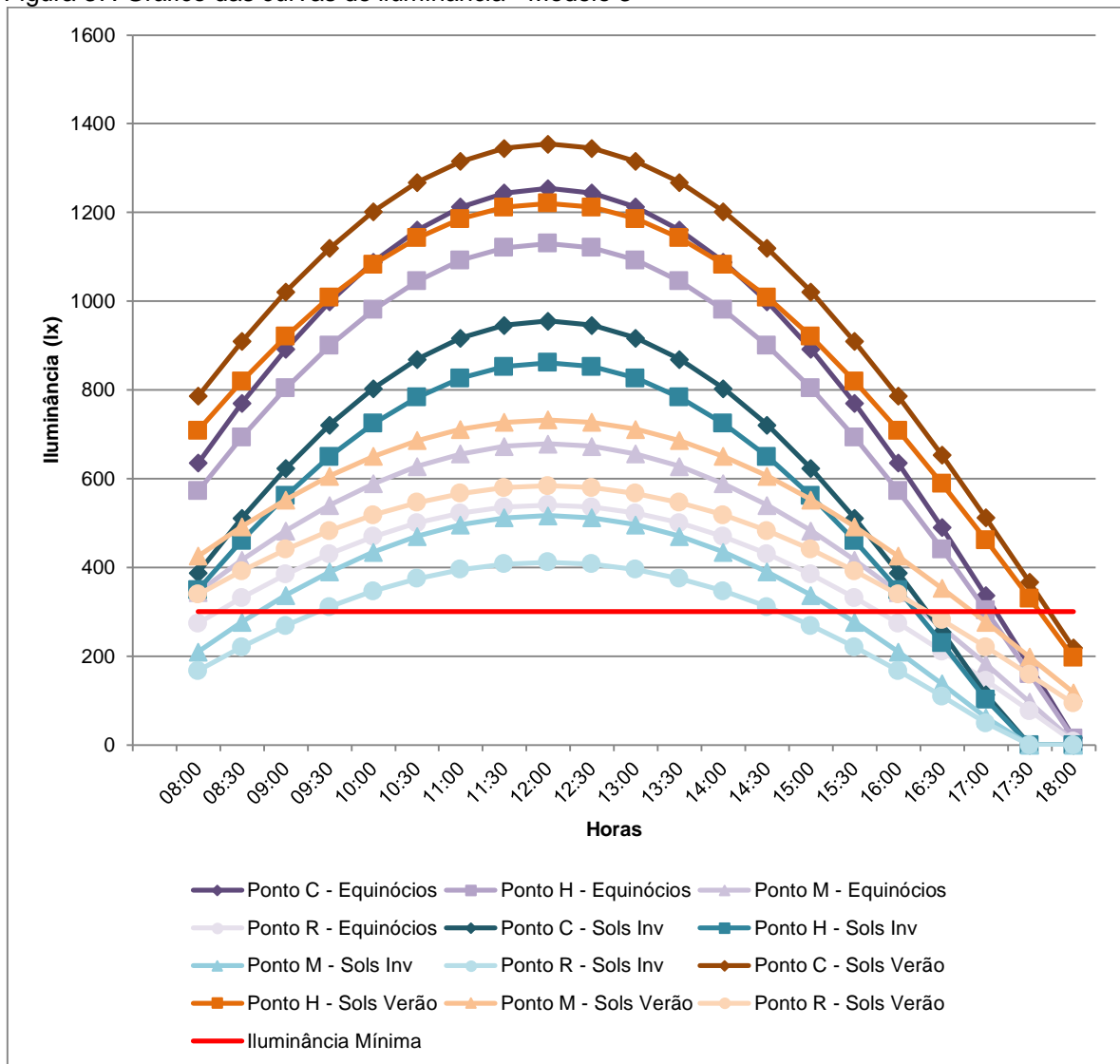
Figura 36: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 2



Quando a prateleira é instalada um pouco mais para cima, com relação ao modelo anterior, percebe-se o mesmo comportamento já mencionado anteriormente com relação à distribuição da iluminância no interior do ambiente.

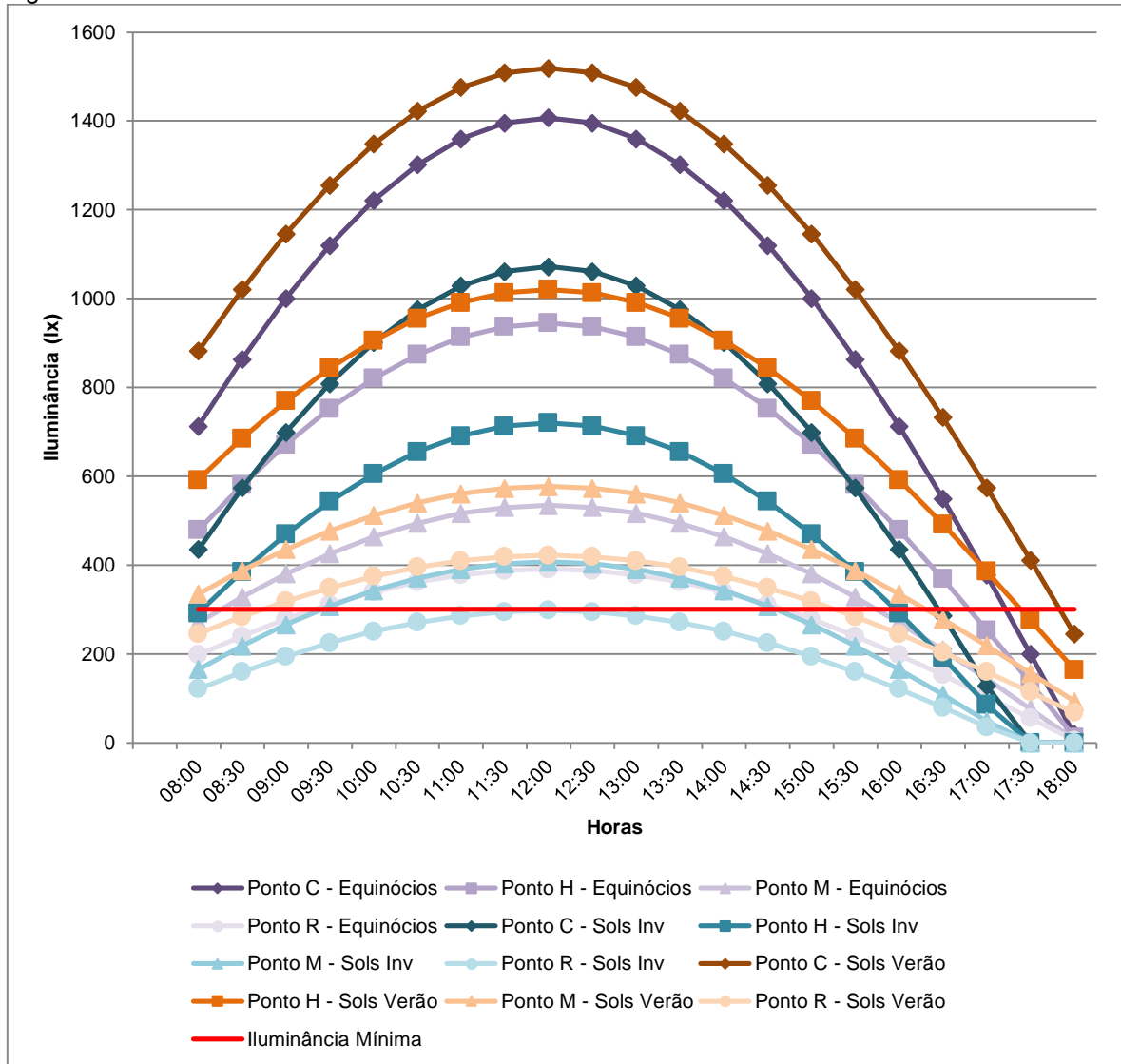
A Figura 37 apresenta os valores para esta configuração de instalação da prateleira, as iluminâncias registradas apresentam valores mais elevados, porém com uma pequena diferença em relação ao modelo anterior no que diz respeito ao uso da iluminação artificial.

Figura 37: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 3



Com a instalação da prateleira a 2,60 metros do solo, percebe-se que a o tempo de utilização da iluminação artificial quase não se altera, quando comparado com os Modelos 2 e 3, os valores registrados para o verão são bem elevados. Esses índices de iluminância mais altos prejudicam a uniformidade da distribuição da luz dentro do ambiente. A Figura 38 mostra a representação dos valores obtidos por meio da simulação, onde se verifica que para o ponto C, a iluminância é muito elevada com relação aos outros pontos analisados.

Figura 38: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 4



4.1.4 Análise do potencial de economia de energia elétrica

Esta verificação foi feita pontualmente, ou seja, considerando-se todos os 20 pontos analisados, para todos os períodos, solstícios e equinócios.

Como já mencionado anteriormente, não foram considerados o sistema de iluminação artificial e nem o uso e ocupação do ambiente. As comparações foram feitas sempre entre o modelo que representa a situação atual do ambiente, modelo 1, com os demais modelos propostos, 2 a 4.

A Tabela 4 apresenta a porcentagem de economia de energia elétrica que foi possível se obter por meio da utilização da iluminação natural redirecionada por meio das prateleiras de luz simuladas.

Tabela 4: Porcentagem de economia de energia elétrica – Estudo de Caso I

Período	Modelo 01 /Modelo 02	Modelo 01 /Modelo 03	Modelo 01 /Modelo 04
Equinócio de Outono	50%	51%	30%
Solstício de Inverno	54%	57%	30%
Equinócio de Primavera	43%	50%	29%
Solstício de Verão	54%	57%	32%

Assim como verificado por meio da análise do cv, o modelo 3 proposto, com a instalação da prateleira de luz à 2,20 metros do piso, é o que apresenta os melhores índices de potencial de economia de energia, sendo neste caso, a altura ideal de instalação do dispositivo de redirecionamento da luz natural.

As tabelas com todos os valores obtidos e com as comparações feitas, período a período, estão apresentadas no Apêndice A.

4.1.5 Análise térmica do objeto do Estudo de Caso I - UFSCar

Para a análise térmica, foram feitas simulações por meio do programa EnergyPlus, como já mencionado. Os dados de entrada dos materiais que compõem as superfícies do ambiente analisado estão apresentados no Quadro 6.

Quadro 6: Propriedades dos materiais que compõem as superfícies do Estudo de Caso I

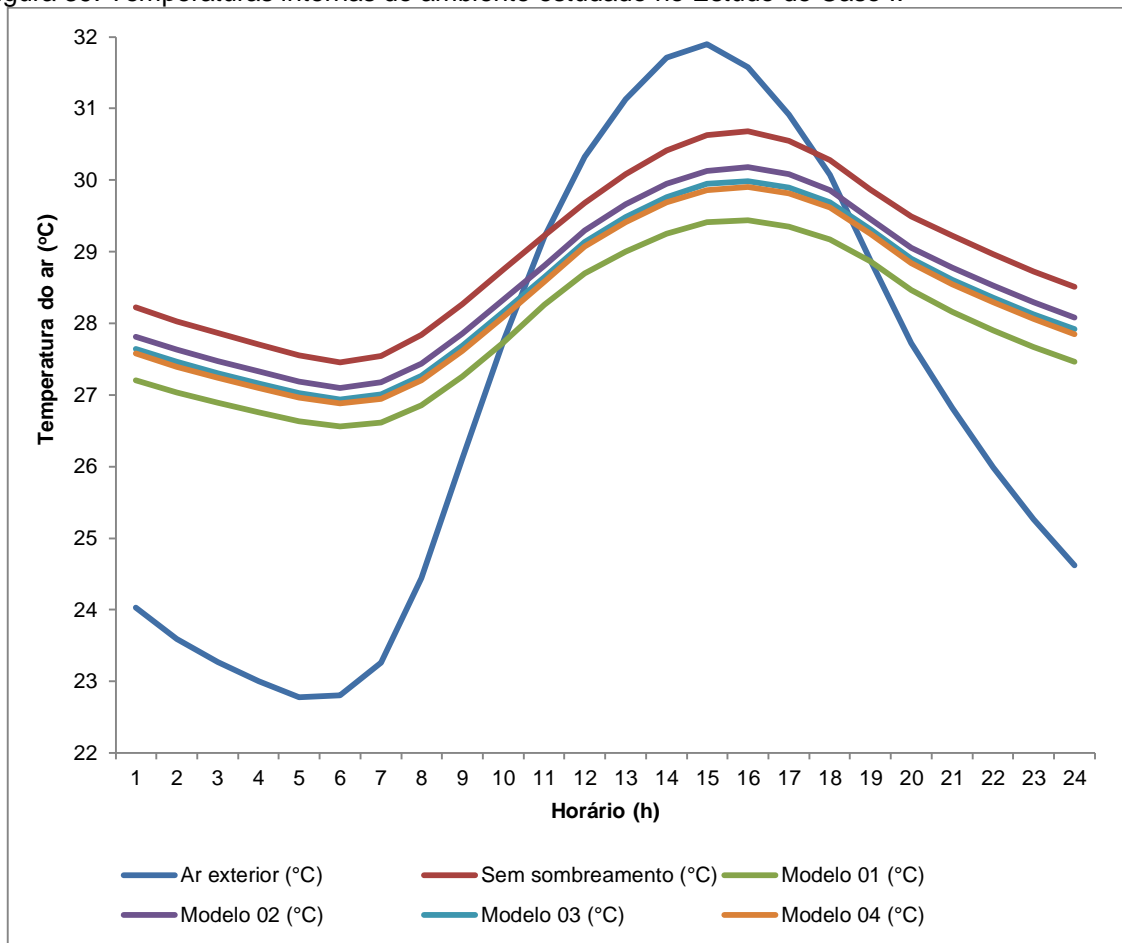
Ambiente	Elemento	Material	Condutividade (W/mK)	Densidade (Kg/m ³)	Calor Específico (J/KgK)	Absortância Solar
Estudo de Caso I	Parede	Cerâmica	0,8	1720	840	0,7
		Argamassa	1,15	1800	1000	0,5
		Concreto	1,7	2400	1000	0,3
	Piso	Concreto	1,4	2000	1000	0,3
		Cerâmica	0,8	1720	840	0,7
	Forro	Concreto	1,7	2400	1000	0,3

Após as simulações do comportamento térmico das prateleiras de luz, foi possível verificar que a variação da temperatura entre os modelos que foram simulados com o dispositivo redirecionador da luz natural é muito pequena, conforme valores apresentados na Tabela 5. A Figura 39 apresenta as curvas das temperaturas ambiente para cada um dos modelos analisados, sendo que, ainda foi feita a simulação para o mesmo ambiente caso o mesmo não tivesse nenhum tipo de elemento sombreador, como beiral ou brise.

Tabela 5: Temperaturas internas registradas – Estudo de Caso I

Horário	Ar exterior (°C)	Sem sombreamento (°C)	Modelo 01 (°C)	Modelo 02 (°C)	Modelo 03 (°C)	Modelo 04 (°C)
1	24,0	28,2	27,2	27,8	27,6	27,6
2	23,6	28,0	27,0	27,6	27,5	27,4
3	23,3	27,9	26,9	27,5	27,3	27,2
4	23,0	27,7	26,8	27,3	27,2	27,1
5	22,8	27,6	26,6	27,2	27,0	27,0
6	22,8	27,5	26,6	27,1	26,9	26,9
7	23,3	27,5	26,6	27,2	27,0	26,9
8	24,4	27,8	26,9	27,4	27,3	27,2
9	26,1	28,3	27,3	27,9	27,7	27,6
10	27,8	28,8	27,7	28,3	28,2	28,1
11	29,2	29,2	28,3	28,8	28,6	28,6
12	30,3	29,7	28,7	29,3	29,1	29,1
13	31,1	30,1	29,0	29,7	29,5	29,4
14	31,7	30,4	29,3	29,9	29,8	29,7
15	31,9	30,6	29,4	30,1	29,9	29,9
16	31,6	30,7	29,4	30,2	30,0	29,9
17	30,9	30,5	29,3	30,1	29,9	29,8
18	30,1	30,3	29,2	29,9	29,7	29,6
19	28,9	29,9	28,9	29,5	29,3	29,3
20	27,7	29,5	28,5	29,1	28,9	28,8
21	26,8	29,2	28,2	28,8	28,6	28,5
22	26,0	29,0	27,9	28,5	28,4	28,3
23	25,3	28,7	27,7	28,3	28,1	28,1
24	24,6	28,5	27,5	28,1	27,9	27,8

Figura 39: Temperaturas internas do ambiente estudado no Estudo de Caso I.



Ocorreu uma pequena elevação na temperatura interna quando se compara os valores registrados entre os modelos com o dispositivo redirecionador da luz natural e o modelo que ilustra a situação atual do ambiente, com beiral e brise. Porém esta elevação na temperatura não ultrapassou o valor registrado quando o ambiente está totalmente desprotegido.

4.1.6 Discussão das comparações entre as simulações

Após a realização das simulações lumínicas é possível verificar que o dispositivo redirecionador da luz natural apresenta um bom desempenho com relação aos ganhos de iluminação.

Quando foi averiguado a distribuição da iluminância no ambiente, notou-se que os melhores índices apresentados foram os do Modelo 1, da sala na maneira em que se encontra construída atualmente, porém quando analisados os valores absolutos,

percebe-se que a maioria dos pontos analisados estão abaixo do mínimo exigido pela norma. As demais configurações de altura da prateleira apresentaram valores próximos, porém quando se passa a analisar os valores absolutos, percebe-se que quanto mais alta a prateleira está, mais altos são os valores das iluminâncias registradas nos pontos mais próximos a abertura.

Esses valores altos, principalmente no Modelo 4, podem significar que naquele local pode estar ocorrer ofuscamento e ganhos térmicos.

A análise térmica dos modelos indica que a altura da prateleira de luz, quando comparadas entre si, não influencia na temperatura interna do ambiente, as variações que ocorreram foram desprezadas.

Economicamente, as prateleiras estudadas apresentaram bons resultados com relação a economia de energia elétrica gasta com o sistema de iluminação artificial utilizado durante o período diurno. Esses ganhos energéticos chegaram a 57%.

4.2 EDIFÍCIO NO IPT – PRÉDIO 1 “ADRIANO MARCHINI”

O objeto do Estudo de Caso II é o anfiteatro do Edifício Adriano Marchini, cujas fachadas estão demonstradas na Figura 40, apresenta área total de 7.300 m², foi edificado em quatro pavimentos, sendo composto por três blocos denominados de ala direita, ala esquerda e ala central. O primeiro e segundo pavimentos são os maiores, com áreas de 2.120 m² e 2.030 m², respectivamente, já o terceiro e quarto são iguais, com área de 1.580 m² cada um.

Figura 40: Fachadas do edifício Adriano Marchini



Fachada Nordeste



Fachada Sudoeste



Fachada Noroeste



Fachada Sudeste

As alas direita e esquerda são constituídas por quatro pavimentos, incluindo o térreo, e cobertura, onde se encontra a Casa de Máquinas. A ala central é constituída de quatro pavimentos, no trecho disposto transversalmente às demais e dois pavimentos, incluindo o térreo, no trecho disposto paralelamente a elas, onde se encontra o auditório, ambiente este que foi simulado, cujas aberturas laterais encontram-se fechadas por placas de gesso pelo lado de dentro, como pode ser observado por meio da Figura 41.

Figura 41: Interior do auditório



a) Aberturas do lado esquerdo do anfiteatro



b) Aberturas do lado direito do anfiteatro

4.2.1 Análise lumínica do Estudo de Caso II - IPT

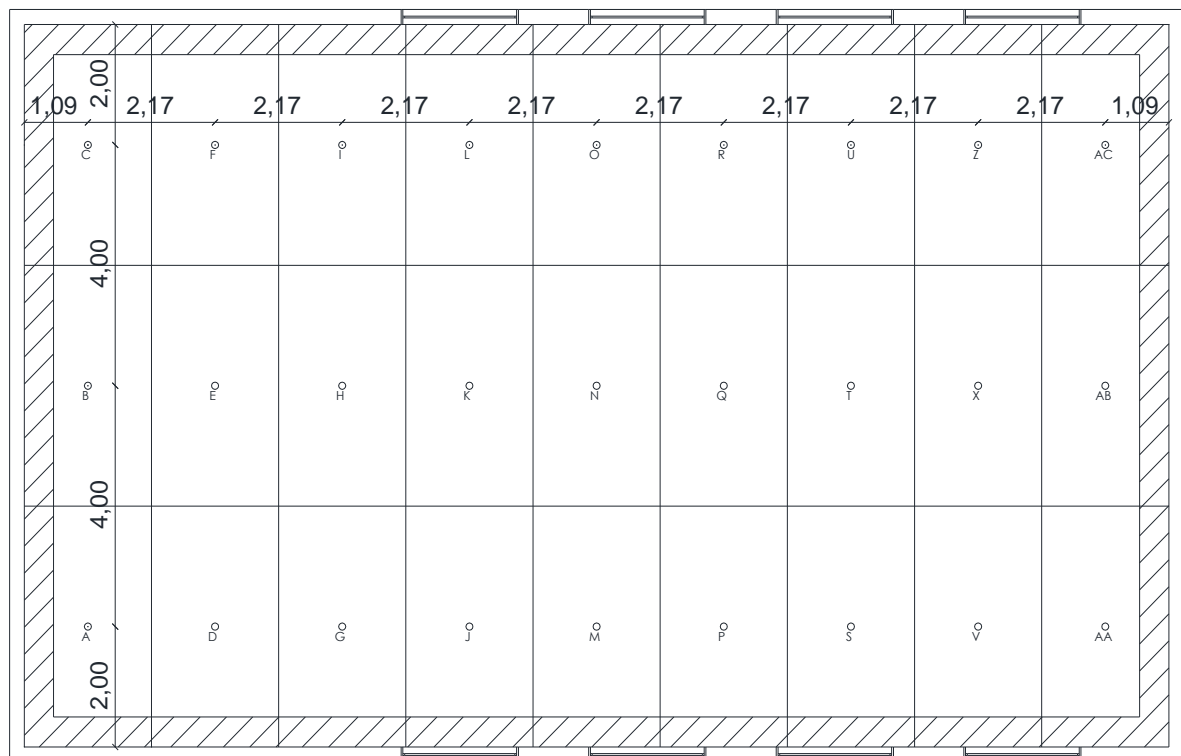
Para a realização das simulações, foi escolhido o auditório, localizado no pavimento térreo do edifício, com suas aberturas orientadas para o noroeste e sudeste. As aberturas laterais, durante reforma realizada foram fechadas por placas de gesso, sendo que atualmente no mesmo é utilizado apenas o sistema de iluminação artificial. A sala apresenta formato irregular, com geometria semelhante à de um trapézio isósceles. Os lados, onde estão as aberturas medem 19,53 metros, o lado que seria a base menor do trapézio, onde está a tela de projeção, mede 9,93 metros de comprimento, e a parede oposta 15,73 metros, e pé direito de 5,00 metros. Possui área total de aproximadamente 248,00 metros quadrados. As esquadrias, três

de cada lado, são de correr, com dimensões de 2,30 metros de comprimento, 2,50 metros de altura, totalizando uma área envidraçada de 34,50 metros quadrados.

As simulações foram realizadas seguindo a mesma logística do outro edifício estudado, ou seja, foram simulados modelos sem e com as prateleiras. Para a determinação da malha de pontos foi necessário se fazer uma adequação as formas originais do edifício. Por apresentar forma trapezoidal que dificultaria o estabelecimento dos pontos, o mesmo foi transformado em um ambiente de formas retangulares, porém com a mesma área equivalente.

Outra adequação que se fez necessária, foi adotar a média das alturas dos planos de análise, uma vez que o ambiente possui variações na altura do seu pé-direito. Após estas adequações, a malha de pontos foi determinada conforme recomendação da NBR 15215-4/04 (ABNT, 2004), totalizando 27 pontos de medição, conforme Figura 42.

Figura 42: Malha de pontos analisados - Estudo de Caso II



Planta Baixa



As simulações foram realizadas em três modelos, sendo que em todos as prateleiras foram instaladas internamente. O primeiro com as janelas abertas, sem os fechamentos que existentes, e sem as prateleiras de luz, conforme Figura 43. Nos outros dois modelos simulados adotou-se a prateleira de luz em duas alturas diferentes com relação ao chão. O primeiro com o dispositivo instalado na altura do peitoril das duas primeiras janelas, com relação a quem entra no ambiente, e nas demais no meio do altura da janela, conforme Figura 44, e no segundo no meio de todas as janelas, como apresentado na Figura 45, sendo todas pintadas de branco, com refletância de 0,90, e largura de 1,50 metros. As refletâncias internas do ambiente estão descritas no Quadro 7.

Figura 43: Modelo se prateleira de luz

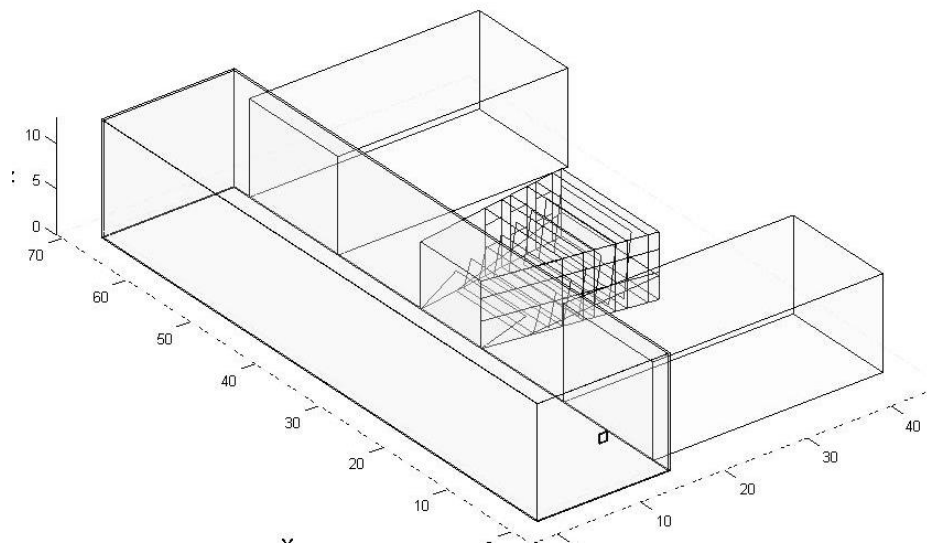


Figura 44: Modelo com prateleira de luz instalada no peitoril

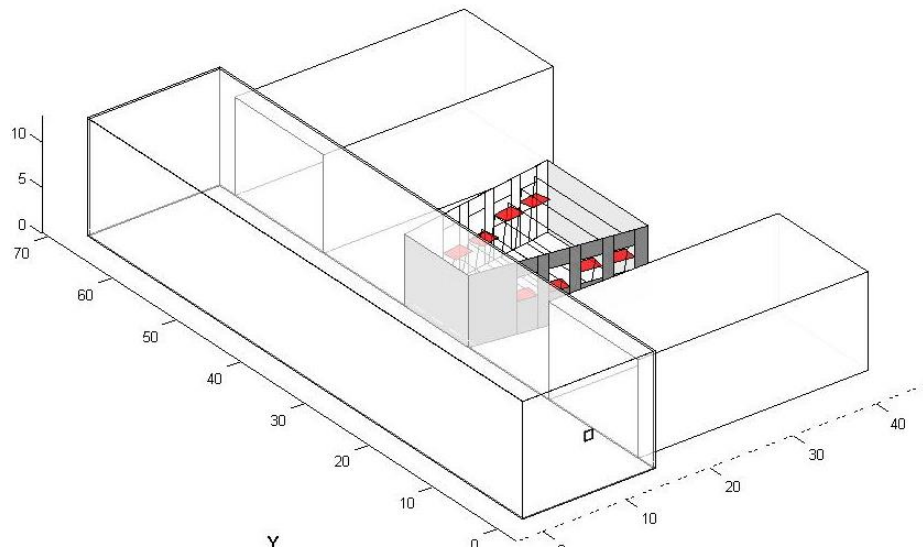
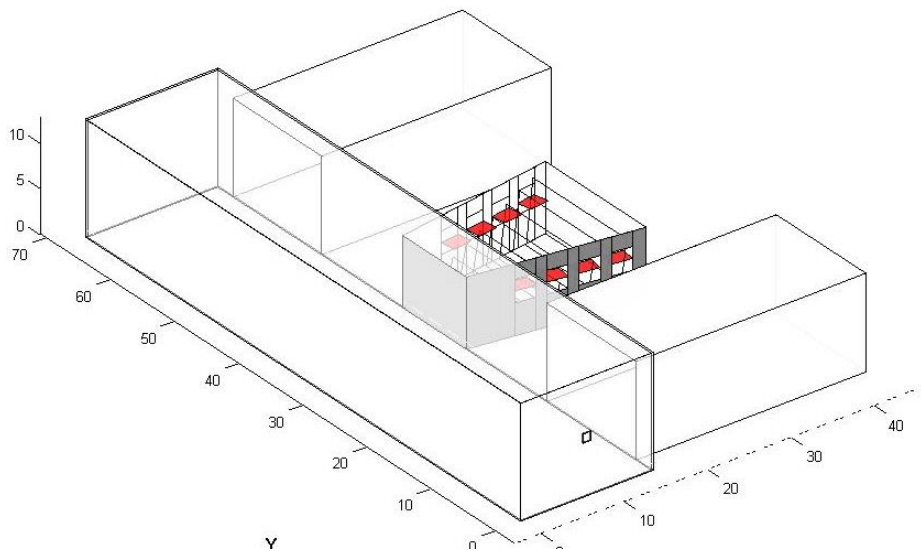


Figura 45: Modelo com prateleira de luz instalada no meio da altura do vão da janela



Quadro 7: Refletâncias das superfícies internas – Estudo de Caso II

Parede	Refletâncias
Paredes	0,40
Parede do fundo	0,30
Piso	0,20
Teto	0,88

4.2.2 Coeficiente de variação da iluminância

Assim como para o Estudo de Caso I, os coeficientes de variação da iluminância interna foram calculados a partir dos valores obtidos por meio das simulações. Na Tabela 6 estão apresentados os coeficientes calculados para cada modelo, em cada dia de simulação.

Tabela 6: Coeficientes de variação da iluminância – Estudo de Caso II.

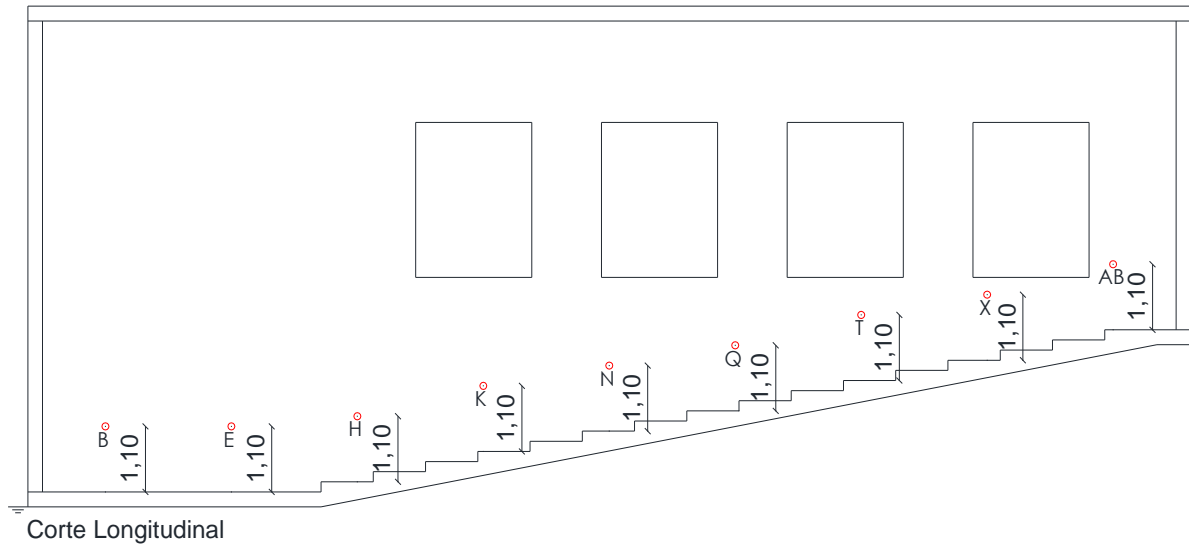
Modelo 1			
Período	Média (lx)	Desvio Padrão (lx)	cv (%)
Equinócio de Outono	451	288	64
Solstício de Inverno	304	218	72
Equinócio de Primavera	444	283	64
Solstício de Verão	521	297	57
Modelo 2			
Período	Média (lx)	Desvio Padrão (lx)	cv (%)
Equinócio de Outono	473	297	63
Solstício de Inverno	326	231	71
Equinócio de Primavera	471	296	63
Solstício de Verão	552	311	56
Modelo 3			
Período	Média (lx)	Desvio Padrão (lx)	cv (%)
Equinócio de Outono	464	294	63
Solstício de Inverno	317	226	71
Equinócio de Primavera	462	293	63
Solstício de Verão	541	308	57

Diante dos valores obtidos percebe-se que os valores para cv em todos os modelos são praticamente os mesmos, indicando que as configurações adotadas para as prateleiras de luz não alteram a distribuição da iluminância do ambiente.

4.2.3 Distribuição da iluminância

Foram considerados, assim como no estudo anterior, os pontos centrais dispostos linearmente, sendo eles: B; E; H; K; N; Q; T; X; AB, conforme a Figura 46.

Figura 46: Localização dos pontos analisados



A Figura 47 mostra as curvas da distribuição das iluminâncias para o Modelo 1, apenas com as janelas desobstruídas. Diante dos valores obtidos, nota-se que durante o verão e os equinócios quase todos os pontos são satisfeitos apenas com a luz natural. Quando as prateleiras são instaladas com a configuração do modelo 2, percebe-se uma pequena melhora com relação a utilização da iluminação natural, e também a constância da distribuição das iluminâncias quando comparada com o modelo 1, conforme a Figura 48.

Figura 47: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 1

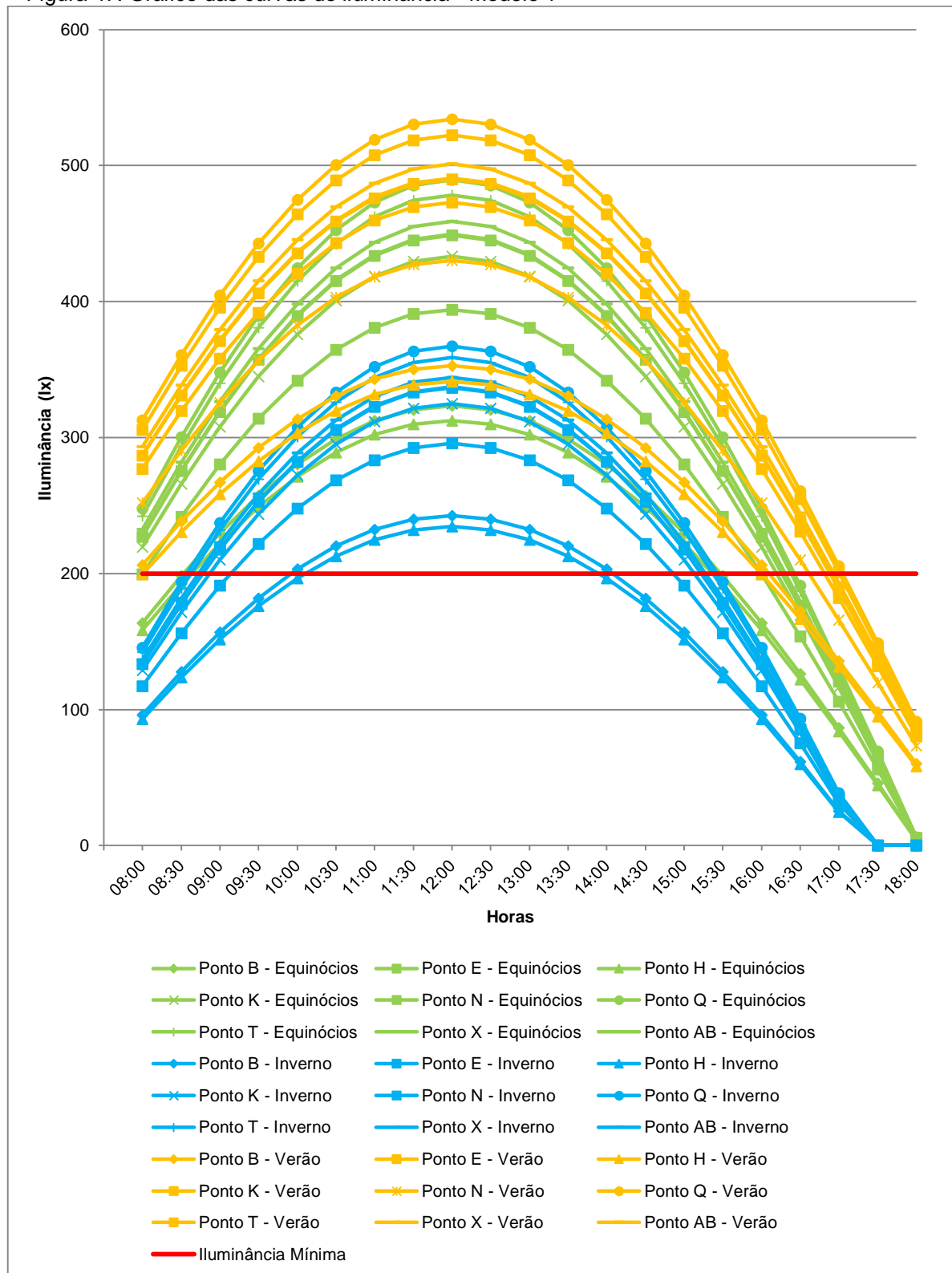
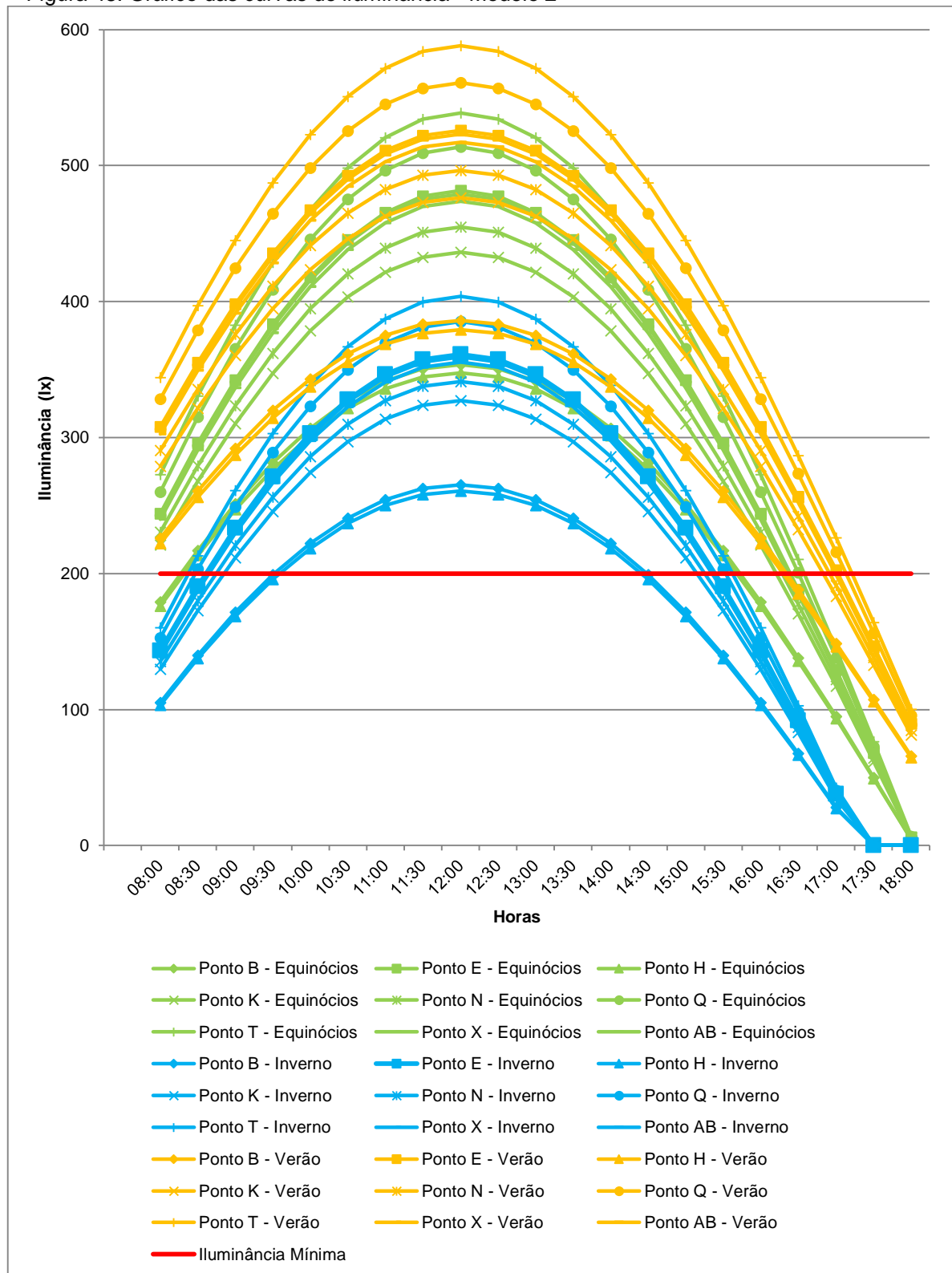


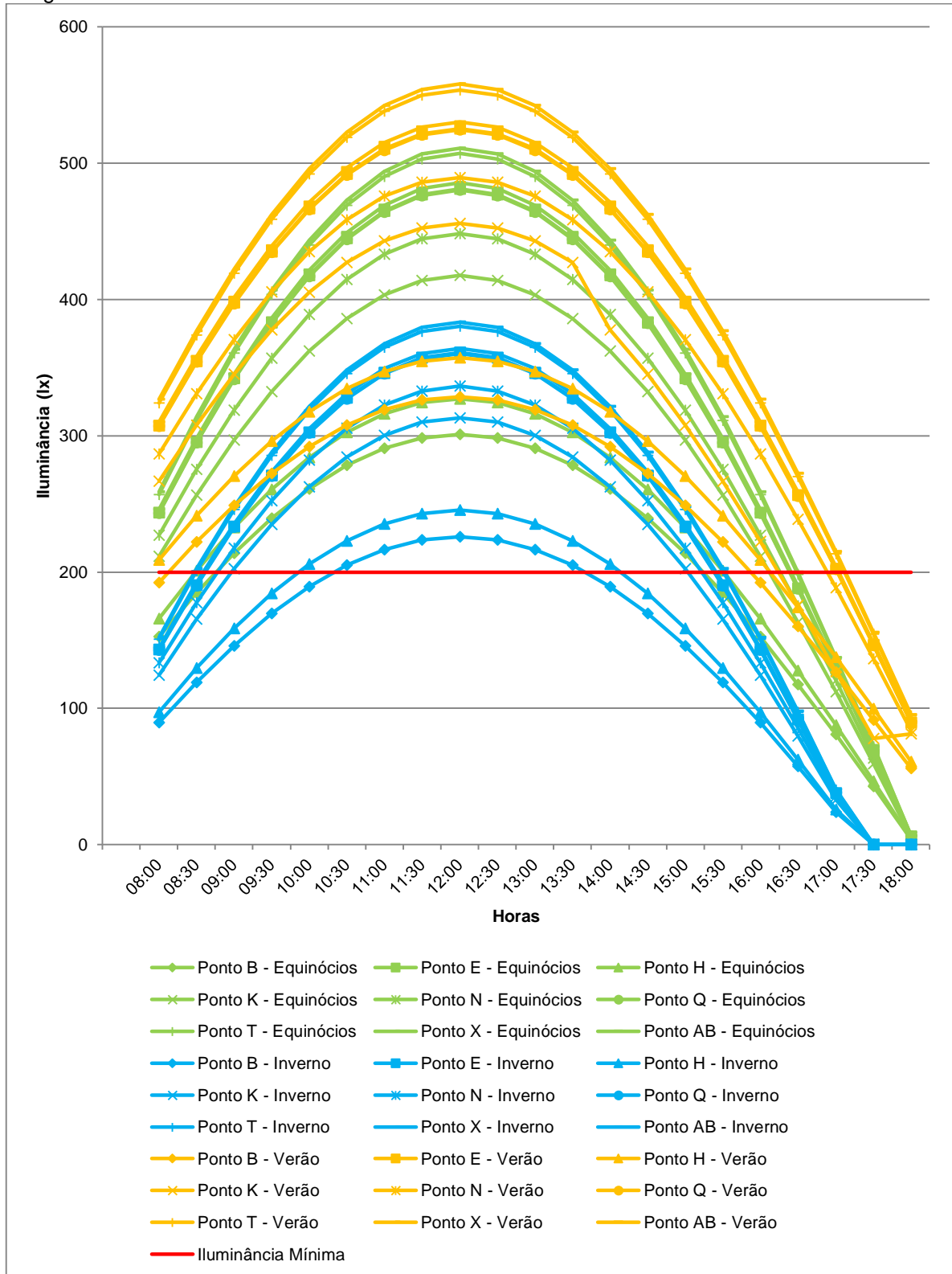
Figura 48: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 2



Para o modelo 3, o comportamento do ambiente com relação a distribuição das iluminâncias é o mesmo quando comparado aos modelos anteriores, conforme Figura

49. Com relação a utilização da luz natural, a mesma só é aproveitada após o início da manhã e até o meio da tarde, como já observado anteriormente.

Figura 49: Gráfico das curvas de iluminância - Modelo 03



4.2.4 Análise do potencial de economia de energia elétrica

Assim como para o Estudo de Caso I, esta análise foi feita pontualmente, considerando-se todos os períodos analisados em todos os modelos. A Tabela 7 apresenta a porcentagem de economia de energia elétrica que foi possível se obter por meio da utilização da iluminação natural redirecionada por meio das prateleiras de luz simuladas.

Tabela 7: Porcentagem de economia de energia elétrica – Estudo de Caso II.

Período	Modelo 01 /Modelo 02	Modelo 01 /Modelo 03
Equinócio de Outono	10%	5%
Solstício de Inverno	11%	6%
Equinócio de Primavera	10%	6%
Solstício de Verão	20%	10%

Diferentemente do primeiro estudo, neste caso o potencial de economia de energia elétrica foi pequeno, um pouco mais expressivo no verão.

As tabelas com todos os valores obtidos e com as comparações feitas, período a período, estão apresentadas no Apêndice A.

4.2.5 Análise térmica do Estudo de Caso II - IPT

Após as simulações realizadas por meio do programa EnergyPlus, com os dados de entrada dos materiais que compõem as superfícies do ambiente analisado, apresentados no Quadro 8, nota-se que a variação da temperatura entre os modelos que foram simulados com o dispositivo redirecionador da luz natural é muito pequena, conforme valores apresentados na Tabela 8.

Quadro 8: Propriedades dos materiais que compõem as superfícies do Estudo de Caso II

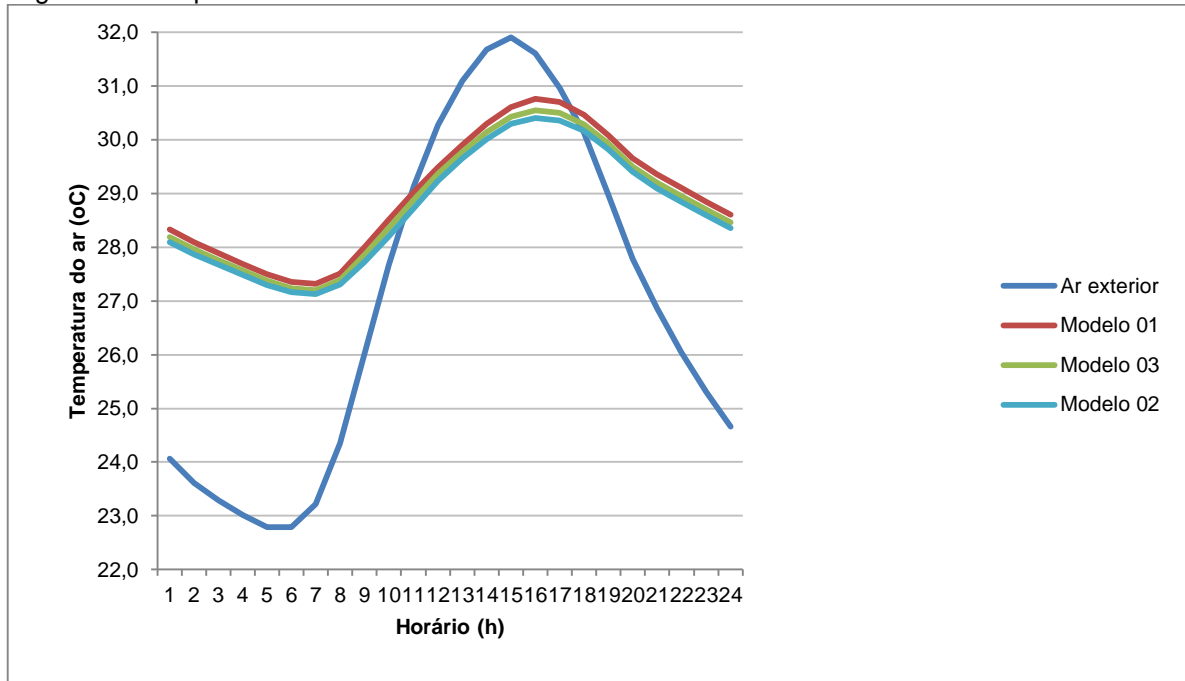
Ambiente	Elemento	Material	Condutividade (W/mK)	Densidade (Kg/m³)	Calor Específico (J/KgK)	Absortância Solar
Estudo de Caso II	Parede	Argamassa	1,15	1800	1000	0,5
		Tijolo	0,8	1720	840	0,5
	Piso	Concreto	1,4	2000	1000	0,3
	Forro	Gesso Acartonado	0,25	670	1089	0,3

Tabela 8: Temperaturas internas registradas – Estudo de Caso II

Horário	Ar exterior (°C)	Modelo 01 (°C)	Modelo 02 (°C)	Modelo 03 (°C)
1	24,1	28,3	28,1	28,3
2	23,6	28,1	27,9	28,0
3	23,3	27,9	27,7	27,8
4	23,0	27,7	27,5	27,6
5	22,8	27,5	27,3	27,5
6	22,8	27,3	27,2	27,3
7	23,2	27,3	27,1	27,3
8	24,3	27,5	27,3	27,5
9	26,0	28,0	27,7	28,0
10	27,7	28,5	28,2	28,5
11	29,1	29,0	28,7	29,0
12	30,3	29,5	29,2	29,5
13	31,1	29,9	29,7	29,9
14	31,7	30,3	30,0	30,3
15	31,9	30,6	30,3	30,6
16	31,6	30,8	30,4	30,8
17	31,0	30,7	30,4	30,7
18	30,1	30,5	30,2	30,4
19	29,0	30,1	29,8	30,1
20	27,8	29,7	29,4	29,6
21	26,9	29,4	29,1	29,3
22	26,0	29,1	28,8	29,1
23	25,3	28,8	28,6	28,8
24	24,7	28,6	28,4	28,6

O modelo 2, que utiliza a prateleira em duas alturas, mostra-se um pouco mais efetivo com relação aos ganhos térmicos, conforme ilustrado na Figura 50 que ilustra este comportamento.

Figura 50: Temperaturas internas do ambiente estudado no Estudo de Caso II



Neste caso, os modelos com as prateleiras de luz instaladas, mostraram-se mais efetivos, pois amorteceram a temperatura interna do ambiente.

4.2.6 Análise das áreas internas ensolaradas

Com a finalidade de melhor entender a simulação térmica realizada, foram calculadas as áreas ensolaradas do ambiente estudado durante o solstício de verão. Por meio do Quadro 9 é possível se comparar as áreas que receberam a luz direta do sol e qual a efetividade dos dispositivos simulados com relação ao sombreamento.

Quadro 9: Áreas internas ensolaradas – Estudo de Caso II

Horário	Modelo 01	Modelo 02	Modelo 03
08:00h	5,21 m ²	1,68 m ²	2,10 m ²
09:00h	8,81 m ²	2,95 m ²	4,63 m ²
10:00h	5,60 m ²	1,30 m ²	3,18 m ²
11:00h	2,49 m ²	0,95 m ²	1,89 m ²
13:00h	2,44 m ²	0,94 m ²	1,88 m ²
14:00h	6,60 m ²	1,88 m ²	3,76 m ²
15:00h	12,09 m ²	4,26 m ²	3,20 m ²
16:00h	12,57 m ²	5,10 m ²	6,87 m ²
17:00h	-	-	-
18:00h	-	-	-

Os valores expressos na tabela acima demonstram que o modelo 02, com menores áreas ensolaradas, é o mais efetivo com relação ao sombreamento do ambiente estudado, e dessa forma, como já demonstrado por meio da análise térmica, é a configuração que menos contribui para o ganho térmico do ambiente.

Os gráficos que demonstram as áreas ensolaradas estão apresentados no Apêndice B.

4.2.7 Discussão das comparações entre as simulações

A distribuição das iluminâncias no ambiente não foi alterada com a instalação das prateleiras de luz, fato comprovado tanto pelo cálculo do coeficiente de variação quanto pelas curvas de distribuição das iluminâncias.

A análise térmica dos modelos indica que o uso das prateleiras melhora o desempenho do local com relação ao ganho de calor ao longo dia, mantendo a temperatura interna abaixo da registrada quando não considerado nenhum tipo de sombreamento.

Economicamente, as prateleiras estudadas apresentaram resultados satisfatórios, com um melhor desempenho para o verão, quando o potencial de economia de energia elétrica atinge 20%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das simulações realizadas e das análises feitas, foram identificadas melhorias na iluminação natural e o possível potencial de economia de energia elétrica que poderia ser obtido com a instalação de prateleiras de luz, em ambos os Estudos de Caso.

O potencial de economia de energia elétrica que seria gasta com o sistema de iluminação artificial, durante o período diurno, para o Estudo de Caso I, superou o valor apontado por Rosim (2008), no caso do edifício da UFSCar. Mesmo não sendo abordada, neste estudo, a associação de vidros à análise do comportamento das prateleiras, o potencial de economia de energia elétrica obtido no Estudo de Caso I superou a da apresentada por Santos e Souza (2012), que apontam uma economia de 46,6%.

Para o Estudo de Caso II, o potencial de economia de energia elétrica foi menor, apenas 10%, sendo confirmado que a correta orientação das fachadas envidraçadas influencia os possíveis ganhos energéticos. Como demonstram Gago et al (2015), que afirmam que a efetividade do sistema de redirecionamento da luz natural por meio das prateleiras de luz é menor para as orientações leste e oeste.

Com relação à análise térmica, notou-se que ao substituímos os brises e o beiral por prateleiras de luz, no Estudo de Caso I, houve um ganho na temperatura interna do ambiente, porém não muito expressivo, em média de 0,5°C, mas mantendo-se abaixo da temperatura externa. No entanto, ao se comparar o mesmo ambiente sem sombreamento e após a instalação das prateleiras, há uma redução na ordem de 1°C.

A análise térmica realizada para o Estudo de Caso II demonstrou que as prateleiras de luz amortizaram a temperatura interna, quando comparados os valores do local sem os dispositivos e após a sua instalação.

Fica evidenciado a dificuldade de se analisar a eficiência energética de um ambiente por meio da utilização da luz natural. Pois, ao mesmo tempo que o redirecionamento da luz natural para o interior de ambiente pode proporcionar melhorias nos índices de iluminância, também podem ocorrer ganhos térmicos indesejáveis no mesmo local.

Os resultados da simulação com a prateleira de luz mostraram que o dispositivo melhora o índice de iluminância interna do ambiente, contribuindo para uma melhor distribuição da luminosidade entre os pontos mais próximos da abertura e os mais afastados, além de proporcionar economia de energia elétrica que seria consumida pelo sistema de iluminação artificial durante o período diurno, de forma a suplementar a carência da iluminação oriunda da luz natural. Termicamente, os dispositivos também se mostraram eficientes, em ambos os Estudos de Caso, quando comparadas as temperaturas internas dos ambientes sem nenhum tipo de sombreador instalado, com as temperaturas após o uso das prateleiras, percebeu-se uma amortização das temperaturas do ar interno.

Finalizando, a análise das prateleiras de luz envolve algumas variáveis, como posicionamento dos dispositivos, materiais constituintes e orientação das fachadas. Sendo assim, como sugestão para trabalhos futuros: analisar outros posicionamentos para as prateleiras; materiais que as compõem para análise da influência no desempenho térmico da edificação; e analisar as condições do céu da região onde o estudo será feito, com o intuito de se determinar as reais condições de nebulosidade e dessa forma, refinar as simulações com o correto tipo de céu.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3 ed. Brasília: ANEEL, 2008.

ALBUQUERQUE, D. D., **Avaliação de influência da luz natural na redução do consumo de energia em edifícios comerciais: uma análise em Maceió – AL [dissertação]**. Maceió: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas; 2010.

ALVAREZ, A. L. M., **Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares [dissertação]**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.

ALVES, F. L. P. L., **Medidas de eficiência energética na iluminação integrando luz natural [dissertação]**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

ARAÚJO, I. A. L., **Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios no trópico úmido [dissertação]**. Maceió: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas; 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215: Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**, Rio de Janeiro, 2004. 13p.

_____. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**, Rio de Janeiro, 2013. 60p.

_____. **NBR 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior**, Rio de Janeiro, 2013. 46p.

BOGO, A. J., **Método para avaliação da admissão de luz natural através de aberturas com elementos de controle solar [tese]**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina; 2007.

CABÚS, R. **Análise do desempenho luminoso de sistema de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias [dissertação]**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina; 1997.

_____. Validação do programa Troplux. **Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**, p. 250-259, 2005.

_____. Troplux V5 – Guia do Usuário. Maceió, 2011.

CÂNDIDO, C.; TORRES, S.; CABÚS, R. Análise da utilização de prateleiras de luz em edifício de pesquisas da UFAL, Maceió-AL. **IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído**, 2005.

CIAMPINI, F., **Sistemas inovadores de iluminação natural. Estudo de seu desempenho sob condições de céu real em Campinas, SP [dissertação]**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas; 2005.

CLARO, A., **Modelo vetorial esférico para radiosidade aplicado à iluminação natural [tese]**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina; 1998.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. **ISO 15469:2003 – Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky**, Viena, 2003. 10p.

CORREIA, A. G. U. **Avaliação Pós-Ocupação da Iluminação Natural das Salas dos Setores de Aulas Teóricas da Universidade de Rio Grande do Norte [dissertação]**. Natal: Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Rio Grande do Norte; 2008.

DIAS, A. F. A. **Análise do uso da luz natural em salas de aula: Estudo de caso em Aracajú – SE [dissertação]**. Maceió: Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Aloguas; 2011.

EGAN, M. D.; OLGAY, V. **Architectural lighting**. McGraw-Hill, 2002.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Projeção de Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos** (2014 – 2023). 2014. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20140203_1.pdf> Acesso em: 20/11/2014.

FELL, J. A. **Eficiência das estantes de luz nas aberturas: estudo de quatro casos [dissertação]**. Porto Alegre: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Rio Grande do Sul; 2002.

FERNANDES, R. F. C., **Eficiência energética de edifícios versus qualidade de iluminação [dissertação]**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2008.

FIUZA, J. M., **Influência de elementos de proteção solar horizontais aplicados a aberturas laterais, na admissão e distribuição da luz natural [dissertação]**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina; 2008.

FREEWAN, A. A. Maximizing the lightshelf performance by interection between lightshelf geometries and a curved ceiling. **Energy Conservation and Management**, n. 51, p. 1600-1604, 2010.

FREEWAN, A. A.; SHAO, L.; RIFFAT, S. Optimizing performance of the lightshelf by modifying ceiling geometry in highly luminous climates. **Solar Energy**, n. 82, p. 343-353, 2008.

FUMO, N.; MAGO, P.; LUCK, R. Methodology to estimate energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models. **Energy and Buildings**, n. 42, p. 2331-2337, 2010.

GAGO, E. J. et al. Natural light controls and guides in buildings. Energy saving for electrical lighting, reduction of cooling load. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 41, p. 1-13, 2015.

GHISI, E., **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina [dissertação]**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina; 1997.

GOMES, A. M. A., **Aplicação do método de Monte Carlo ao estudo da influência dos dados de entrada na simulação energética de edifícios escolares [dissertação]**. Viseu: Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu; 2013.

GRAZIANO JUNIOR, S. F. C., **Desenvolvimento, inovação e otimização de sistema de redirecionamento da luz natural tipo lightshelf [dissertação]**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina; 2000.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. 2ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966.

KRUM, C. C. **Desempenho lumínico em edificação escolar com estratégias sustentáveis e bioclimáticas: um estudo de caso [dissertação]**. Porto Alegre: Universidade do Rio Grande do Sul; 2011.

LUZ, B. **Condução da luz natural por sistemas não convencionais [dissertação]**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo; 2009.

MA, Z. et al. Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. **Energy and Buildings**, n. 55, p. 889-902, 2012.

MAIOLI, R. N.; TAUFNER, M. D.; ALVAREZ, C. E. Impacto da escolha do vidro em aberturas associado ao dispositivo prateleira de luz para o conforto visual em ambientes de escritório. **Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis**, p. 197-206, 2014.

MAJOROS, A. **Daylighting. Serie passive and Low Energy Architecture Internacional – Design tools and Techniques. PLEA Notes**, n° 4. Ed University of Queensland, Australia, 1998.

MARTINS, L. O., **O poço de luz como estratégia de iluminação natural na cidade de Maceió – AL [dissertação]**. Maceió: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas; 2011.

MATEUS, N. M.; PINTO, A.; GRAÇA, G. C. Validation of EnergyPlus thermal simulation of Double skin naturally and mechanically ventilated test cell. **Energy and Buildings**, n. 75, p. 511-522, 2014.

MAYHOUB, M. S. Innovative daylighting systems' challenges: A critical study. **Energy and Buildings**, n. 80, p. 394-405, 2014.

McNICHOLL, A.; LEWIS, J. O. **Daylighting in Buildings**. Energy Research Group, University College Dublin for the European Commission Directorate-General for Energy (DGXVII), 1994.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. Brasília: MME: Procel Edifica, 2009a.

_____. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Brasília: MME: Procel Edifica, 2009b.

OSRAM. **Iluminação: conceitos e projetos**. Disponível em: <http://www.osram.com.br>. Acesso em: 28 jul 2014.

PEREIRA, R. C., **Avaliação de ferramentas de simulação de iluminação natural por meio de mapeamento digital de luminâncias da abóbada celeste e entorno [tese]**. Florianópolis; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina; 2009.

RAMOS, G.; GHISI, E. Analysis of daylight calculated using the EnergyPlus programme. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 14, p. 1948-1958, 2010.

ROSIM, C. A. **Comportamento de prateleiras de luz em modelo físico sob céu real na cidade de Campinas, SP [dissertação]**. São Paulo: Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas; 2008.

SANATI, L.; UTZINGER, M. The effect of window shading design on occupant use of blinds and electric lighting. **Building and Environment**, n. 64, p. 67-76, 2013.

SANTOS, I. G.; SOUZA, R. V. G. Proteções solares no Regulamento brasileiro de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 227-241, 2012.

SILVA, A. D. **Avaliação teórica e experimental do desempenho de dutos de luz, na cidade de São Carlos – SP [dissertação]**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2005.

TOLEDO, G. E. **Parâmetros de Design para a Configuração de Dutos de Luz Solar [dissertação]**. Curitiba: Programa de Pós - Graduação em Design, do Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná; 2013.

U. S. DOE, **Engineering Reference – The Reference to EnergyPlus Calculation**. 2010

VEIGA, J. M. G. C., **Métodos de análises das incertezas na verificação da segurança estrutural em engenharia civil [tese]**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2008.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura**. 3ed. São Paulo: Geros, 2007. 400p.

XUE, P.; MAK, C. M.; CHEUNG, H. D. New static lightshelf system design of clerestory Windows for Hong Kong. **Building and Environment**, n. 72, p. 368-376, 2014.

GLOSSÁRIO

Absortância térmica – relação entre a taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

Altura solar – Ângulo formado entre o sol e a linha do horizonte, variando de 0° à 90° .

Azimute – Ângulo horizontal formado entre o norte e o observador, medido em sentido horário, portanto variando de 0° à 360° .

Calor específico – quantidade de calor, por unidade de massa, necessária para elevar em um grau a temperatura da substância.

Condutividade térmica – descreve o transporte de energia – na forma de calor – através de um corpo, como resultado do gradiente de temperatura.

Densidade – relação entre a massa e o volume aparente de um corpo.

Iluminância - densidade de fluxo luminoso recebido por uma superfície: caracteriza o efeito de iluminação produzido pela luz incidente numa só ou numa infinidade de direções.

Luminância – é a medida do brilho de uma superfície; é a intensidade luminosa de um elemento de qualquer superfície, numa dada direção, por unidade de área perpendicular a esta direção.

Ofuscamento – perturbação, desconforto ou mesmo perda de visibilidade devido a uma variação muito grande da iluminação e/ou uma velocidade muito grande.

Refletância – fração do fluxo incidente sobre um sistema que é por ele desviada para o hemisfério de origem, seja por reflexão à superfície, seja por retroespalhamento devido a gases e partículas em suspensão, seja por ambos os fenômenos.

APÊNDICE A – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES LUMÍNICAS

Figura 51: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	368	446	517	579	631	672	703	721	727	721
	2	681	825	956	1070	1167	1243	1299	1333	1344	1333
B	1	273	331	384	430	468	499	522	535	540	535
	2	695	842	975	1092	1190	1269	1325	1360	1372	1360
C	1	238	288	334	374	407	434	453	465	469	465
	2	685	830	961	1076	1173	1250	1307	1341	1352	1341
D	1	273	331	384	430	468	499	522	535	540	535
	2	690	837	969	1085	1183	1261	1317	1352	1363	1352
E	1	366	444	514	576	628	669	699	717	723	717
	2	682	827	958	1073	1169	1246	1302	1336	1347	1336
F	1	286	347	402	450	491	523	547	561	566	561
	2	479	580	672	753	820	874	914	937	945	937
G	1	320	388	450	503	549	585	611	627	632	627
	2	564	683	792	886	966	1030	1076	1104	1113	1104
H	1	331	401	465	520	567	605	632	648	654	648
	2	577	699	809	906	988	1053	1100	1129	1138	1129
I	1	322	390	451	505	551	587	614	630	635	630
	2	557	675	781	875	954	1016	1062	1090	1099	1090
J	1	282	341	395	443	482	514	537	551	556	551
	2	475	575	666	746	813	867	906	929	937	929
K	1	187	226	262	294	320	341	356	366	369	366
	2	286	347	402	450	491	523	547	561	566	561
L	1	202	245	284	318	346	369	385	396	399	396
	2	316	382	443	496	541	576	602	618	623	618
M	1	212	257	297	333	363	387	404	414	418	414
	2	328	398	461	516	562	599	626	643	648	643
N	1	200	243	281	315	343	366	382	392	395	392
	2	318	385	446	499	544	580	606	622	627	622
O	1	180	218	253	283	308	329	343	352	355	352
	2	275	333	386	432	471	502	524	538	542	538
P	1	175	213	246	276	301	320	335	343	346	343
	2	227	275	319	357	389	415	433	445	448	445
Q	1	183	222	257	287	313	334	349	358	361	358
	2	253	307	356	398	434	463	484	496	500	496
R	1	192	232	269	301	329	350	366	375	379	375
	2	243	295	342	383	417	445	465	477	481	477
S	1	189	229	266	297	324	345	361	370	374	370
	2	239	289	335	375	409	436	456	467	471	467
T	1	171	207	240	269	293	312	326	335	338	335
	2	219	266	308	345	376	401	419	430	433	430

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 52: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	703	672	631	579	517	446	368	284	195	103	9
	2	1299	1243	1167	1070	956	825	681	525	361	191	17
B	1	522	499	468	430	384	331	273	211	145	77	7
	2	1325	1269	1190	1092	975	842	695	536	368	194	18
C	1	453	434	407	374	334	288	238	183	126	67	6
	2	1307	1250	1173	1076	961	830	685	528	363	192	17
D	1	522	499	468	430	384	331	273	211	145	77	7
	2	1317	1261	1183	1085	969	837	690	533	366	193	18
E	1	699	669	628	576	514	444	366	283	194	103	9
	2	1302	1246	1169	1073	958	827	682	526	362	191	17
F	1	547	523	491	450	402	347	286	221	152	80	7
	2	914	874	820	753	672	580	479	369	254	134	12
G	1	611	585	549	503	450	388	320	247	170	90	8
	2	1076	1030	966	886	792	683	564	435	299	158	14
H	1	632	605	567	520	465	401	331	255	175	93	8
	2	1100	1053	988	906	809	699	577	445	306	161	15
I	1	614	587	551	505	451	390	322	248	170	90	8
	2	1062	1016	954	875	781	675	557	429	295	156	14
J	1	537	514	482	443	395	341	282	217	149	79	7
	2	906	867	813	746	666	575	475	366	252	133	12
K	1	356	341	320	294	262	226	187	144	99	52	5
	2	547	523	491	450	402	347	286	221	152	80	7
L	1	385	369	346	318	284	245	202	156	107	57	5
	2	602	576	541	496	443	382	316	243	167	88	8
M	1	404	387	363	333	297	257	212	163	112	59	5
	2	626	599	562	516	461	398	328	253	174	92	8
N	1	382	366	343	315	281	243	200	154	106	56	5
	2	606	580	544	499	446	385	318	245	168	89	8
O	1	343	329	308	283	253	218	180	139	95	50	5
	2	524	502	471	432	386	333	275	212	146	77	7
P	1	335	320	301	276	246	213	175	135	93	49	4
	2	433	415	389	357	319	275	227	175	120	64	6
Q	1	349	334	313	287	257	222	183	141	97	51	5
	2	484	463	434	398	356	307	253	196	134	71	6
R	1	366	350	329	301	269	232	192	148	102	54	5
	2	465	445	417	383	342	295	243	188	129	68	6
S	1	361	345	324	297	266	229	189	146	100	53	5
	2	456	436	409	375	335	289	239	184	127	67	6
T	1	326	312	293	269	240	207	171	132	91	48	4
	2	419	401	376	345	308	266	219	169	116	61	6

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 53: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	368	446	517	579	631	672	703	721	727	721
	3	683	827	958	1073	1170	1247	1302	1336	1348	1336
B	1	273	331	384	430	468	499	522	535	540	535
	3	663	803	930	1041	1135	1210	1264	1297	1308	1297
C	1	238	288	334	374	407	434	453	465	469	465
	3	635	770	892	999	1089	1160	1212	1244	1254	1244
D	1	273	331	384	430	468	499	522	535	540	535
	3	670	812	941	1053	1148	1224	1279	1312	1323	1312
E	1	366	444	514	576	628	669	699	717	723	717
	3	680	824	954	1068	1165	1241	1297	1331	1342	1331
F	1	286	347	402	450	491	523	547	561	566	561
	3	474	575	666	746	813	866	905	929	937	929
G	1	320	388	450	503	549	585	611	627	632	627
	3	551	668	773	866	944	1006	1051	1079	1088	1079
H	1	331	401	465	520	567	605	632	648	654	648
	3	572	694	804	900	981	1045	1092	1121	1130	1121
I	1	322	390	451	505	551	587	614	630	635	630
	3	561	680	788	882	962	1025	1071	1099	1108	1099
J	1	282	341	395	443	482	514	537	551	556	551
	3	476	577	668	748	815	869	908	932	940	932
K	1	187	226	262	294	320	341	356	366	369	366
	3	294	356	412	462	503	536	560	575	580	575
L	1	202	245	284	318	346	369	385	396	399	396
	3	329	399	462	518	564	601	628	645	650	645
M	1	212	257	297	333	363	387	404	414	418	414
	3	344	416	482	540	589	628	656	673	679	673
N	1	200	243	281	315	343	366	382	392	395	392
	3	332	403	467	522	569	607	634	651	656	651
O	1	180	218	253	283	308	329	343	352	355	352
	3	310	375	435	487	531	566	591	606	611	606
P	1	175	213	246	276	301	320	335	343	346	343
	3	228	276	320	358	390	416	434	446	450	446
Q	1	183	222	257	287	313	334	349	358	361	358
	3	241	292	338	378	412	439	459	471	475	471
R	1	192	232	269	301	329	350	366	375	379	375
	3	274	332	384	430	469	500	522	536	541	536
S	1	189	229	266	297	324	345	361	370	374	370
	3	249	302	350	392	427	456	476	488	493	488
T	1	171	207	240	269	293	312	326	335	338	335
	3	227	276	319	358	390	415	434	445	449	445

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 54: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	703	672	631	579	517	446	368	284	195	103	9
	3	1302	1247	1170	1073	958	827	683	527	362	191	17
B	1	522	499	468	430	384	331	273	211	145	77	7
	3	1264	1210	1135	1041	930	803	663	511	351	185	17
C	1	453	434	407	374	334	288	238	183	126	67	6
	3	1212	1160	1089	999	892	770	635	490	337	178	16
D	1	522	499	468	430	384	331	273	211	145	77	7
	3	1279	1224	1148	1053	941	812	670	517	355	188	17
E	1	699	669	628	576	514	444	366	283	194	103	9
	3	1297	1241	1165	1068	954	824	680	524	360	190	17
F	1	547	523	491	450	402	347	286	221	152	80	7
	3	905	866	813	746	666	575	474	366	251	133	12
G	1	611	585	549	503	450	388	320	247	170	90	8
	3	1051	1006	944	866	773	668	551	425	292	154	14
H	1	632	605	567	520	465	401	331	255	175	93	8
	3	1092	1045	981	900	804	694	572	442	303	160	15
I	1	614	587	551	505	451	390	322	248	170	90	8
	3	1071	1025	962	882	788	680	561	433	297	157	14
J	1	537	514	482	443	395	341	282	217	149	79	7
	3	908	869	815	748	668	577	476	367	252	133	12
K	1	356	341	320	294	262	226	187	144	99	52	5
	3	560	536	503	462	412	356	294	227	156	82	7
L	1	385	369	346	318	284	245	202	156	107	57	5
	3	628	601	564	518	462	399	329	254	174	92	8
M	1	404	387	363	333	297	257	212	163	112	59	5
	3	656	628	589	540	482	416	344	265	182	96	9
N	1	382	366	343	315	281	243	200	154	106	56	5
	3	634	607	569	522	467	403	332	256	176	93	8
O	1	343	329	308	283	253	218	180	139	95	50	5
	3	591	566	531	487	435	375	310	239	164	87	8
P	1	335	320	301	276	246	213	175	135	93	49	4
	3	434	416	390	358	320	276	228	176	121	64	6
Q	1	349	334	313	287	257	222	183	141	97	51	5
	3	459	439	412	378	338	292	241	186	127	67	6
R	1	366	350	329	301	269	232	192	148	102	54	5
	3	522	500	469	430	384	332	274	211	145	77	7
S	1	361	345	324	297	266	229	189	146	100	53	5
	3	476	456	427	392	350	302	249	192	132	70	6
T	1	326	312	293	269	240	207	171	132	91	48	4
	3	434	415	390	358	319	276	227	175	121	64	6

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 55: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	368	446	517	579	631	672	703	721	727	721
	4	752	911	1055	1181	1288	1373	1434	1472	1484	1472
B	1	273	331	384	430	468	499	522	535	540	535
	4	736	893	1034	1158	1262	1345	1405	1442	1454	1442
C	1	238	288	334	374	407	434	453	465	469	465
	4	713	864	1000	1120	1221	1301	1360	1395	1407	1395
D	1	273	331	384	430	468	499	522	535	540	535
	4	733	889	1029	1152	1256	1339	1399	1435	1448	1435
E	1	366	444	514	576	628	669	699	717	723	717
	4	752	912	1056	1183	1289	1374	1436	1473	1486	1473
F	1	286	347	402	450	491	523	547	561	566	561
	4	403	488	565	633	690	736	769	789	795	789
G	1	320	388	450	503	549	585	611	627	632	627
	4	464	562	651	729	795	847	885	908	916	908
H	1	331	401	465	520	567	605	632	648	654	648
	4	479	580	672	752	820	874	913	937	945	937
I	1	322	390	451	505	551	587	614	630	635	630
	4	462	559	648	726	791	843	881	904	911	904
J	1	282	341	395	443	482	514	537	551	556	551
	4	400	484	561	628	685	730	762	782	789	782
K	1	187	226	262	294	320	341	356	366	369	366
	4	224	272	315	352	384	409	428	439	443	439
L	1	202	245	284	318	346	369	385	396	399	396
	4	256	310	359	402	439	468	489	501	506	501
M	1	212	257	297	333	363	387	404	414	418	414
	4	271	328	380	425	464	494	517	530	535	530
N	1	200	243	281	315	343	366	382	392	395	392
	4	251	304	352	395	430	458	479	491	496	491
O	1	180	218	253	283	308	329	343	352	355	352
	4	232	281	325	364	397	423	442	454	457	454
P	1	175	213	246	276	301	320	335	343	346	343
	4	173	209	242	271	296	315	329	338	341	338
Q	1	183	222	257	287	313	334	349	358	361	358
	4	190	231	267	299	326	348	363	373	376	373
R	1	192	232	269	301	329	350	366	375	379	375
	4	198	240	278	311	339	361	378	388	391	388
S	1	189	229	266	297	324	345	361	370	374	370
	4	197	239	276	309	337	359	376	385	389	385
T	1	171	207	240	269	293	312	326	335	338	335
	4	164	199	230	258	281	299	313	321	324	321

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 56: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	703	672	631	579	517	446	368	284	195	103	9
	4	1434	1373	1288	1181	1055	911	752	580	398	210	19
B	1	522	499	468	430	384	331	273	211	145	77	7
	4	1405	1345	1262	1158	1034	893	736	568	390	206	19
C	1	453	434	407	374	334	288	238	183	126	67	6
	4	1360	1301	1221	1120	1000	864	713	550	378	199	18
D	1	522	499	468	430	384	331	273	211	145	77	7
	4	1399	1339	1256	1152	1029	889	733	565	389	205	19
E	1	699	669	628	576	514	444	366	283	194	103	9
	4	1436	1374	1289	1183	1056	912	752	580	399	211	19
F	1	547	523	491	450	402	347	286	221	152	80	7
	4	769	736	690	633	565	488	403	311	213	113	10
G	1	611	585	549	503	450	388	320	247	170	90	8
	4	885	847	795	729	651	562	464	358	246	130	12
H	1	632	605	567	520	465	401	331	255	175	93	8
	4	913	874	820	752	672	580	479	369	254	134	12
I	1	614	587	551	505	451	390	322	248	170	90	8
	4	881	843	791	726	648	559	462	356	245	129	12
J	1	537	514	482	443	395	341	282	217	149	79	7
	4	762	730	685	628	561	484	400	308	212	112	10
K	1	356	341	320	294	262	226	187	144	99	52	5
	4	428	409	384	352	315	272	224	173	119	63	6
L	1	385	369	346	318	284	245	202	156	107	57	5
	4	489	468	439	402	359	310	256	198	136	72	7
M	1	404	387	363	333	297	257	212	163	112	59	5
	4	517	494	464	425	380	328	271	209	143	76	7
N	1	382	366	343	315	281	243	200	154	106	56	5
	4	479	458	430	395	352	304	251	194	133	70	6
O	1	343	329	308	283	253	218	180	139	95	50	5
	4	442	423	397	364	325	281	232	179	123	65	6
P	1	335	320	301	276	246	213	175	135	93	49	4
	4	329	315	296	271	242	209	173	133	91	48	4
Q	1	349	334	313	287	257	222	183	141	97	51	5
	4	363	348	326	299	267	231	190	147	101	53	5
R	1	366	350	329	301	269	232	192	148	102	54	5
	4	378	361	339	311	278	240	198	153	105	55	5
S	1	361	345	324	297	266	229	189	146	100	53	5
	4	376	359	337	309	276	239	197	152	104	55	5
T	1	326	312	293	269	240	207	171	132	91	48	4
	4	313	299	281	258	230	199	164	126	87	46	4

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 57: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	225	296	361	418	466	504	531	548	554	548
	2	422	557	679	785	875	947	999	1030	1041	1030
B	1	167	220	268	310	346	374	395	407	411	407
	2	423	557	679	786	876	947	999	1031	1042	1031
C	1	145	191	233	270	301	325	343	354	358	354
	2	418	551	672	777	866	937	989	1020	1030	1020
D	1	167	220	268	310	346	374	395	407	411	407
	2	432	570	695	804	896	970	1023	1055	1066	1055
E	1	224	295	359	416	463	501	529	546	551	546
	2	427	563	686	793	884	957	1009	1041	1052	1041
F	1	175	230	281	325	362	392	413	426	431	426
	2	299	394	480	556	619	670	707	729	737	729
G	1	195	258	314	364	405	438	462	477	482	477
	2	338	446	544	629	701	759	800	826	834	826
H	1	202	267	325	376	419	453	478	493	498	493
	2	356	470	572	662	738	799	842	869	878	869
I	1	196	259	315	365	407	440	464	479	484	479
	2	343	452	551	637	710	768	810	836	845	836
J	1	172	227	276	320	356	385	406	419	424	419
	2	296	390	476	550	613	664	700	722	730	722
K	1	114	150	183	212	236	256	270	278	281	278
	2	170	224	273	316	353	381	402	415	419	415
L	1	123	163	198	229	255	276	292	301	304	301
	2	189	250	304	352	392	425	448	462	467	462
M	1	129	170	208	240	268	290	306	315	318	315
	2	204	269	327	379	422	457	482	497	502	497
N	1	122	161	196	227	253	274	289	298	301	298
	2	188	248	302	350	390	422	445	459	463	459
O	1	110	145	176	204	228	246	260	268	271	268
	2	171	226	275	318	355	384	405	417	422	417
P	1	107	141	172	199	222	240	253	261	264	261
	2	130	172	210	243	270	293	309	318	322	318
Q	1	112	147	179	208	231	250	264	272	275	272
	2	141	186	227	263	293	317	334	345	349	345
R	1	117	154	188	218	242	262	277	285	288	285
	2	155	205	249	288	321	348	367	378	382	378
S	1	115	152	185	215	239	259	273	282	285	282
	2	147	194	236	273	305	329	348	359	362	359
T	1	104	138	168	194	216	234	247	255	257	255
	2	136	179	219	253	282	305	322	332	335	332

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 58: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	531	504	466	418	361	296	225	147	66	0	0
	2	999	947	875	785	679	557	422	277	124	0	0
B	1	395	374	346	310	268	220	167	110	49	0	0
	2	999	947	876	786	679	557	423	277	124	0	0
C	1	343	325	301	270	233	191	145	95	43	0	0
	2	989	937	866	777	672	551	418	274	123	0	0
D	1	395	374	346	310	268	220	167	110	49	0	0
	2	1023	970	896	804	695	570	432	284	127	0	0
E	1	529	501	463	416	359	295	224	147	66	0	0
	2	1009	957	884	793	686	563	427	280	125	0	0
F	1	413	392	362	325	281	230	175	115	51	0	0
	2	707	670	619	556	480	394	299	196	88	0	0
G	1	462	438	405	364	314	258	195	128	57	0	0
	2	800	759	701	629	544	446	338	222	99	0	0
H	1	478	453	419	376	325	267	202	133	59	0	0
	2	842	799	738	662	572	470	356	234	105	0	0
I	1	464	440	407	365	315	259	196	129	58	0	0
	2	810	768	710	637	551	452	343	225	101	0	0
J	1	406	385	356	320	276	227	172	113	50	0	0
	2	700	664	613	550	476	390	296	194	87	0	0
K	1	270	256	236	212	183	150	114	75	33	0	0
	2	402	381	353	316	273	224	170	112	50	0	0
L	1	292	276	255	229	198	163	123	81	36	0	0
	2	448	425	392	352	304	250	189	124	56	0	0
M	1	306	290	268	240	208	170	129	85	38	0	0
	2	482	457	422	379	327	269	204	134	60	0	0
N	1	289	274	253	227	196	161	122	80	36	0	0
	2	445	422	390	350	302	248	188	123	55	0	0
O	1	260	246	228	204	176	145	110	72	32	0	0
	2	405	384	355	318	275	226	171	112	50	0	0
P	1	253	240	222	199	172	141	107	70	31	0	0
	2	309	293	270	243	210	172	130	86	38	0	0
Q	1	264	250	231	208	179	147	112	73	33	0	0
	2	334	317	293	263	227	186	141	93	41	0	0
R	1	277	262	242	218	188	154	117	77	34	0	0
	2	367	348	321	288	249	205	155	102	46	0	0
S	1	273	259	239	215	185	152	115	76	34	0	0
	2	348	329	305	273	236	194	147	96	43	0	0
T	1	247	234	216	194	168	138	104	69	31	0	0
	2	322	305	282	253	219	179	136	89	40	0	0

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 59: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	225	296	361	418	466	504	531	548	554	548
	3	417	549	669	775	863	934	985	1016	1027	1016
B	1	167	220	268	310	346	374	395	407	411	407
	3	404	533	650	752	838	906	956	987	997	987
C	1	145	191	233	270	301	325	343	354	358	354
	3	388	511	623	721	804	869	917	946	956	946
D	1	167	220	268	310	346	374	395	407	411	407
	3	409	539	657	760	847	917	967	998	1008	998
E	1	224	295	359	416	463	501	529	546	551	546
	3	415	547	666	771	860	930	981	1012	1022	1012
F	1	175	230	281	325	362	392	413	426	431	426
	3	290	382	465	538	600	649	685	706	714	706
G	1	195	258	314	364	405	438	462	477	482	477
	3	336	443	540	625	697	754	795	820	829	820
H	1	202	267	325	376	419	453	478	493	498	493
	3	349	461	561	650	724	783	826	852	861	852
I	1	196	259	315	365	407	440	464	479	484	479
	3	343	452	550	637	710	768	810	836	844	836
J	1	172	227	276	320	356	385	406	419	424	419
	3	290	383	467	540	602	651	687	709	716	709
K	1	114	150	183	212	236	256	270	278	281	278
	3	179	236	288	333	372	402	424	437	442	437
L	1	123	163	198	229	255	276	292	301	304	301
	3	201	265	323	374	416	450	475	490	495	490
M	1	129	170	208	240	268	290	306	315	318	315
	3	210	277	337	390	435	470	496	512	517	512
N	1	122	161	196	227	253	274	289	298	301	298
	3	203	267	326	377	420	455	480	495	500	495
O	1	110	145	176	204	228	246	260	268	271	268
	3	189	249	304	351	392	424	447	461	466	461
P	1	107	141	172	199	222	240	253	261	264	261
	3	139	183	223	258	288	312	329	339	343	339
Q	1	112	147	179	208	231	250	264	272	275	272
	3	147	194	236	273	304	329	347	358	362	358
R	1	117	154	188	218	242	262	277	285	288	285
	3	167	220	269	311	346	375	395	408	412	408
S	1	115	152	185	215	239	259	273	282	285	282
	3	152	201	245	283	315	341	360	371	375	371
T	1	104	138	168	194	216	234	247	255	257	255
	3	139	183	223	258	288	311	328	339	342	339

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 60: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	531	504	466	418	361	296	225	147	66	0	0
	3	985	934	863	775	669	549	417	273	122	0	0
B	1	395	374	346	310	268	220	167	110	49	0	0
	3	956	906	838	752	650	533	404	265	119	0	0
C	1	343	325	301	270	233	191	145	95	43	0	0
	3	917	869	804	721	623	511	388	254	114	0	0
D	1	395	374	346	310	268	220	167	110	49	0	0
	3	967	917	847	760	657	539	409	268	120	0	0
E	1	529	501	463	416	359	295	224	147	66	0	0
	3	981	930	860	771	666	547	415	272	122	0	0
F	1	413	392	362	325	281	230	175	115	51	0	0
	3	685	649	600	538	465	382	290	190	85	0	0
G	1	462	438	405	364	314	258	195	128	57	0	0
	3	795	754	697	625	540	443	336	221	99	0	0
H	1	478	453	419	376	325	267	202	133	59	0	0
	3	826	783	724	650	561	461	349	229	103	0	0
I	1	464	440	407	365	315	259	196	129	58	0	0
	3	810	768	710	637	550	452	343	225	101	0	0
J	1	406	385	356	320	276	227	172	113	50	0	0
	3	687	651	602	540	467	383	290	191	85	0	0
K	1	270	256	236	212	183	150	114	75	33	0	0
	3	424	402	372	333	288	236	179	118	53	0	0
L	1	292	276	255	229	198	163	123	81	36	0	0
	3	475	450	416	374	323	265	201	132	59	0	0
M	1	306	290	268	240	208	170	129	85	38	0	0
	3	496	470	435	390	337	277	210	138	62	0	0
N	1	289	274	253	227	196	161	122	80	36	0	0
	3	480	455	420	377	326	267	203	133	60	0	0
O	1	260	246	228	204	176	145	110	72	32	0	0
	3	447	424	392	351	304	249	189	124	55	0	0
P	1	253	240	222	199	172	141	107	70	31	0	0
	3	329	312	288	258	223	183	139	91	41	0	0
Q	1	264	250	231	208	179	147	112	73	33	0	0
	3	347	329	304	273	236	194	147	96	43	0	0
R	1	277	262	242	218	188	154	117	77	34	0	0
	3	395	375	346	311	269	220	167	110	49	0	0
S	1	273	259	239	215	185	152	115	76	34	0	0
	3	360	341	315	283	245	201	152	100	45	0	0
T	1	247	234	216	194	168	138	104	69	31	0	0
	3	328	311	288	258	223	183	139	91	41	0	0

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 61: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	225	296	361	418	466	504	531	548	554	548
	4	459	605	737	853	951	1028	1085	1119	1131	1119
B	1	167	220	268	310	346	374	395	407	411	407
	4	449	593	722	836	931	1008	1063	1097	1108	1097
C	1	145	191	233	270	301	325	343	354	358	354
	4	435	574	699	809	901	975	1029	1061	1072	1061
D	1	167	220	268	310	346	374	395	407	411	407
	4	447	590	719	832	927	1003	1058	1092	1103	1092
E	1	224	295	359	416	463	501	529	546	551	546
	4	459	606	738	854	952	1030	1086	1120	1132	1120
F	1	175	230	281	325	362	392	413	426	431	426
	4	246	324	395	457	509	551	581	600	606	600
G	1	195	258	314	364	405	438	462	477	482	477
	4	283	373	455	527	587	635	670	691	698	691
H	1	202	267	325	376	419	453	478	493	498	493
	4	292	385	469	543	605	655	691	713	720	713
I	1	196	259	315	365	407	440	464	479	484	479
	4	282	371	453	524	584	632	666	687	694	687
J	1	172	227	276	320	356	385	406	419	424	419
	4	244	322	392	453	505	547	577	595	601	595
K	1	114	150	183	212	236	256	270	278	281	278
	4	137	180	220	254	284	307	324	334	337	334
L	1	123	163	198	229	255	276	292	301	304	301
	4	156	206	251	291	324	350	370	381	385	381
M	1	129	170	208	240	268	290	306	315	318	315
	4	165	218	265	307	342	370	391	403	407	403
N	1	122	161	196	227	253	274	289	298	301	298
	4	153	202	246	285	317	343	362	374	378	374
O	1	110	145	176	204	228	246	260	268	271	268
	4	141	186	227	263	293	317	334	345	349	345
P	1	107	141	172	199	222	240	253	261	264	261
	4	105	139	169	196	218	236	249	257	260	257
Q	1	112	147	179	208	231	250	264	272	275	272
	4	116	153	187	216	241	260	275	283	286	283
R	1	117	154	188	218	242	262	277	285	288	285
	4	121	159	194	225	250	271	286	295	298	295
S	1	115	152	185	215	239	259	273	282	285	282
	4	120	158	193	223	249	269	284	293	296	293
T	1	104	138	168	194	216	234	247	255	257	255
	4	100	132	161	186	207	224	237	244	247	244

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 62: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	531	504	466	418	361	296	225	147	66	0	0
	4	1085	1028	951	853	737	605	459	301	135	0	0
B	1	395	374	346	310	268	220	167	110	49	0	0
	4	1063	1008	931	836	722	593	449	295	132	0	0
C	1	343	325	301	270	233	191	145	95	43	0	0
	4	1029	975	901	809	699	574	435	285	128	0	0
D	1	395	374	346	310	268	220	167	110	49	0	0
	4	1058	1003	927	832	719	590	447	294	131	0	0
E	1	529	501	463	416	359	295	224	147	66	0	0
	4	1086	1030	952	854	738	606	459	301	135	0	0
F	1	413	392	362	325	281	230	175	115	51	0	0
	4	581	551	509	457	395	324	246	161	72	0	0
G	1	462	438	405	364	314	258	195	128	57	0	0
	4	670	635	587	527	455	373	283	186	83	0	0
H	1	478	453	419	376	325	267	202	133	59	0	0
	4	691	655	605	543	469	385	292	192	86	0	0
I	1	464	440	407	365	315	259	196	129	58	0	0
	4	666	632	584	524	453	371	282	185	83	0	0
J	1	406	385	356	320	276	227	172	113	50	0	0
	4	577	547	505	453	392	322	244	160	72	0	0
K	1	270	256	236	212	183	150	114	75	33	0	0
	4	324	307	284	254	220	180	137	90	40	0	0
L	1	292	276	255	229	198	163	123	81	36	0	0
	4	370	350	324	291	251	206	156	103	46	0	0
M	1	306	290	268	240	208	170	129	85	38	0	0
	4	391	370	342	307	265	218	165	108	48	0	0
N	1	289	274	253	227	196	161	122	80	36	0	0
	4	362	343	317	285	246	202	153	101	45	0	0
O	1	260	246	228	204	176	145	110	72	32	0	0
	4	334	317	293	263	227	186	141	93	41	0	0
P	1	253	240	222	199	172	141	107	70	31	0	0
	4	249	236	218	196	169	139	105	69	31	0	0
Q	1	264	250	231	208	179	147	112	73	33	0	0
	4	275	260	241	216	187	153	116	76	34	0	0
R	1	277	262	242	218	188	154	117	77	34	0	0
	4	286	271	250	225	194	159	121	79	35	0	0
S	1	273	259	239	215	185	152	115	76	34	0	0
	4	284	269	249	223	193	158	120	79	35	0	0
T	1	247	234	216	194	168	138	104	69	31	0	0
	4	237	224	207	186	161	132	100	66	29	0	0

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 63: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	367	445	515	577	629	671	701	719	725	719
	2	678	822	953	1067	1164	1240	1296	1330	1341	1330
B	1	272	330	383	429	467	498	521	534	539	534
	2	692	839	972	1089	1187	1266	1322	1357	1369	1357
C	1	237	287	333	373	406	433	452	464	468	464
	2	682	827	958	1073	1170	1247	1304	1338	1349	1338
D	1	272	330	383	429	467	498	521	534	539	534
	2	687	834	966	1082	1180	1258	1314	1349	1360	1349
E	1	365	442	513	574	626	667	697	716	722	716
	2	680	824	955	1070	1166	1243	1299	1333	1344	1333
F	1	285	346	401	449	489	522	545	560	564	560
	2	477	578	670	751	818	872	912	935	943	935
G	1	319	387	448	502	547	584	610	626	631	626
	2	561	681	789	884	964	1027	1074	1102	1111	1102
H	1	330	400	463	519	566	603	630	647	652	647
	2	574	696	807	904	985	1050	1098	1126	1136	1126
I	1	320	388	450	504	550	586	612	628	633	628
	2	554	672	779	872	951	1014	1060	1087	1097	1087
J	1	280	340	394	441	481	513	536	550	555	550
	2	473	573	664	744	811	865	904	927	935	927
K	1	186	226	261	293	319	340	356	365	368	365
	2	285	346	401	449	490	522	545	560	564	560
L	1	201	244	283	317	345	368	385	395	398	395
	2	314	381	442	495	539	575	601	616	622	616
M	1	211	256	296	332	362	386	403	414	417	414
	2	327	396	459	514	561	598	625	641	647	641
N	1	199	242	280	314	342	365	381	391	394	391
	2	316	384	445	498	543	579	605	621	626	621
O	1	179	217	252	282	308	328	343	352	355	352
	2	274	332	384	431	469	500	523	537	541	537
P	1	175	212	245	275	300	320	334	343	346	343
	2	226	274	318	356	388	414	432	444	447	444
Q	1	182	221	256	287	313	333	348	357	360	357
	2	252	306	355	397	433	462	483	495	499	495
R	1	191	232	268	301	328	349	365	375	378	375
	2	242	294	341	382	416	444	464	476	480	476
S	1	188	228	265	297	323	345	360	370	373	370
	2	238	288	334	374	408	435	455	466	470	466
T	1	170	207	239	268	292	312	326	334	337	334
	2	219	265	307	344	375	400	418	429	432	429

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 64: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	701	671	629	577	515	445	367	282	194	101	8
	2	1296	1240	1164	1067	953	822	678	522	358	188	14
B	1	521	498	467	429	383	330	272	210	144	75	6
	2	1322	1266	1187	1089	972	839	692	533	365	191	15
C	1	452	433	406	373	333	287	237	182	125	66	5
	2	1304	1247	1170	1073	958	827	682	525	360	189	15
D	1	521	498	467	429	383	330	272	210	144	75	6
	2	1314	1258	1180	1082	966	834	687	530	363	190	15
E	1	697	667	626	574	513	442	365	281	193	101	8
	2	1299	1243	1166	1070	955	824	680	523	359	188	15
F	1	545	522	489	449	401	346	285	220	151	79	6
	2	912	872	818	751	670	578	477	367	252	132	10
G	1	610	584	547	502	448	387	319	246	168	88	7
	2	1074	1027	964	884	789	681	561	433	296	155	12
H	1	630	603	566	519	463	400	330	254	174	91	7
	2	1098	1050	985	904	807	696	574	442	303	159	12
I	1	612	586	550	504	450	388	320	247	169	89	7
	2	1060	1014	951	872	779	672	554	427	293	153	12
J	1	536	513	481	441	394	340	280	216	148	78	6
	2	904	865	811	744	664	573	473	364	250	131	10
K	1	356	340	319	293	261	226	186	143	98	51	4
	2	545	522	490	449	401	346	285	220	151	79	6
L	1	385	368	345	317	283	244	201	155	106	56	4
	2	601	575	539	495	442	381	314	242	166	87	7
M	1	403	386	362	332	296	256	211	162	111	58	5
	2	625	598	561	514	459	396	327	252	173	90	7
N	1	381	365	342	314	280	242	199	154	105	55	4
	2	605	579	543	498	445	384	316	244	167	88	7
O	1	343	328	308	282	252	217	179	138	95	50	4
	2	523	500	469	431	384	332	274	211	144	76	6
P	1	334	320	300	275	245	212	175	135	92	48	4
	2	432	414	388	356	318	274	226	174	119	63	5
Q	1	348	333	313	287	256	221	182	140	96	50	4
	2	483	462	433	397	355	306	252	194	133	70	5
R	1	365	349	328	301	268	232	191	147	101	53	4
	2	464	444	416	382	341	294	242	187	128	67	5
S	1	360	345	323	297	265	228	188	145	99	52	4
	2	455	435	408	374	334	288	238	183	126	66	5
T	1	326	312	292	268	239	207	170	131	90	47	4
	2	418	400	375	344	307	265	219	168	115	61	5

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 65: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	367	445	515	577	629	671	701	719	725	719
	3	680	824	955	1070	1167	1244	1300	1333	1345	1333
B	1	272	330	383	429	467	498	521	534	539	534
	3	660	800	927	1038	1132	1207	1261	1294	1305	1294
C	1	237	287	333	373	406	433	452	464	468	464
	3	633	767	889	996	1086	1157	1210	1241	1252	1241
D	1	272	330	383	429	467	498	521	534	539	534
	3	667	809	938	1050	1145	1221	1276	1309	1320	1309
E	1	365	442	513	574	626	667	697	716	722	716
	3	677	821	951	1065	1162	1238	1294	1328	1339	1328
F	1	285	346	401	449	489	522	545	560	564	560
	3	472	573	664	744	811	864	903	927	935	927
G	1	319	387	448	502	547	584	610	626	631	626
	3	549	665	771	864	942	1004	1049	1076	1085	1076
H	1	330	400	463	519	566	603	630	647	652	647
	3	570	691	801	897	978	1043	1090	1118	1128	1118
I	1	320	388	450	504	550	586	612	628	633	628
	3	559	678	785	880	959	1023	1069	1096	1106	1096
J	1	280	340	394	441	481	513	536	550	555	550
	3	474	575	666	746	813	867	906	930	938	930
K	1	186	226	261	293	319	340	356	365	368	365
	3	292	355	411	460	502	535	559	574	579	574
L	1	201	244	283	317	345	368	385	395	398	395
	3	328	398	461	516	563	600	627	643	649	643
M	1	211	256	296	332	362	386	403	414	417	414
	3	342	415	481	539	587	626	654	671	677	671
N	1	199	242	280	314	342	365	381	391	394	391
	3	331	401	465	521	568	606	633	649	655	649
O	1	179	217	252	282	308	328	343	352	355	352
	3	308	374	433	485	529	564	590	605	610	605
P	1	175	212	245	275	300	320	334	343	346	343
	3	227	275	319	357	389	415	433	445	449	445
Q	1	182	221	256	287	313	333	348	357	360	357
	3	240	291	337	377	411	438	458	470	474	470
R	1	191	232	268	301	328	349	365	375	378	375
	3	273	331	383	429	468	499	521	535	539	535
S	1	188	228	265	297	323	345	360	370	373	370
	3	248	301	349	391	426	454	475	487	491	487
T	1	170	207	239	268	292	312	326	334	337	334
	3	226	275	318	357	389	414	433	444	448	444

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 66: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	701	671	629	577	515	445	367	282	194	101	8
	3	1300	1244	1167	1070	955	824	680	524	359	188	15
B	1	521	498	467	429	383	330	272	210	144	75	6
	3	1261	1207	1132	1038	927	800	660	508	348	183	14
C	1	452	433	406	373	333	287	237	182	125	66	5
	3	1210	1157	1086	996	889	767	633	487	334	175	14
D	1	521	498	467	429	383	330	272	210	144	75	6
	3	1276	1221	1145	1050	938	809	667	514	352	185	14
E	1	697	667	626	574	513	442	365	281	193	101	8
	3	1294	1238	1162	1065	951	821	677	521	357	187	14
F	1	545	522	489	449	401	346	285	220	151	79	6
	3	903	864	811	744	664	573	472	364	249	131	10
G	1	610	584	547	502	448	387	319	246	168	88	7
	3	1049	1004	942	864	771	665	549	423	290	152	12
H	1	630	603	566	519	463	400	330	254	174	91	7
	3	1090	1043	978	897	801	691	570	439	301	158	12
I	1	612	586	550	504	450	388	320	247	169	89	7
	3	1069	1023	959	880	785	678	559	431	295	155	12
J	1	536	513	481	441	394	340	280	216	148	78	6
	3	906	867	813	746	666	575	474	365	250	131	10
K	1	356	340	319	293	261	226	186	143	98	51	4
	3	559	535	502	460	411	355	292	225	154	81	6
L	1	385	368	345	317	283	244	201	155	106	56	4
	3	627	600	563	516	461	398	328	253	173	91	7
M	1	403	386	362	332	296	256	211	162	111	58	5
	3	654	626	587	539	481	415	342	264	181	95	7
N	1	381	365	342	314	280	242	199	154	105	55	4
	3	633	606	568	521	465	401	331	255	175	92	7
O	1	343	328	308	282	252	217	179	138	95	50	4
	3	590	564	529	485	433	374	308	238	163	85	7
P	1	334	320	300	275	245	212	175	135	92	48	4
	3	433	415	389	357	319	275	227	175	120	63	5
Q	1	348	333	313	287	256	221	182	140	96	50	4
	3	458	438	411	377	337	291	240	185	126	66	5
R	1	365	349	328	301	268	232	191	147	101	53	4
	3	521	499	468	429	383	331	273	210	144	75	6
S	1	360	345	323	297	265	228	188	145	99	52	4
	3	475	454	426	391	349	301	248	191	131	69	5
T	1	326	312	292	268	239	207	170	131	90	47	4
	3	433	414	389	357	318	275	226	174	120	63	5

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 67: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	367	445	515	577	629	671	701	719	725	719
	4	748	908	1052	1178	1285	1369	1431	1468	1481	1468
B	1	272	330	383	429	467	498	521	534	539	534
	4	733	889	1031	1154	1259	1342	1402	1439	1451	1439
C	1	237	287	333	373	406	433	452	464	468	464
	4	710	861	997	1117	1218	1298	1357	1392	1404	1392
D	1	272	330	383	429	467	498	521	534	539	534
	4	730	885	1026	1149	1253	1336	1396	1432	1444	1432
E	1	365	442	513	574	626	667	697	716	722	716
	4	749	909	1053	1179	1286	1371	1433	1470	1483	1470
F	1	285	346	401	449	489	522	545	560	564	560
	4	401	486	564	631	688	734	767	787	794	787
G	1	319	387	448	502	547	584	610	626	631	626
	4	462	560	649	727	793	845	883	906	914	906
H	1	330	400	463	519	566	603	630	647	652	647
	4	477	578	670	750	818	872	911	935	943	935
I	1	320	388	450	504	550	586	612	628	633	628
	4	460	557	646	724	789	841	879	902	909	902
J	1	280	340	394	441	481	513	536	550	555	550
	4	398	483	559	626	683	728	761	781	787	781
K	1	186	226	261	293	319	340	356	365	368	365
	4	223	271	314	351	383	409	427	438	442	438
L	1	201	244	283	317	345	368	385	395	398	395
	4	255	309	358	401	438	467	487	500	505	500
M	1	211	256	296	332	362	386	403	414	417	414
	4	270	327	379	424	463	493	515	529	533	529
N	1	199	242	280	314	342	365	381	391	394	391
	4	250	303	351	393	429	457	478	490	495	490
O	1	179	217	252	282	308	328	343	352	355	352
	4	231	280	324	363	396	422	441	453	456	453
P	1	175	212	245	275	300	320	334	343	346	343
	4	172	208	241	270	295	314	328	337	340	337
Q	1	182	221	256	287	313	333	348	357	360	357
	4	190	230	266	298	325	347	362	372	375	372
R	1	191	232	268	301	328	349	365	375	378	375
	4	197	239	277	310	338	361	377	387	390	387
S	1	188	228	265	297	323	345	360	370	373	370
	4	196	238	275	308	336	359	375	384	388	384
T	1	170	207	239	268	292	312	326	334	337	334
	4	163	198	229	257	280	299	312	320	323	320

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 68: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	701	671	629	577	515	445	367	282	194	101	8
	4	1431	1369	1285	1178	1052	908	748	577	395	207	16
B	1	521	498	467	429	383	330	272	210	144	75	6
	4	1402	1342	1259	1154	1031	889	733	565	387	203	16
C	1	452	433	406	373	333	287	237	182	125	66	5
	4	1357	1298	1218	1117	997	861	710	547	375	196	15
D	1	521	498	467	429	383	330	272	210	144	75	6
	4	1396	1336	1253	1149	1026	885	730	562	385	202	16
E	1	697	667	626	574	513	442	365	281	193	101	8
	4	1433	1371	1286	1179	1053	909	749	577	396	207	16
F	1	545	522	489	449	401	346	285	220	151	79	6
	4	767	734	688	631	564	486	401	309	212	111	9
G	1	610	584	547	502	448	387	319	246	168	88	7
	4	883	845	793	727	649	560	462	356	244	128	10
H	1	630	603	566	519	463	400	330	254	174	91	7
	4	911	872	818	750	670	578	477	367	252	132	10
I	1	612	586	550	504	450	388	320	247	169	89	7
	4	879	841	789	724	646	557	460	354	243	127	10
J	1	536	513	481	441	394	340	280	216	148	78	6
	4	761	728	683	626	559	483	398	306	210	110	8
K	1	356	340	319	293	261	226	186	143	98	51	4
	4	427	409	383	351	314	271	223	172	118	62	5
L	1	385	368	345	317	283	244	201	155	106	56	4
	4	487	467	438	401	358	309	255	196	135	71	5
M	1	403	386	362	332	296	256	211	162	111	58	5
	4	515	493	463	424	379	327	270	208	142	75	6
N	1	381	365	342	314	280	242	199	154	105	55	4
	4	478	457	429	393	351	303	250	193	132	69	5
O	1	343	328	308	282	252	217	179	138	95	50	4
	4	441	422	396	363	324	280	231	178	122	64	5
P	1	334	320	300	275	245	212	175	135	92	48	4
	4	328	314	295	270	241	208	172	132	91	48	4
Q	1	348	333	313	287	256	221	182	140	96	50	4
	4	362	347	325	298	266	230	190	146	100	52	4
R	1	365	349	328	301	268	232	191	147	101	53	4
	4	377	361	338	310	277	239	197	152	104	55	4
S	1	360	345	323	297	265	228	188	145	99	52	4
	4	375	359	336	308	275	238	196	151	103	54	4
T	1	326	312	292	268	239	207	170	131	90	47	4
	4	312	299	280	257	229	198	163	126	86	45	3

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 69: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	456	527	592	649	697	735	762	779	785	779
	2	856	991	1113	1219	1309	1381	1433	1464	1475	1464
B	1	338	392	440	482	517	546	566	579	583	579
	2	857	991	1113	1220	1310	1382	1434	1465	1476	1465
C	1	294	340	382	419	450	474	492	503	507	503
	2	848	981	1101	1207	1296	1367	1418	1450	1460	1450
D	1	338	392	440	482	517	546	566	579	583	579
	2	877	1015	1139	1249	1341	1414	1467	1500	1511	1500
E	1	453	525	589	646	693	731	759	775	781	775
	2	865	1001	1124	1232	1323	1395	1448	1480	1490	1480
F	1	354	410	461	505	542	572	593	606	611	606
	2	606	701	787	863	927	977	1014	1036	1044	1036
G	1	396	459	515	564	606	639	663	678	683	678
	2	686	794	892	977	1049	1107	1148	1174	1182	1174
H	1	410	474	532	584	627	661	686	701	706	701
	2	722	836	939	1029	1104	1165	1209	1235	1244	1235
I	1	398	460	517	567	608	642	666	681	685	681
	2	695	804	903	989	1062	1120	1163	1188	1197	1188
J	1	348	403	453	496	533	562	583	596	600	596
	2	600	694	780	855	918	968	1004	1026	1034	1026
K	1	231	267	300	329	353	373	387	395	398	395
	2	345	399	448	491	528	556	577	590	594	590
L	1	250	289	325	356	382	403	418	428	431	428
	2	384	444	499	547	587	619	642	657	661	657
M	1	262	303	340	373	401	422	438	448	451	448
	2	413	478	537	588	632	666	691	707	712	707
N	1	248	287	322	353	379	399	415	424	427	424
	2	381	441	495	543	583	615	638	652	657	652
O	1	223	258	289	317	340	359	373	381	384	381
	2	347	401	451	494	530	559	581	593	598	593
P	1	217	251	282	309	332	350	363	371	374	371
	2	265	306	344	377	405	427	443	452	456	452
Q	1	226	262	294	322	346	365	379	387	390	387
	2	287	332	373	408	438	462	480	490	494	490
R	1	237	275	308	338	363	383	397	406	409	406
	2	315	364	409	448	481	507	526	538	542	538
S	1	234	271	304	333	358	377	392	400	403	400
	2	298	345	387	424	456	481	499	510	513	510
T	1	212	245	275	301	324	341	354	362	365	362
	2	276	319	359	393	422	445	462	472	475	472

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 70: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	762	735	697	649	592	527	456	378	297	212	126
	2	1433	1381	1309	1219	1113	991	856	711	558	399	238
B	1	566	546	517	482	440	392	338	281	220	158	94
	2	1434	1382	1310	1220	1113	991	857	712	558	399	238
C	1	492	474	450	419	382	340	294	244	192	137	82
	2	1418	1367	1296	1207	1101	981	848	704	552	395	235
D	1	566	546	517	482	440	392	338	281	220	158	94
	2	1467	1414	1341	1249	1139	1015	877	728	571	409	243
E	1	759	731	693	646	589	525	453	377	295	211	126
	2	1448	1395	1323	1232	1124	1001	865	719	564	403	240
F	1	593	572	542	505	461	410	354	294	231	165	98
	2	1014	977	927	863	787	701	606	503	395	282	168
G	1	663	639	606	564	515	459	396	329	258	185	110
	2	1148	1107	1049	977	892	794	686	570	447	320	190
H	1	686	661	627	584	532	474	410	340	267	191	114
	2	1209	1165	1104	1029	939	836	722	600	471	337	200
I	1	666	642	608	567	517	460	398	330	259	185	110
	2	1163	1120	1062	989	903	804	695	577	453	324	193
J	1	583	562	533	496	453	403	348	289	227	162	97
	2	1004	968	918	855	780	694	600	498	391	280	167
K	1	387	373	353	329	300	267	231	192	151	108	64
	2	577	556	528	491	448	399	345	287	225	161	96
L	1	418	403	382	356	325	289	250	208	163	117	69
	2	642	619	587	547	499	444	384	319	250	179	107
M	1	438	422	401	373	340	303	262	218	171	122	73
	2	691	666	632	588	537	478	413	343	269	193	115
N	1	415	399	379	353	322	287	248	206	161	115	69
	2	638	615	583	543	495	441	381	317	248	178	106
O	1	373	359	340	317	289	258	223	185	145	104	62
	2	581	559	530	494	451	401	347	288	226	162	96
P	1	363	350	332	309	282	251	217	180	141	101	60
	2	443	427	405	377	344	306	265	220	172	123	73
Q	1	379	365	346	322	294	262	226	188	147	105	63
	2	480	462	438	408	373	332	287	238	187	134	80
R	1	397	383	363	338	308	275	237	197	155	111	66
	2	526	507	481	448	409	364	315	261	205	147	87
S	1	392	377	358	333	304	271	234	194	153	109	65
	2	499	481	456	424	387	345	298	247	194	139	83
T	1	354	341	324	301	275	245	212	176	138	99	59
	2	462	445	422	393	359	319	276	229	180	129	77

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 71: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	456	527	592	649	697	735	762	779	785	779
	3	845	978	1098	1203	1292	1362	1414	1445	1455	1445
B	1	338	392	440	482	517	546	566	579	583	579
	3	820	949	1065	1167	1254	1322	1372	1402	1412	1402
C	1	294	340	382	419	450	474	492	503	507	503
	3	786	910	1022	1120	1202	1268	1316	1345	1354	1345
D	1	338	392	440	482	517	546	566	579	583	579
	3	829	960	1077	1181	1268	1337	1388	1418	1428	1418
E	1	453	525	589	646	693	731	759	775	781	775
	3	841	973	1093	1198	1286	1356	1407	1438	1449	1438
F	1	354	410	461	505	542	572	593	606	611	606
	3	587	679	763	836	898	947	982	1004	1011	1004
G	1	396	459	515	564	606	639	663	678	683	678
	3	682	789	886	971	1042	1099	1141	1166	1174	1166
H	1	410	474	532	584	627	661	686	701	706	701
	3	708	820	921	1009	1083	1142	1186	1212	1220	1212
I	1	398	460	517	567	608	642	666	681	685	681
	3	695	804	903	989	1062	1120	1162	1188	1197	1188
J	1	348	403	453	496	533	562	583	596	600	596
	3	589	682	765	839	901	950	986	1007	1015	1007
K	1	231	267	300	329	353	373	387	395	398	395
	3	364	421	472	518	556	586	608	622	626	622
L	1	250	289	325	356	382	403	418	428	431	428
	3	407	472	529	580	623	657	682	697	702	697
M	1	262	303	340	373	401	422	438	448	451	448
	3	425	492	553	606	650	686	712	727	733	727
N	1	248	287	322	353	379	399	415	424	427	424
	3	411	476	534	586	629	663	688	703	709	703
O	1	223	258	289	317	340	359	373	381	384	381
	3	383	443	498	546	586	618	641	655	660	655
P	1	217	251	282	309	332	350	363	371	374	371
	3	282	326	366	401	431	454	472	482	485	482
Q	1	226	262	294	322	346	365	379	387	390	387
	3	298	345	387	424	455	480	498	509	513	509
R	1	237	275	308	338	363	383	397	406	409	406
	3	339	392	440	483	518	546	567	580	584	580
S	1	234	271	304	333	358	377	392	400	403	400
	3	309	357	401	440	472	498	517	528	532	528
T	1	212	245	275	301	324	341	354	362	365	362
	3	282	326	366	401	430	454	471	481	485	481

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 72: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	762	735	697	649	592	527	456	378	297	212	126
	3	1414	1362	1292	1203	1098	978	845	702	550	394	234
B	1	566	546	517	482	440	392	338	281	220	158	94
	3	1372	1322	1254	1167	1065	949	820	681	534	382	227
C	1	492	474	450	419	382	340	294	244	192	137	82
	3	1316	1268	1202	1120	1022	910	786	653	512	366	218
D	1	566	546	517	482	440	392	338	281	220	158	94
	3	1388	1337	1268	1181	1077	960	829	689	540	386	230
E	1	759	731	693	646	589	525	453	377	295	211	126
	3	1407	1356	1286	1198	1093	973	841	699	548	392	233
F	1	593	572	542	505	461	410	354	294	231	165	98
	3	982	947	898	836	763	679	587	488	382	274	163
G	1	663	639	606	564	515	459	396	329	258	185	110
	3	1141	1099	1042	971	886	789	682	566	444	318	189
H	1	686	661	627	584	532	474	410	340	267	191	114
	3	1186	1142	1083	1009	921	820	708	588	462	330	197
I	1	666	642	608	567	517	460	398	330	259	185	110
	3	1162	1120	1062	989	903	804	695	577	453	324	193
J	1	583	562	533	496	453	403	348	289	227	162	97
	3	986	950	901	839	765	682	589	489	384	275	163
K	1	387	373	353	329	300	267	231	192	151	108	64
	3	608	586	556	518	472	421	364	302	237	169	101
L	1	418	403	382	356	325	289	250	208	163	117	69
	3	682	657	623	580	529	472	407	338	265	190	113
M	1	438	422	401	373	340	303	262	218	171	122	73
	3	712	686	650	606	553	492	425	353	277	198	118
N	1	415	399	379	353	322	287	248	206	161	115	69
	3	688	663	629	586	534	476	411	342	268	192	114
O	1	373	359	340	317	289	258	223	185	145	104	62
	3	641	618	586	546	498	443	383	318	250	179	106
P	1	363	350	332	309	282	251	217	180	141	101	60
	3	472	454	431	401	366	326	282	234	184	131	78
Q	1	379	365	346	322	294	262	226	188	147	105	63
	3	498	480	455	424	387	345	298	247	194	139	83
R	1	397	383	363	338	308	275	237	197	155	111	66
	3	567	546	518	483	440	392	339	281	221	158	94
S	1	392	377	358	333	304	271	234	194	153	109	65
	3	517	498	472	440	401	357	309	256	201	144	86
T	1	354	341	324	301	275	245	212	176	138	99	59
	3	471	454	430	401	366	326	282	234	183	131	78

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 73: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 1) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	456	527	592	649	697	735	762	779	785	779
	4	930	1076	1209	1324	1422	1500	1556	1591	1602	1591
B	1	338	392	440	482	517	546	566	579	583	579
	4	911	1055	1184	1298	1393	1470	1525	1559	1570	1559
C	1	294	340	382	419	450	474	492	503	507	503
	4	882	1021	1146	1256	1348	1422	1476	1508	1519	1508
D	1	338	392	440	482	517	546	566	579	583	579
	4	907	1050	1179	1292	1387	1463	1518	1552	1563	1552
E	1	453	525	589	646	693	731	759	775	781	775
	4	931	1078	1210	1326	1424	1502	1558	1593	1604	1593
F	1	354	410	461	505	542	572	593	606	611	606
	4	498	577	648	710	762	804	834	852	859	852
G	1	396	459	515	564	606	639	663	678	683	678
	4	574	664	746	818	878	926	961	982	989	982
H	1	410	474	532	584	627	661	686	701	706	701
	4	592	685	770	843	906	955	991	1013	1020	1013
I	1	398	460	517	567	608	642	666	681	685	681
	4	571	661	742	813	873	921	956	977	984	977
J	1	348	403	453	496	533	562	583	596	600	596
	4	494	572	642	704	756	797	827	846	852	846
K	1	231	267	300	329	353	373	387	395	398	395
	4	277	321	361	395	424	447	464	475	478	475
L	1	250	289	325	356	382	403	418	428	431	428
	4	317	367	412	451	485	511	530	542	546	542
M	1	262	303	340	373	401	422	438	448	451	448
	4	335	388	435	477	512	540	561	573	577	573
N	1	248	287	322	353	379	399	415	424	427	424
	4	311	359	404	442	475	501	520	531	535	531
O	1	223	258	289	317	340	359	373	381	384	381
	4	287	332	373	408	438	462	480	490	494	490
P	1	217	251	282	309	332	350	363	371	374	371
	4	213	247	277	304	326	344	357	365	368	365
Q	1	226	262	294	322	346	365	379	387	390	387
	4	236	273	306	335	360	380	394	403	406	403
R	1	237	275	308	338	363	383	397	406	409	406
	4	245	283	318	349	375	395	410	419	422	419
S	1	234	271	304	333	358	377	392	400	403	400
	4	244	282	316	347	372	393	408	417	420	417
T	1	212	245	275	301	324	341	354	362	365	362
	4	203	235	264	289	310	327	340	347	350	347

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 74: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 4 (parte 2) - Estudo de Caso I

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	762	735	697	649	592	527	456	378	297	212	126
	4	1556	1500	1422	1324	1209	1076	930	772	606	434	258
B	1	566	546	517	482	440	392	338	281	220	158	94
	4	1525	1470	1393	1298	1184	1055	911	757	594	425	253
C	1	492	474	450	419	382	340	294	244	192	137	82
	4	1476	1422	1348	1256	1146	1021	882	732	575	411	245
D	1	566	546	517	482	440	392	338	281	220	158	94
	4	1518	1463	1387	1292	1179	1050	907	753	591	423	252
E	1	759	731	693	646	589	525	453	377	295	211	126
	4	1558	1502	1424	1326	1210	1078	931	773	607	434	258
F	1	593	572	542	505	461	410	354	294	231	165	98
	4	834	804	762	710	648	577	498	414	325	232	138
G	1	663	639	606	564	515	459	396	329	258	185	110
	4	961	926	878	818	746	664	574	477	374	268	159
H	1	686	661	627	584	532	474	410	340	267	191	114
	4	991	955	906	843	770	685	592	492	386	276	164
I	1	666	642	608	567	517	460	398	330	259	185	110
	4	956	921	873	813	742	661	571	474	372	266	158
J	1	583	562	533	496	453	403	348	289	227	162	97
	4	827	797	756	704	642	572	494	411	322	230	137
K	1	387	373	353	329	300	267	231	192	151	108	64
	4	464	447	424	395	361	321	277	230	181	129	77
L	1	418	403	382	356	325	289	250	208	163	117	69
	4	530	511	485	451	412	367	317	263	206	148	88
M	1	438	422	401	373	340	303	262	218	171	122	73
	4	561	540	512	477	435	388	335	278	218	156	93
N	1	415	399	379	353	322	287	248	206	161	115	69
	4	520	501	475	442	404	359	311	258	202	145	86
O	1	373	359	340	317	289	258	223	185	145	104	62
	4	480	462	438	408	373	332	287	238	187	134	80
P	1	363	350	332	309	282	251	217	180	141	101	60
	4	357	344	326	304	277	247	213	177	139	100	59
Q	1	379	365	346	322	294	262	226	188	147	105	63
	4	394	380	360	335	306	273	236	196	153	110	65
R	1	397	383	363	338	308	275	237	197	155	111	66
	4	410	395	375	349	318	283	245	203	160	114	68
S	1	392	377	358	333	304	271	234	194	153	109	65
	4	408	393	372	347	316	282	244	202	159	114	68
T	1	354	341	324	301	275	245	212	176	138	99	59
	4	340	327	310	289	264	235	203	169	132	95	56

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 75: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	125	151	175	196	214	228	238	245	247	245
	2	122	148	172	192	210	223	233	239	241	239
B	1	164	198	230	257	280	299	312	320	323	320
	2	179	217	251	281	307	327	342	351	354	351
C	1	122	147	171	191	209	222	232	238	240	238
	2	144	175	203	227	247	263	275	282	285	282
D	1	230	279	323	362	394	420	439	451	455	451
	2	250	303	351	393	428	456	477	489	494	489
E	1	227	275	319	357	389	415	434	445	449	445
	2	244	296	342	383	418	446	466	478	482	478
F	1	230	279	323	362	395	421	440	451	455	451
	2	240	291	337	378	412	439	459	471	475	471
G	1	226	274	317	355	387	413	431	442	446	442
	2	252	305	354	396	432	460	481	493	498	493
H	1	158	192	222	249	271	289	302	310	313	310
	2	176	213	247	277	302	321	336	345	348	345
I	1	233	282	327	366	399	425	444	456	460	456
	2	246	298	345	386	421	449	469	481	485	481
J	1	384	465	539	603	657	701	732	751	758	751
	2	402	487	564	632	689	734	767	787	793	787
K	1	219	266	308	345	376	401	419	430	433	430
	2	221	268	310	347	379	403	422	433	436	433
L	1	381	462	535	599	653	696	728	747	753	747
	2	414	502	582	651	710	757	791	811	818	811
M	1	405	491	569	637	694	740	773	793	800	793
	2	407	493	571	639	697	743	776	797	803	797
N	1	200	242	280	314	342	365	381	391	394	391
	2	230	279	323	362	395	421	440	451	455	451
O	1	397	481	557	623	680	724	757	777	783	777
	2	419	508	588	658	718	765	799	820	827	820
P	1	547	663	767	859	937	998	1043	1070	1080	1070
	2	586	710	822	920	1003	1069	1117	1146	1156	1146
Q	1	248	300	348	390	425	453	473	485	489	485
	2	260	315	365	409	446	475	496	509	514	509
R	1	529	641	743	832	907	966	1010	1036	1045	1036
	2	574	696	806	903	984	1049	1096	1125	1134	1125
S	1	466	565	654	732	798	851	889	912	920	912
	2	518	628	727	814	887	945	988	1014	1022	1014
T	1	242	294	340	381	415	442	462	474	478	474
	2	273	331	383	429	467	498	520	534	539	534
U	1	462	559	648	726	791	843	881	904	911	904
	2	468	567	657	736	802	855	893	917	924	917
V	1	566	686	795	890	970	1034	1081	1109	1118	1109
	2	608	737	853	956	1042	1110	1160	1190	1201	1190
X	1	228	276	320	358	390	416	435	446	450	446
	2	240	291	337	377	411	438	458	470	474	470
Z	1	577	699	809	906	988	1053	1100	1129	1139	1129
	2	590	715	828	927	1011	1077	1125	1155	1165	1155
AA	1	505	612	709	793	865	922	963	988	997	988
	2	514	623	721	808	881	938	981	1006	1015	1006
AB	1	232	282	326	365	398	425	444	455	459	455
	2	243	294	341	381	416	443	463	475	479	475
AC	1	483	586	678	759	828	882	922	946	954	946
	2	496	601	696	779	849	905	946	970	979	970

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 76: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	238	228	214	196	175	151	125	96	66	35	3
	2	233	223	210	192	172	148	122	94	65	34	3
B	1	312	299	280	257	230	198	164	126	87	46	4
	2	342	327	307	281	251	217	179	138	95	50	5
C	1	232	222	209	191	171	147	122	94	64	34	3
	2	275	263	247	227	203	175	144	111	76	40	4
D	1	439	420	394	362	323	279	230	178	122	64	6
	2	477	456	428	393	351	303	250	193	132	70	6
E	1	434	415	389	357	319	275	227	175	120	64	6
	2	466	446	418	383	342	296	244	188	129	68	6
F	1	440	421	395	362	323	279	230	178	122	64	6
	2	459	439	412	378	337	291	240	185	127	67	6
G	1	431	413	387	355	317	274	226	174	120	63	6
	2	481	460	432	396	354	305	252	194	134	71	6
H	1	302	289	271	249	222	192	158	122	84	44	4
	2	336	321	302	277	247	213	176	136	93	49	4
I	1	444	425	399	366	327	282	233	180	123	65	6
	2	469	449	421	386	345	298	246	190	130	69	6
J	1	732	701	657	603	539	465	384	296	203	107	10
	2	767	734	689	632	564	487	402	310	213	112	10
K	1	419	401	376	345	308	266	219	169	116	61	6
	2	422	403	379	347	310	268	221	170	117	62	6
L	1	728	696	653	599	535	462	381	294	202	107	10
	2	791	757	710	651	582	502	414	320	220	116	11
M	1	773	740	694	637	569	491	405	312	215	113	10
	2	776	743	697	639	571	493	407	314	216	114	10
N	1	381	365	342	314	280	242	200	154	106	56	5
	2	440	421	395	362	323	279	230	178	122	64	6
O	1	757	724	680	623	557	481	397	306	210	111	10
	2	799	765	718	658	588	508	419	323	222	117	11
P	1	1043	998	937	859	767	663	547	422	290	153	14
	2	1117	1069	1003	920	822	710	586	452	310	164	15
Q	1	473	453	425	390	348	300	248	191	131	69	6
	2	496	475	446	409	365	315	260	201	138	73	7
R	1	1010	966	907	832	743	641	529	408	280	148	13
	2	1096	1049	984	903	806	696	574	443	304	161	15
S	1	889	851	937	859	767	663	547	422	290	153	14
	2	988	945	887	814	727	628	518	399	274	145	13
T	1	462	442	415	381	340	294	242	187	128	68	6
	2	520	498	467	429	383	331	273	210	145	76	7
U	1	881	843	791	726	648	559	462	356	245	129	12
	2	893	855	802	736	657	567	468	361	248	131	12
V	1	1081	1034	970	890	795	686	566	437	300	159	14
	2	1160	1110	1042	956	853	737	608	469	322	170	16
X	1	435	416	390	358	320	276	228	176	121	64	6
	2	458	438	411	377	337	291	240	185	127	67	6
Z	1	1100	1053	988	906	809	699	577	445	306	161	15
	2	1125	1077	1011	927	828	715	590	455	313	165	15
AA	1	963	922	865	793	709	612	505	389	268	141	13
	2	981	938	881	808	721	623	514	396	272	144	13
AB	1	444	425	398	365	326	282	232	179	123	65	6
	2	463	443	416	381	341	294	243	187	129	68	6
AC	1	922	882	828	759	678	586	483	373	256	135	12
	2	946	905	849	779	696	601	496	382	263	139	13

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 77: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	125	151	175	196	214	228	238	245	247	245
	3	121	146	170	190	207	221	231	237	239	237
B	1	164	198	230	257	280	299	312	320	323	320
	3	152	185	214	240	261	278	291	298	301	298
C	1	122	147	171	191	209	222	232	238	240	238
	3	134	162	188	210	229	244	255	262	264	262
D	1	230	279	323	362	394	420	439	451	455	451
	3	242	293	340	380	415	442	462	474	478	474
E	1	227	275	319	357	389	415	434	445	449	445
	3	244	295	342	383	418	445	465	477	481	477
F	1	230	279	323	362	395	421	440	451	455	451
	3	247	299	346	388	423	450	471	483	487	483
G	1	226	274	317	355	387	413	431	442	446	442
	3	236	286	331	370	404	430	450	461	465	461
H	1	158	192	222	249	271	289	302	310	313	310
	3	166	201	233	260	284	303	316	324	327	324
I	1	233	282	327	366	399	425	444	456	460	456
	3	227	275	319	357	389	415	433	444	448	444
J	1	384	465	539	603	657	701	732	751	758	751
	3	413	500	579	648	707	753	787	808	815	808
K	1	219	266	308	345	376	401	419	430	433	430
	3	211	256	297	332	362	386	403	414	418	414
L	1	381	462	535	599	653	696	728	747	753	747
	3	391	474	549	615	670	714	747	766	773	766
M	1	405	491	569	637	694	740	773	793	800	793
	3	420	509	589	660	719	766	801	822	829	822
N	1	200	242	280	314	342	365	381	391	394	391
	3	227	275	319	357	389	415	433	445	448	445
O	1	397	481	557	623	680	724	757	777	783	777
	3	417	506	586	656	715	762	796	817	824	817
P	1	547	663	767	859	937	998	1043	1070	1080	1070
	3	551	668	774	866	945	1007	1052	1079	1088	1079
Q	1	248	300	348	390	425	453	473	485	489	485
	3	243	295	342	382	417	444	464	476	480	476
R	1	529	641	743	832	907	966	1010	1036	1045	1036
	3	558	676	783	876	955	1018	1064	1092	1101	1092
S	1	466	565	654	732	798	851	889	912	920	912
	3	505	612	708	793	865	921	963	988	996	988
T	1	248	300	348	390	425	453	473	485	489	485
	3	257	311	361	404	440	469	490	503	507	503
U	1	529	641	743	832	907	966	1010	1036	1045	1036
	3	482	584	677	758	826	881	920	944	952	944
V	1	566	686	795	890	970	1034	1081	1109	1118	1109
	3	579	702	813	911	993	1058	1105	1134	1144	1134
X	1	228	276	320	358	390	416	435	446	450	446
	3	259	314	363	407	444	473	494	507	511	507
Z	1	577	699	809	906	988	1053	1100	1129	1139	1129
	3	575	697	807	904	985	1050	1097	1126	1135	1126
AA	1	505	612	709	793	865	922	963	988	997	988
	3	516	625	724	810	884	942	984	1010	1018	1010
AB	1	232	282	326	365	398	425	444	455	459	455
	3	246	298	345	387	421	449	469	481	486	481
AC	1	483	586	678	759	828	882	922	946	954	946
	3	523	634	734	822	896	955	998	1024	1033	1024

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 78: Iluminâncias equinócio de outono – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	238	228	214	196	175	151	125	96	66	35	3
	3	231	221	207	190	170	146	121	93	64	34	3
B	1	312	299	280	257	230	198	164	126	87	46	4
	3	291	278	261	240	214	185	152	118	81	43	4
C	1	232	222	209	191	171	147	122	94	64	34	3
	3	255	244	229	210	188	162	134	103	71	37	3
D	1	439	420	394	362	323	279	230	178	122	64	6
	3	462	442	415	380	340	293	242	187	128	68	6
E	1	434	415	389	357	319	275	227	175	120	64	6
	3	465	445	418	383	342	295	244	188	129	68	6
F	1	440	421	395	362	323	279	230	178	122	64	6
	3	471	450	423	388	346	299	247	190	131	69	6
G	1	431	413	387	355	317	274	226	174	120	63	6
	3	450	430	404	370	331	286	236	182	125	66	6
H	1	302	289	271	249	222	192	158	122	84	44	4
	3	316	303	284	260	233	201	166	128	88	46	4
I	1	444	425	399	366	327	282	233	180	123	65	6
	3	433	415	389	357	319	275	227	175	120	64	6
J	1	732	701	657	603	539	465	384	296	203	107	10
	3	787	753	707	648	579	500	413	318	219	115	11
K	1	419	401	376	345	308	266	219	169	116	61	6
	3	403	386	362	332	297	256	211	163	112	59	5
L	1	728	696	653	599	535	462	381	294	202	107	10
	3	747	714	670	615	549	474	391	302	207	110	10
M	1	773	740	694	637	569	491	405	312	215	113	10
	3	801	766	719	660	589	509	420	324	222	117	11
N	1	381	365	342	314	280	242	200	154	106	56	5
	3	433	415	389	357	319	275	227	175	120	64	6
O	1	757	724	680	623	557	481	397	306	210	111	10
	3	796	762	715	656	586	506	417	322	221	117	11
P	1	1043	998	937	859	767	663	547	422	290	153	14
	3	1052	1007	945	866	774	668	551	425	292	154	14
Q	1	473	453	425	390	348	300	248	191	131	69	6
	3	464	444	417	382	342	295	243	188	129	68	6
R	1	1010	966	907	832	743	641	529	408	280	148	13
	3	1064	1018	955	876	783	676	558	430	295	156	14
S	1	889	851	807	753	683	603	511	422	290	153	14
	3	963	921	865	793	708	612	505	389	267	141	13
T	1	473	453	425	390	348	300	248	191	131	69	6
	3	490	469	440	404	361	311	257	198	136	72	7
U	1	1010	966	907	832	743	641	529	408	280	148	13
	3	920	881	826	758	677	584	482	372	256	135	12
V	1	1081	1034	970	890	795	686	566	437	300	159	14
	3	1105	1058	993	911	813	702	579	447	307	162	15
X	1	435	416	390	358	320	276	228	176	121	64	6
	3	494	473	444	407	363	314	259	200	137	72	7
Z	1	1100	1053	988	906	809	699	577	445	306	161	15
	3	1097	1050	985	904	807	697	575	443	305	161	15
AA	1	963	922	865	793	709	612	505	389	268	141	13
	3	984	942	884	810	724	625	516	398	273	144	13
AB	1	444	425	398	365	326	282	232	179	123	65	6
	3	469	449	421	387	345	298	246	190	130	69	6
AC	1	922	882	828	759	678	586	483	373	256	135	12
	3	998	955	896	822	734	634	523	403	277	146	13

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 79: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	73	98	120	139	155	168	177	183	185	183
	2	72	96	117	136	152	164	174	179	181	179
B	1	96	128	157	182	203	220	232	240	242	240
	2	105	140	171	199	222	241	254	262	265	262
C	1	71	95	117	135	151	164	173	178	180	178
	2	85	113	138	160	179	194	205	211	214	211
D	1	135	180	220	256	286	310	327	337	341	337
	2	147	195	239	278	310	336	355	366	370	366
E	1	133	178	218	253	282	306	323	333	337	333
	2	143	191	234	271	303	328	346	358	361	358
F	1	135	180	221	256	286	310	327	338	341	338
	2	141	188	230	267	298	323	341	352	356	352
G	1	133	177	216	251	281	304	321	331	335	331
	2	148	197	241	280	313	339	358	369	373	369
H	1	93	124	152	176	197	213	225	232	234	232
	2	103	138	169	196	219	237	250	258	261	258
I	1	137	182	223	259	289	313	331	341	345	341
	2	144	192	235	273	305	331	349	360	364	360
J	1	225	300	367	427	476	516	545	562	568	562
	2	236	314	385	447	499	540	571	589	595	589
K	1	129	171	210	244	272	295	312	322	325	322
	2	130	173	212	246	274	297	314	324	327	324
L	1	224	298	365	424	473	513	541	559	565	559
	2	243	324	397	461	514	557	588	607	614	607
M	1	187	250	306	355	396	429	453	468	473	468
	2	239	318	390	452	505	547	578	596	603	596
N	1	117	156	191	222	248	269	284	293	296	293
	2	135	180	221	256	286	310	327	338	341	338
O	1	233	310	380	441	492	533	563	581	587	581
	2	246	327	401	466	520	563	595	614	620	614
P	1	321	427	523	608	679	735	776	801	810	801
	2	344	458	561	651	727	788	832	858	867	858
Q	1	146	194	237	276	308	333	352	363	367	363
	2	153	203	249	289	323	350	369	381	385	381
R	1	311	414	507	588	657	712	751	776	784	776
	2	337	449	550	639	713	773	816	842	851	842
S	1	273	364	446	518	578	627	662	683	690	683
	2	304	405	496	576	643	696	735	759	767	759
T	1	142	189	232	269	301	326	344	355	359	355
	2	160	213	261	303	339	367	387	400	404	400
U	1	271	361	442	513	573	621	656	677	684	677
	2	275	366	448	520	581	630	665	686	693	686
V	1	333	443	542	630	703	762	804	830	839	830
	2	357	475	582	676	755	818	863	891	901	891
X	1	134	178	218	253	283	306	323	334	337	334
	2	141	188	230	267	298	323	341	352	355	352
Z	1	339	451	552	641	716	776	819	845	854	845
	2	346	461	565	656	732	793	838	865	874	865
AA	1	296	394	483	561	627	679	717	740	748	740
	2	302	402	492	571	638	691	730	753	761	753
AB	1	136	182	223	258	289	313	330	341	344	341
	2	142	190	232	270	301	326	345	356	359	356
AC	1	284	378	463	537	600	650	686	708	716	708
	2	291	387	474	551	615	667	704	726	734	726

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 80: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	177	168	155	139	120	98	73	47	19	0	0
	2	174	164	152	136	117	96	72	46	19	0	0
B	1	232	220	203	182	157	128	96	62	26	0	0
	2	254	241	222	199	171	140	105	68	28	0	0
C	1	173	164	151	135	117	95	71	46	19	0	0
	2	205	194	179	160	138	113	85	54	22	0	0
D	1	327	310	286	256	220	180	135	87	36	0	0
	2	355	336	310	278	239	195	147	94	39	0	0
E	1	323	306	282	253	218	178	133	86	35	0	0
	2	346	328	303	271	234	191	143	92	38	0	0
F	1	327	310	286	256	221	180	135	87	36	0	0
	2	341	323	298	267	230	188	141	91	37	0	0
G	1	321	304	281	251	216	177	133	85	35	0	0
	2	358	339	313	280	241	197	148	95	39	0	0
H	1	225	213	197	176	152	124	93	60	25	0	0
	2	250	237	219	196	169	138	103	66	27	0	0
I	1	331	313	289	259	223	182	137	88	36	0	0
	2	349	331	305	273	235	192	144	93	38	0	0
J	1	545	516	476	427	367	300	225	145	60	0	0
	2	571	540	499	447	385	314	236	152	63	0	0
K	1	312	295	272	244	210	171	129	83	34	0	0
	2	314	297	274	246	212	173	130	83	34	0	0
L	1	541	513	473	424	365	298	224	144	59	0	0
	2	588	557	514	461	397	324	243	156	65	0	0
M	1	453	429	396	355	306	250	187	120	50	0	0
	2	578	547	505	452	390	318	239	153	63	0	0
N	1	284	269	248	222	191	156	117	75	31	0	0
	2	327	310	286	256	221	180	135	87	36	0	0
O	1	563	533	492	441	380	310	233	150	62	0	0
	2	595	563	520	466	401	327	246	158	65	0	0
P	1	776	735	679	608	523	427	321	206	85	0	0
	2	832	788	727	651	561	458	344	221	91	0	0
Q	1	352	333	308	276	237	194	146	94	39	0	0
	2	369	350	323	289	249	203	153	98	41	0	0
R	1	751	712	657	588	507	414	311	200	82	0	0
	2	816	773	713	639	550	449	337	217	90	0	0
S	1	662	627	578	518	446	364	273	176	73	0	0
	2	735	696	643	576	496	405	304	195	81	0	0
T	1	344	326	301	269	232	189	142	91	38	0	0
	2	387	367	339	303	261	213	160	103	42	0	0
U	1	656	621	573	513	442	361	271	174	72	0	0
	2	665	630	581	520	448	366	275	177	73	0	0
V	1	804	762	703	630	542	443	333	214	88	0	0
	2	863	818	755	676	582	475	357	229	95	0	0
X	1	323	306	283	253	218	178	134	86	35	0	0
	2	341	323	298	267	230	188	141	91	37	0	0
Z	1	819	776	716	641	552	451	339	218	90	0	0
	2	838	793	732	656	565	461	346	223	92	0	0
AA	1	717	679	627	561	483	394	296	190	79	0	0
	2	730	691	638	571	492	402	302	194	80	0	0
AB	1	330	313	289	258	223	182	136	88	36	0	0
	2	345	326	301	270	232	190	142	92	38	0	0
AC	1	686	650	600	537	463	378	284	182	75	0	0
	2	704	667	615	551	474	387	291	187	77	0	0

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 81: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	73	98	120	139	155	168	177	183	185	183
	3	71	94	116	134	150	162	172	177	179	177
B	1	96	128	157	182	203	220	232	240	242	240
	3	89	119	146	169	189	205	216	223	226	223
C	1	71	95	117	135	151	164	173	178	180	178
	3	79	105	128	149	166	180	190	196	198	196
D	1	135	180	220	256	286	310	327	337	341	337
	3	142	189	232	269	300	325	344	355	358	355
E	1	133	178	218	253	282	306	323	333	337	333
	3	143	190	233	271	303	328	346	357	361	357
F	1	135	180	221	256	286	310	327	338	341	338
	3	145	193	236	274	306	332	350	362	365	362
G	1	133	177	216	251	281	304	321	331	335	331
	3	138	184	226	262	293	317	335	345	349	345
H	1	93	124	152	176	197	213	225	232	234	232
	3	97	130	159	184	206	223	235	243	245	243
I	1	137	182	223	259	289	313	331	341	345	341
	3	133	177	217	252	282	305	322	333	336	333
J	1	225	300	367	427	476	516	545	562	568	562
	3	242	322	395	459	512	555	586	605	611	605
K	1	129	171	210	244	272	295	312	322	325	322
	3	124	165	202	235	263	284	300	310	313	310
L	1	224	298	365	424	473	513	541	559	565	559
	3	230	306	375	435	486	526	556	573	579	573
M	1	187	250	306	355	396	429	453	468	473	468
	3	246	328	402	466	521	564	596	615	621	615
N	1	117	156	191	222	248	269	284	293	296	293
	3	133	177	217	252	282	305	323	333	336	333
O	1	233	310	380	441	492	533	563	581	587	581
	3	193	257	315	365	408	442	467	482	487	482
P	1	321	427	523	608	679	735	776	801	810	801
	3	324	431	528	613	684	741	783	808	816	808
Q	1	146	194	237	276	308	333	352	363	367	363
	3	143	190	233	270	302	327	346	357	360	357
R	1	311	414	507	588	657	712	751	776	784	776
	3	327	436	534	620	692	750	792	817	826	817
S	1	273	364	446	518	578	627	662	683	690	683
	3	296	394	483	561	626	679	717	740	747	740
T	1	142	189	232	269	301	326	344	355	359	355
	3	151	201	246	286	319	345	365	377	380	377
U	1	271	361	442	513	573	621	656	677	684	677
	3	283	377	462	536	599	649	685	707	714	707
V	1	333	443	542	630	703	762	804	830	839	830
	3	340	453	555	644	719	779	823	849	858	849
X	1	134	178	218	253	283	306	323	334	337	334
	3	152	202	248	288	321	348	368	379	383	379
Z	1	339	451	552	641	716	776	819	845	854	845
	3	337	449	550	639	714	773	816	843	851	843
AA	1	296	394	483	561	627	679	717	740	748	740
	3	303	403	494	573	640	694	732	756	764	756
AB	1	136	182	223	258	289	313	330	341	344	341
	3	144	192	235	273	305	331	349	360	364	360
AC	1	284	378	463	537	600	650	686	708	716	708
	3	307	409	501	581	649	704	743	767	775	767

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 82: Iluminâncias solstício de inverno – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	177	168	155	139	120	98	73	47	19	0	0
	3	172	162	150	134	116	94	71	46	19	0	0
B	1	232	220	203	182	157	128	96	62	26	0	0
	3	216	205	189	169	146	119	89	58	24	0	0
C	1	173	164	151	135	117	95	71	46	19	0	0
	3	190	180	166	149	128	105	79	51	21	0	0
D	1	327	310	286	256	220	180	135	87	36	0	0
	3	344	325	300	269	232	189	142	91	38	0	0
E	1	323	306	282	253	218	178	133	86	35	0	0
	3	346	328	303	271	233	190	143	92	38	0	0
F	1	327	310	286	256	221	180	135	87	36	0	0
	3	350	332	306	274	236	193	145	93	38	0	0
G	1	321	304	281	251	216	177	133	85	35	0	0
	3	335	317	293	262	226	184	138	89	37	0	0
H	1	225	213	197	176	152	124	93	60	25	0	0
	3	235	223	206	184	159	130	97	63	26	0	0
I	1	331	313	289	259	223	182	137	88	36	0	0
	3	322	305	282	252	217	177	133	86	35	0	0
J	1	545	516	476	427	367	300	225	145	60	0	0
	3	586	555	512	459	395	322	242	156	64	0	0
K	1	312	295	272	244	210	171	129	83	34	0	0
	3	300	284	263	235	202	165	124	80	33	0	0
L	1	541	513	473	424	365	298	224	144	59	0	0
	3	556	526	486	435	375	306	230	148	61	0	0
M	1	453	429	396	355	306	250	187	120	50	0	0
	3	596	564	521	466	402	328	246	158	65	0	0
N	1	284	269	248	222	191	156	117	75	31	0	0
	3	323	305	282	252	217	177	133	86	35	0	0
O	1	563	533	492	441	380	310	233	150	62	0	0
	3	467	442	408	365	315	257	193	124	51	0	0
P	1	776	735	679	608	523	427	321	206	85	0	0
	3	783	741	684	613	528	431	324	208	86	0	0
Q	1	352	333	308	276	237	194	146	94	39	0	0
	3	346	327	302	270	233	190	143	92	38	0	0
R	1	751	712	657	588	507	414	311	200	82	0	0
	3	792	750	692	620	534	436	327	210	87	0	0
S	1	662	627	578	518	446	364	273	176	73	0	0
	3	717	679	626	561	483	394	296	190	79	0	0
T	1	344	326	301	269	232	189	142	91	38	0	0
	3	365	345	319	286	246	201	151	97	40	0	0
U	1	656	621	573	513	442	361	271	174	72	0	0
	3	685	649	599	536	462	377	283	182	75	0	0
V	1	804	762	703	630	542	443	333	214	88	0	0
	3	823	779	719	644	555	453	340	219	90	0	0
X	1	323	306	283	253	218	178	134	86	35	0	0
	3	368	348	321	288	248	202	152	98	40	0	0
Z	1	819	776	716	641	552	451	339	218	90	0	0
	3	816	773	714	639	550	449	337	217	90	0	0
AA	1	717	679	627	561	483	394	296	190	79	0	0
	3	732	694	640	573	494	403	303	195	80	0	0
AB	1	330	313	289	258	223	182	136	88	36	0	0
	3	349	331	305	273	235	192	144	93	38	0	0
AC	1	686	650	600	537	463	378	284	182	75	0	0
	3	743	704	649	581	501	409	307	197	81	0	0

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 83: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	124	151	175	196	213	228	238	244	246	244
	2	122	148	171	192	209	223	233	239	241	239
B	1	163	198	229	257	280	298	312	320	322	320
	2	178	216	251	281	306	326	341	350	353	350
C	1	121	147	170	191	208	222	232	238	240	238
	2	144	174	202	226	247	263	275	282	284	282
D	1	229	278	322	361	393	419	438	450	453	450
	2	249	302	350	392	427	455	476	488	492	488
E	1	226	274	318	356	388	414	433	444	448	444
	2	243	295	341	382	417	444	464	477	481	477
F	1	229	278	322	361	394	420	439	450	454	450
	2	239	290	336	377	411	438	457	469	473	469
G	1	225	273	316	354	386	412	430	441	445	441
	2	251	304	353	395	431	459	480	492	496	492
H	1	158	191	222	248	271	288	301	309	312	309
	2	175	213	246	276	301	321	335	344	347	344
I	1	232	281	326	365	398	424	443	455	459	455
	2	245	297	344	385	420	448	468	480	484	480
J	1	382	463	537	601	656	699	730	749	756	749
	2	400	485	562	630	687	732	765	785	792	785
K	1	218	265	307	344	375	400	418	429	432	429
	2	220	267	309	346	378	402	421	432	435	432
L	1	380	460	533	598	652	695	726	745	751	745
	2	412	500	580	649	708	755	789	809	816	809
M	1	403	489	567	635	692	738	771	791	798	791
	2	405	491	569	638	695	741	774	795	801	795
N	1	199	241	279	313	341	364	380	390	393	390
	2	229	278	322	361	394	420	438	450	454	450
O	1	395	479	555	622	678	722	755	775	781	775
	2	417	506	586	656	716	763	797	818	825	818
P	1	544	660	765	857	934	996	1041	1068	1077	1068
	2	583	707	819	918	1001	1067	1115	1144	1154	1144
Q	1	247	299	347	388	424	451	472	484	488	484
	2	259	314	364	408	445	474	495	508	512	508
R	1	527	639	740	829	904	964	1007	1033	1042	1033
	2	572	694	804	900	982	1046	1093	1122	1132	1122
S	1	464	562	652	730	796	849	887	910	918	910
	2	515	625	724	811	885	943	986	1011	1020	1011
T	1	241	293	339	380	414	441	461	473	477	473
	2	272	329	382	427	466	497	519	533	537	533
U	1	459	557	646	723	789	841	879	902	909	902
	2	466	565	655	734	800	853	891	914	922	914
V	1	564	684	792	888	968	1032	1078	1106	1116	1106
	2	605	734	851	953	1039	1108	1157	1188	1198	1188
X	1	227	275	319	357	389	415	433	445	449	445
	2	239	290	336	376	410	437	457	469	473	469
Z	1	574	696	807	904	985	1050	1098	1126	1136	1126
	2	587	712	825	924	1008	1074	1123	1152	1162	1152
AA	1	502	609	706	791	863	919	961	986	994	986
	2	512	620	719	805	878	936	978	1004	1012	1004
AB	1	231	281	325	364	397	423	443	454	458	454
	2	242	293	339	380	415	442	462	474	478	474
AC	1	481	583	676	757	826	880	920	944	952	944
	2	493	598	693	777	847	903	943	968	976	968

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 84: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	238	228	213	196	175	151	124	96	66	34	3
	2	233	223	209	192	171	148	122	94	64	34	3
B	1	312	298	280	257	229	198	163	126	86	45	3
	2	341	326	306	281	251	216	178	137	94	49	4
C	1	232	222	208	191	170	147	121	93	64	34	3
	2	275	263	247	226	202	174	144	111	76	40	3
D	1	438	419	393	361	322	278	229	177	121	63	5
	2	476	455	427	392	350	302	249	192	131	69	5
E	1	433	414	388	356	318	274	226	174	119	63	5
	2	464	444	417	382	341	295	243	187	128	67	5
F	1	439	420	394	361	322	278	229	177	121	63	5
	2	457	438	411	377	336	290	239	184	126	66	5
G	1	430	412	386	354	316	273	225	173	119	62	5
	2	480	459	431	395	353	304	251	193	132	69	5
H	1	301	288	271	248	222	191	158	121	83	44	3
	2	335	321	301	276	246	213	175	135	92	48	4
I	1	443	424	398	365	326	281	232	179	122	64	5
	2	468	448	420	385	344	297	245	188	129	68	5
J	1	730	699	656	601	537	463	382	294	202	106	8
	2	765	732	687	630	562	485	400	308	211	111	8
K	1	418	400	375	344	307	265	218	168	115	60	5
	2	421	402	378	346	309	267	220	169	116	61	5
L	1	726	695	652	598	533	460	380	292	200	105	8
	2	789	755	708	649	580	500	412	318	218	114	9
M	1	771	738	692	635	567	489	403	311	213	112	8
	2	774	741	695	638	569	491	405	312	214	112	9
N	1	380	364	341	313	279	241	199	153	105	55	4
	2	438	420	394	361	322	278	229	177	121	63	5
O	1	755	722	678	622	555	479	395	304	208	109	8
	2	797	763	716	656	586	506	417	321	220	115	9
P	1	1041	996	934	857	765	660	544	419	287	151	11
	2	1115	1067	1001	918	819	707	583	449	308	161	12
Q	1	472	451	424	388	347	299	247	190	130	68	5
	2	495	474	445	408	364	314	259	199	137	72	5
R	1	1007	964	904	829	740	639	527	406	278	146	11
	2	1093	1046	982	900	804	694	572	440	302	158	12
S	1	887	849	796	730	652	562	464	357	245	128	10
	2	986	943	885	811	724	625	515	397	272	143	11
T	1	461	441	414	380	339	293	241	186	127	67	5
	2	519	497	466	427	382	329	272	209	143	75	6
U	1	879	841	789	723	646	557	459	354	243	127	10
	2	891	853	800	734	655	565	466	359	246	129	10
V	1	1078	1032	968	888	792	684	564	434	298	156	12
	2	1157	1108	1039	953	851	734	605	466	319	167	13
X	1	433	415	389	357	319	275	227	175	120	63	5
	2	457	437	410	376	336	290	239	184	126	66	5
Z	1	1098	1050	985	904	807	696	574	442	303	159	12
	2	1123	1074	1008	924	825	712	587	452	310	162	12
AA	1	961	919	863	791	706	609	502	387	265	139	11
	2	978	936	878	805	719	620	512	394	270	141	11
AB	1	443	423	397	364	325	281	231	178	122	64	5
	2	462	442	415	380	339	293	242	186	127	67	5
AC	1	920	880	826	757	676	583	481	370	254	133	10
	2	943	903	847	777	693	598	493	380	260	136	10

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 85: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	124	151	175	196	213	228	238	244	246	244
	3	120	146	169	189	206	220	230	236	238	236
B	1	163	198	229	257	280	298	312	320	322	320
	3	152	184	213	239	260	278	290	298	300	298
C	1	121	147	170	191	208	222	232	238	240	238
	3	133	162	187	210	229	244	255	261	264	261
D	1	229	278	322	361	393	419	438	450	453	450
	3	241	292	339	379	414	441	461	473	477	473
E	1	226	274	318	356	388	414	433	444	448	444
	3	243	294	341	382	416	444	464	476	480	476
F	1	229	278	322	361	394	420	439	450	454	450
	3	246	298	345	387	421	449	469	482	486	482
G	1	225	273	316	354	386	412	430	441	445	441
	3	235	285	330	369	403	429	449	460	464	460
H	1	158	191	222	248	271	288	301	309	312	309
	3	165	200	232	260	283	302	315	324	326	324
I	1	232	281	326	365	398	424	443	455	459	455
	3	226	274	318	356	388	414	432	443	447	443
J	1	382	463	537	601	656	699	730	749	756	749
	3	411	498	577	647	705	752	785	806	813	806
K	1	218	265	307	344	375	400	418	429	432	429
	3	210	255	296	331	361	385	403	413	417	413
L	1	380	460	533	598	652	695	726	745	751	745
	3	389	472	547	613	669	713	745	764	771	764
M	1	403	489	567	635	692	738	771	791	798	791
	3	418	507	587	658	717	764	799	820	827	820
N	1	199	241	279	313	341	364	380	390	393	390
	3	226	274	318	356	388	414	432	444	447	444
O	1	395	479	555	622	678	722	755	775	781	775
	3	415	504	584	654	713	760	794	815	822	815
P	1	544	660	765	857	934	996	1041	1068	1077	1068
	3	549	666	771	864	942	1004	1049	1077	1086	1077
Q	1	247	299	347	388	424	451	472	484	488	484
	3	242	294	340	381	416	443	463	475	479	475
R	1	527	639	740	829	904	964	1007	1033	1042	1033
	3	555	673	780	874	953	1016	1061	1089	1098	1089
S	1	464	562	652	730	796	849	887	910	918	910
	3	502	609	706	791	862	919	960	986	994	986
T	1	241	293	339	380	414	441	461	473	477	473
	3	256	310	359	403	439	468	489	502	506	502
U	1	459	557	646	723	789	841	879	902	909	902
	3	480	582	675	756	824	878	918	942	950	942
V	1	564	684	792	888	968	1032	1078	1106	1116	1106
	3	577	699	810	908	990	1055	1103	1132	1141	1132
X	1	227	275	319	357	389	415	433	445	449	445
	3	258	313	362	406	442	472	493	506	510	506
Z	1	574	696	807	904	985	1050	1098	1126	1136	1126
	3	572	694	804	901	982	1047	1094	1123	1132	1123
AA	1	502	609	706	791	863	919	961	986	994	986
	3	513	623	721	808	881	939	982	1007	1016	1007
AB	1	231	281	325	364	397	423	443	454	458	454
	3	245	297	344	385	420	448	468	480	484	480
AC	1	481	583	676	757	826	880	920	944	952	944
	3	521	632	732	820	894	953	996	1022	1030	1022

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 86: Iluminâncias equinócio de primavera – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	238	228	213	196	175	151	124	96	66	34	3
	3	230	220	206	189	169	146	120	93	63	33	3
B	1	312	298	280	257	229	198	163	126	86	45	3
	3	290	278	260	239	213	184	152	117	80	42	3
C	1	232	222	208	191	170	147	121	93	64	34	3
	3	255	244	229	210	187	162	133	103	70	37	3
D	1	438	419	393	361	322	278	229	177	121	63	5
	3	461	441	414	379	339	292	241	186	127	67	5
E	1	433	414	388	356	318	274	226	174	119	63	5
	3	464	444	416	382	341	294	243	187	128	67	5
F	1	439	420	394	361	322	278	229	177	121	63	5
	3	469	449	421	387	345	298	246	189	130	68	5
G	1	430	412	386	354	316	273	225	173	119	62	5
	3	449	429	403	369	330	285	235	181	124	65	5
H	1	301	288	271	248	222	191	158	121	83	44	3
	3	315	302	283	260	232	200	165	127	87	46	3
I	1	443	424	398	365	326	281	232	179	122	64	5
	3	432	414	388	356	318	274	226	174	119	62	5
J	1	730	699	656	601	537	463	382	294	202	106	8
	3	785	752	705	647	577	498	411	316	217	114	9
K	1	418	400	375	344	307	265	218	168	115	60	5
	3	403	385	361	331	296	255	210	162	111	58	4
L	1	726	695	652	598	533	460	380	292	200	105	8
	3	745	713	669	613	547	472	389	300	206	108	8
M	1	771	738	692	635	567	489	403	311	213	112	8
	3	799	764	717	658	587	507	418	322	220	116	9
N	1	380	364	341	313	279	241	199	153	105	55	4
	3	432	414	388	356	318	274	226	174	119	63	5
O	1	755	722	678	622	555	479	395	304	208	109	8
	3	794	760	713	654	584	504	415	320	219	115	9
P	1	1041	996	934	857	765	660	544	419	287	151	11
	3	1049	1004	942	864	771	666	549	423	290	152	12
Q	1	472	451	424	388	347	299	247	190	130	68	5
	3	463	443	416	381	340	294	242	187	128	67	5
R	1	1007	964	904	829	740	639	527	406	278	146	11
	3	1061	1016	953	874	780	673	555	428	293	154	12
S	1	887	849	796	730	652	562	464	357	245	128	10
	3	960	919	862	791	706	609	502	387	265	139	11
T	1	461	441	414	380	339	293	241	186	127	67	5
	3	489	468	439	403	359	310	256	197	135	71	5
U	1	879	841	789	723	646	557	459	354	243	127	10
	3	918	878	824	756	675	582	480	370	253	133	10
V	1	1078	1032	968	888	792	684	564	434	298	156	12
	3	1103	1055	990	908	810	699	577	444	304	159	12
X	1	433	415	389	357	319	275	227	175	120	63	5
	3	493	472	442	406	362	313	258	198	136	71	5
Z	1	1098	1050	985	904	807	696	574	442	303	159	12
	3	1094	1047	982	901	804	694	572	441	302	158	12
AA	1	961	919	863	791	706	609	502	387	265	139	11
	3	982	939	881	808	721	623	513	395	271	142	11
AB	1	443	423	397	364	325	281	231	178	122	64	5
	3	468	448	420	385	344	297	245	189	129	68	5
AC	1	920	880	826	757	676	583	481	370	254	133	10
	3	996	953	894	820	732	632	521	401	275	144	11

Legenda

- Iluminação Artificial
- Iluminação Natural
- Período de Economia de Energia

Figura 87: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 1) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	158	182	204	223	239	252	262	267	269	267
	2	154	178	200	218	234	247	256	262	264	262
B	1	207	238	267	292	314	331	343	350	353	350
	2	226	261	292	320	343	362	375	383	386	383
C	1	154	177	199	217	233	246	255	260	262	260
	2	182	210	235	258	276	291	302	309	311	309
D	1	290	335	376	411	441	465	482	493	496	493
	2	315	364	408	446	479	505	524	535	539	535
E	1	287	331	371	406	436	459	476	486	490	486
	2	308	355	398	436	467	493	511	522	526	522
F	1	291	335	376	412	441	465	483	493	497	493
	2	303	350	392	429	460	485	503	514	518	514
G	1	285	329	369	404	433	456	473	484	487	484
	2	318	367	411	450	483	509	528	539	543	539
H	1	200	231	258	283	303	320	332	339	341	339
	2	222	256	287	314	337	356	369	377	379	377
I	1	294	339	380	416	446	470	488	498	502	498
	2	310	358	401	439	471	496	515	526	530	526
J	1	484	559	626	685	735	775	804	821	827	821
	2	507	585	656	718	770	812	842	860	866	860
K	1	277	319	358	392	420	443	460	470	473	470
	2	279	322	361	395	423	446	463	473	476	473
L	1	481	555	622	681	731	770	799	816	822	816
	2	523	603	676	740	794	837	868	887	893	887
M	1	511	590	661	724	776	818	849	867	873	867
	2	513	592	664	727	780	822	852	871	877	871
N	1	252	291	326	357	383	403	418	427	430	427
	2	291	335	376	411	441	465	482	493	497	493
O	1	500	577	647	708	760	801	831	849	855	849
	2	528	610	684	748	803	846	877	897	903	897
P	1	690	796	892	977	1048	1104	1145	1170	1179	1170
	2	739	853	956	1046	1122	1183	1227	1253	1262	1253
Q	1	313	361	404	443	475	501	519	531	534	531
	2	328	379	425	465	498	525	545	557	561	557
R	1	667	770	863	945	1014	1069	1108	1133	1141	1133
	2	725	836	937	1026	1101	1160	1203	1230	1238	1230
S	1	588	678	760	832	893	941	976	997	1004	997
	2	653	754	845	925	992	1046	1085	1108	1116	1108
T	1	306	353	395	433	464	489	508	519	522	519
	2	344	397	445	487	523	551	571	584	588	584
U	1	582	672	753	824	884	932	967	988	995	988
	2	591	682	764	836	897	945	981	1002	1009	1002
V	1	715	825	924	1012	1085	1144	1187	1212	1221	1212
	2	767	885	992	1086	1165	1228	1274	1301	1311	1301
X	1	287	332	372	407	436	460	477	487	491	487
	2	303	349	392	429	460	485	503	514	517	514
Z	1	727	840	941	1030	1105	1165	1208	1234	1243	1234
	2	744	859	962	1053	1130	1191	1235	1262	1271	1262
AA	1	637	735	824	902	967	1019	1057	1080	1088	1080
	2	648	748	839	918	985	1038	1076	1100	1108	1100
AB	1	293	339	379	415	445	470	487	498	501	498
	2	306	353	396	433	465	490	508	519	523	519
AC	1	609	703	788	863	926	976	1012	1034	1041	1034
	2	625	722	809	885	950	1001	1038	1061	1068	1061

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 88: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 2 (parte 2) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	262	252	239	223	204	182	158	131	104	75	46
	2	256	247	234	218	200	178	154	129	102	73	45
B	1	343	331	314	292	267	238	207	172	136	98	60
	2	375	362	343	320	292	261	226	188	149	108	66
C	1	255	246	233	217	199	177	154	128	101	73	45
	2	302	291	276	258	235	210	182	152	120	87	53
D	1	482	465	441	411	376	335	290	242	191	138	85
	2	524	505	479	446	408	364	315	263	208	150	92
E	1	476	459	436	406	371	331	287	239	189	137	83
	2	511	493	467	436	398	355	308	257	203	147	90
F	1	483	465	441	412	376	335	291	242	191	138	85
	2	503	485	460	429	392	350	303	253	200	144	88
G	1	473	456	433	404	369	329	285	238	188	136	83
	2	528	509	483	450	411	367	318	265	209	151	93
H	1	332	320	303	283	258	231	200	167	131	95	58
	2	369	356	337	314	287	256	222	185	146	106	65
I	1	488	470	446	416	380	339	294	245	193	140	86
	2	515	496	471	439	401	358	310	258	204	148	90
J	1	804	775	735	685	626	559	484	404	319	231	141
	2	842	812	770	718	656	585	507	423	334	241	148
K	1	460	443	420	392	358	319	277	231	182	132	81
	2	463	446	423	395	361	322	279	232	183	133	81
L	1	799	770	731	681	622	555	481	401	317	229	140
	2	868	837	794	740	676	603	523	436	344	249	152
M	1	849	818	776	724	661	590	511	426	336	243	149
	2	852	822	780	727	664	592	513	428	338	244	149
N	1	418	403	383	357	326	291	252	210	166	120	73
	2	482	465	441	411	376	335	291	242	191	138	85
O	1	831	801	760	708	647	577	500	417	329	238	146
	2	877	846	803	748	684	610	528	441	348	252	154
P	1	1145	1104	1048	977	892	796	690	575	454	328	201
	2	1227	1183	1122	1046	956	853	739	616	486	352	215
Q	1	519	501	475	443	404	361	313	261	206	149	91
	2	545	525	498	465	425	379	328	274	216	156	96
R	1	1108	1069	1014	945	863	770	667	556	439	318	194
	2	1203	1160	1101	1026	937	836	725	604	477	345	211
S	1	976	941	893	832	760	678	588	490	387	280	171
	2	1085	1046	992	925	845	754	653	545	430	311	190
T	1	508	489	464	433	395	353	306	255	201	146	89
	2	571	551	523	487	445	397	344	287	226	164	100
U	1	967	932	884	824	753	672	582	485	383	277	170
	2	981	945	897	836	764	682	591	492	389	281	172
V	1	1187	1144	1085	1012	924	825	715	596	470	340	208
	2	1274	1228	1165	1086	992	885	767	639	505	365	223
X	1	477	460	436	407	372	332	287	239	189	137	84
	2	503	485	460	429	392	349	303	252	199	144	88
Z	1	1208	1165	1105	1030	941	840	727	606	479	346	212
	2	1235	1191	1130	1053	962	859	744	620	490	354	217
AA	1	1057	1019	967	902	824	735	637	531	419	303	185
	2	1076	1038	985	918	839	748	648	540	427	309	189
AB	1	487	470	445	415	379	339	293	245	193	140	85
	2	508	490	465	433	396	353	306	255	201	146	89
AC	1	1012	976	926	863	788	703	609	508	401	290	177
	2	1038	1001	950	885	809	722	625	521	411	298	182

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 89: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 1) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS									
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
A	1	158	182	204	223	239	252	262	267	269	267
	3	152	176	197	216	232	244	253	259	260	259
B	1	207	238	267	292	314	331	343	350	353	350
	3	192	222	249	272	292	308	319	326	329	326
C	1	154	177	199	217	233	246	255	260	262	260
	3	169	195	218	239	257	270	280	287	289	287
D	1	290	335	376	411	441	465	482	493	496	493
	3	305	352	395	432	464	489	507	518	522	518
E	1	287	331	371	406	436	459	476	486	490	486
	3	307	355	398	435	467	492	510	522	525	522
F	1	291	335	376	412	441	465	483	493	497	493
	3	311	359	402	441	473	498	517	528	532	528
G	1	285	329	369	404	433	456	473	484	487	484
	3	297	343	385	421	452	476	494	504	508	504
H	1	200	231	258	283	303	320	332	339	341	339
	3	209	241	270	296	318	335	347	355	357	355
I	1	294	339	380	416	446	470	488	498	502	498
	3	286	331	370	405	435	458	476	486	489	486
J	1	484	559	626	685	735	775	804	821	827	821
	3	520	601	673	737	791	833	864	883	889	883
K	1	277	319	358	392	420	443	460	470	473	470
	3	267	308	345	378	405	427	443	453	456	453
L	1	481	555	622	681	731	770	799	816	822	816
	3	494	570	638	699	750	790	820	837	843	837
M	1	511	590	661	724	776	818	849	867	873	867
	3	529	611	685	749	804	847	879	898	905	898
N	1	252	291	326	357	383	403	418	427	430	427
	3	287	331	371	406	435	459	476	486	490	486
O	1	500	577	647	708	760	801	831	849	855	849
	3	526	608	681	745	800	843	874	893	900	893
P	1	690	796	892	977	1048	1104	1145	1170	1179	1170
	3	695	803	900	985	1056	1113	1155	1180	1188	1180
Q	1	313	361	404	443	475	501	519	531	534	531
	3	307	354	397	435	466	491	510	521	524	521
R	1	667	770	863	945	1014	1069	1108	1133	1141	1133
	3	703	812	910	996	1068	1126	1168	1193	1202	1193
S	1	588	678	760	832	893	941	976	997	1004	997
	3	637	735	823	901	967	1019	1057	1080	1088	1080
T	1	306	353	395	433	464	489	508	519	522	519
	3	324	374	419	459	492	519	538	550	554	550
U	1	582	672	753	824	884	932	967	988	995	988
	3	608	702	787	861	924	974	1010	1032	1039	1032
V	1	715	825	924	1012	1085	1144	1187	1212	1221	1212
	3	731	843	945	1035	1110	1170	1214	1240	1249	1240
X	1	287	332	372	407	436	460	477	487	491	487
	3	327	377	422	462	496	523	542	554	558	554
Z	1	727	840	941	1030	1105	1165	1208	1234	1243	1234
	3	725	837	938	1027	1102	1161	1204	1230	1239	1230
AA	1	637	735	824	902	967	1019	1057	1080	1088	1080
	3	651	751	841	921	988	1041	1080	1104	1112	1104
AB	1	293	339	379	415	445	470	487	498	501	498
	3	310	358	401	439	471	497	515	526	530	526
AC	1	609	703	788	863	926	976	1012	1034	1041	1034
	3	660	762	854	934	1002	1056	1096	1120	1128	1120

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

Figura 90: Iluminâncias solstício de verão – Modelo 1 x Modelo 3 (parte 2) - Estudo de Caso II

PONTO	MODELO	PERÍODO ANALISADO - HORAS										
		13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
A	1	262	252	239	223	204	182	158	131	104	75	46
	3	253	244	232	216	197	176	152	127	100	73	44
B	1	343	331	314	292	267	238	207	172	136	98	60
	3	319	308	292	272	249	222	192	160	127	92	56
C	1	255	246	233	217	199	177	154	128	101	73	45
	3	280	270	257	239	218	195	169	141	111	80	49
D	1	482	465	441	411	376	335	290	242	191	138	85
	3	507	489	464	432	395	352	305	255	201	145	89
E	1	476	459	436	406	371	331	287	239	189	137	83
	3	510	492	467	435	398	355	307	256	202	146	90
F	1	483	465	441	412	376	335	291	242	191	138	85
	3	517	498	473	441	402	359	311	259	205	148	91
G	1	473	456	433	404	369	329	285	238	188	136	83
	3	494	476	452	421	385	343	297	248	196	142	87
H	1	332	320	303	283	258	231	200	167	131	95	58
	3	347	335	318	296	270	241	209	174	138	100	61
I	1	488	470	446	416	380	339	294	245	193	140	86
	3	476	458	435	405	370	331	286	239	188	136	83
J	1	804	775	735	685	626	559	484	404	319	231	141
	3	864	833	791	737	673	601	520	434	343	248	152
K	1	460	443	420	392	358	319	277	231	182	132	81
	3	443	427	378	345	308	267	222	176	127	78	81
L	1	799	770	731	681	622	555	481	401	317	229	140
	3	820	790	750	699	638	570	494	411	325	235	144
M	1	849	818	776	724	661	590	511	426	336	243	149
	3	879	847	804	749	685	611	529	441	348	252	154
N	1	418	403	383	357	326	291	252	210	166	120	73
	3	476	459	435	406	371	331	287	239	189	136	83
O	1	831	801	760	708	647	577	500	417	329	238	146
	3	874	843	800	745	681	608	526	439	346	251	153
P	1	1145	1104	1048	977	892	796	690	575	454	328	201
	3	1155	1113	1056	985	900	803	695	580	458	331	202
Q	1	519	501	475	443	404	361	313	261	206	149	91
	3	510	491	466	435	397	354	307	256	202	146	89
R	1	1108	1069	1014	945	863	770	667	556	439	318	194
	3	1168	1126	1068	996	910	812	703	586	463	335	205
S	1	976	941	893	832	760	678	588	490	387	280	171
	3	1057	1019	967	901	823	735	637	531	419	303	185
T	1	508	489	464	433	395	353	306	255	201	146	89
	3	538	519	492	459	419	374	324	270	213	154	94
U	1	967	932	884	824	753	672	582	485	383	277	170
	3	1010	974	924	861	787	702	608	507	400	290	177
V	1	1187	1144	1085	1012	924	825	715	596	470	340	208
	3	1214	1170	1110	1035	945	843	731	609	481	348	213
X	1	477	460	436	407	372	332	287	239	189	137	84
	3	542	523	496	462	422	377	327	272	215	156	95
Z	1	1208	1165	1105	1030	941	840	727	606	479	346	212
	3	1204	1161	1102	1027	938	837	725	605	477	345	211
AA	1	1057	1019	967	902	824	735	637	531	419	303	185
	3	1080	1041	988	921	841	751	651	542	428	310	189
AB	1	487	470	445	415	379	339	293	245	193	140	85
	3	515	497	471	439	401	358	310	259	204	148	90
AC	1	1012	976	926	863	788	703	609	508	401	290	177
	3	1096	1056	1002	934	854	762	660	550	434	314	192

Legenda

	Iluminação Artificial
	Iluminação Natural
	Período de Economia de Energia

APÊNDICE B – DIAGRAMAS DAS ÁREAS INTERNAS ENSOLARADAS

Figura 91: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 13:00h; Altura solar: 76°; Azimute: 261°.

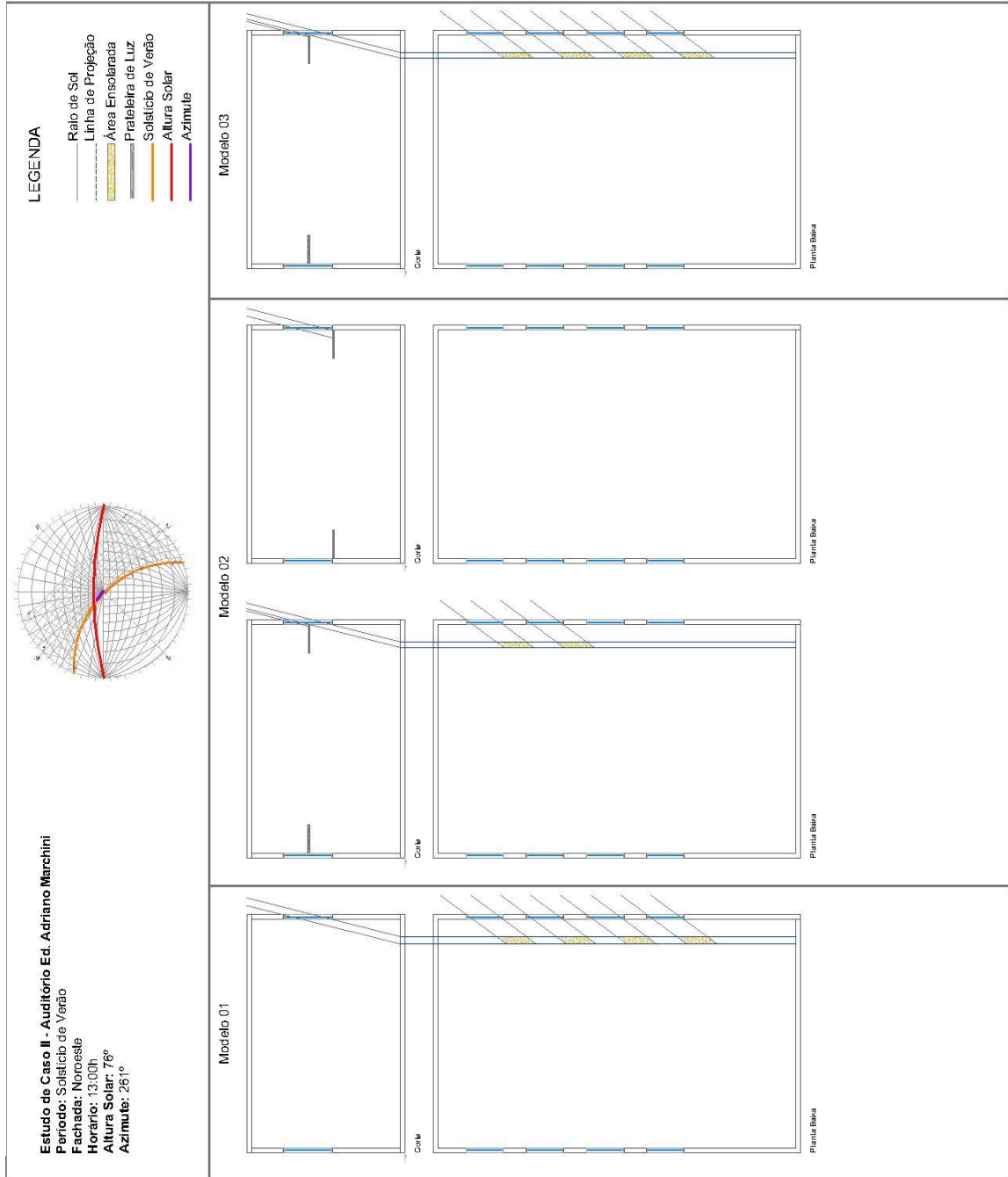


Figura 92: Áreas internas ensolaradas. Fachada: Noroeste; Horário: 14:00h; Altura solar: 63°; Azimute: 260°.

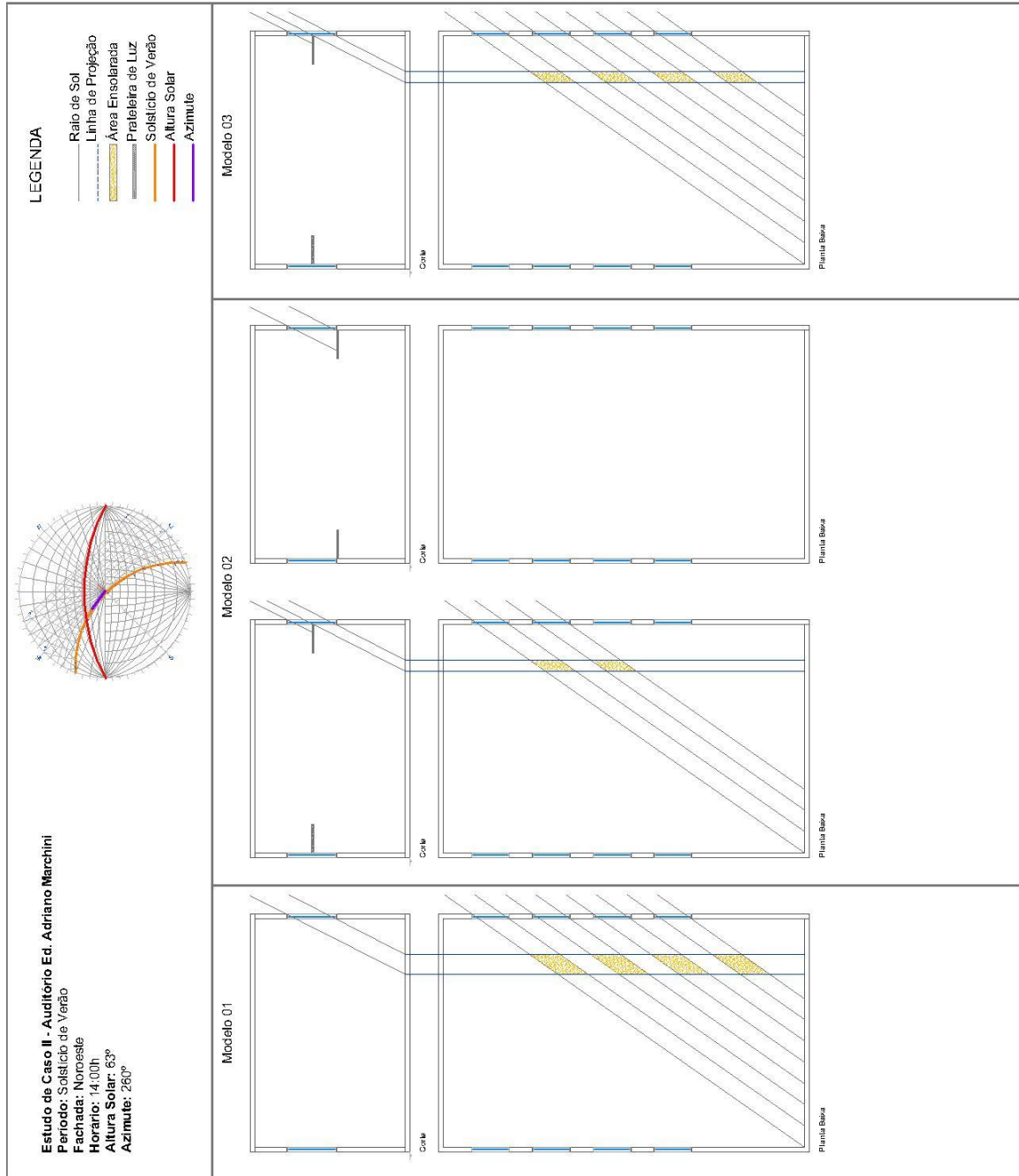


Figura 93: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 15:00h; Altura solar: 49°; Azimute: 259°.

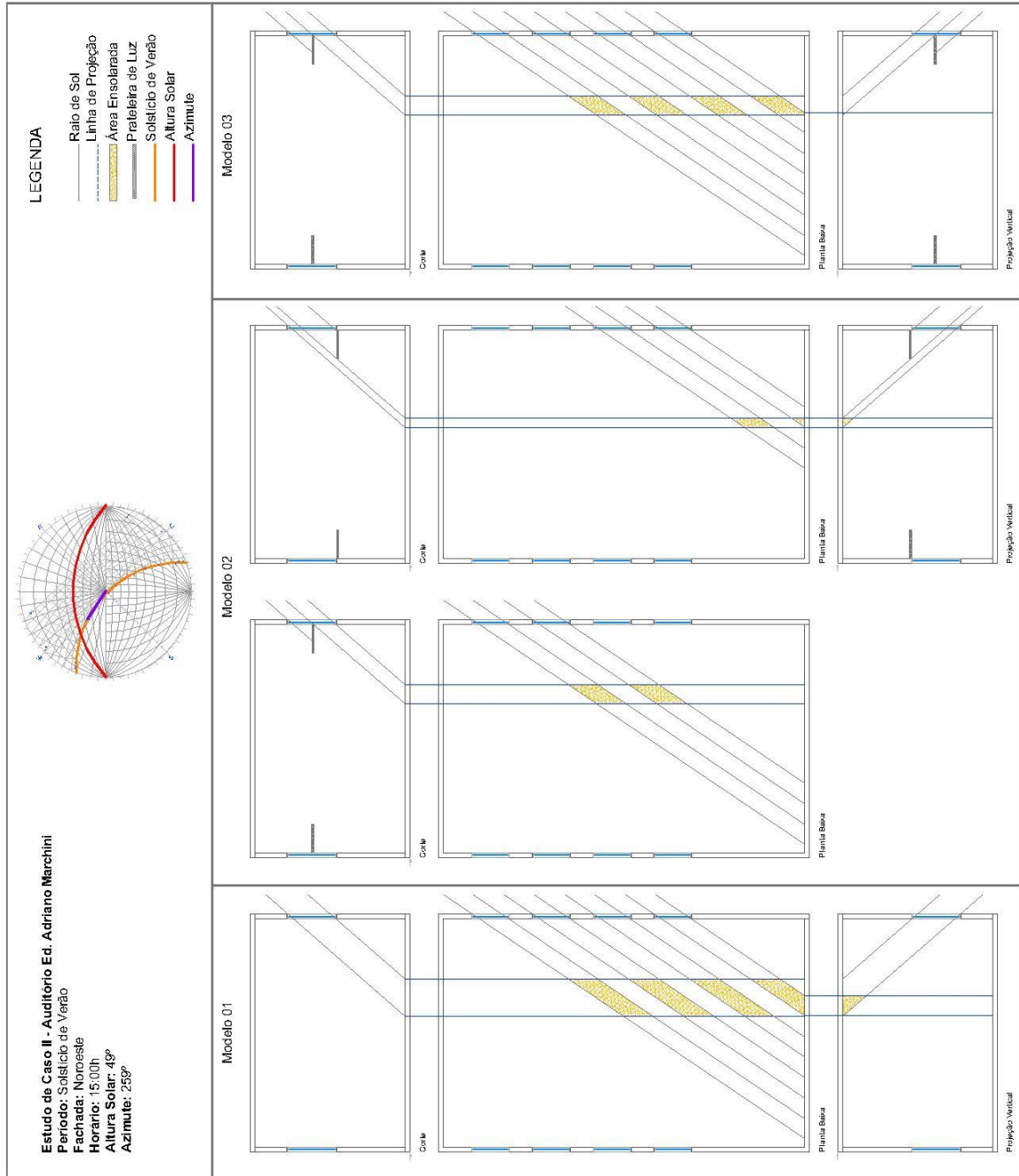


Figura 94: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 16:00h; Altura solar: 35°; Azimute: 256°.

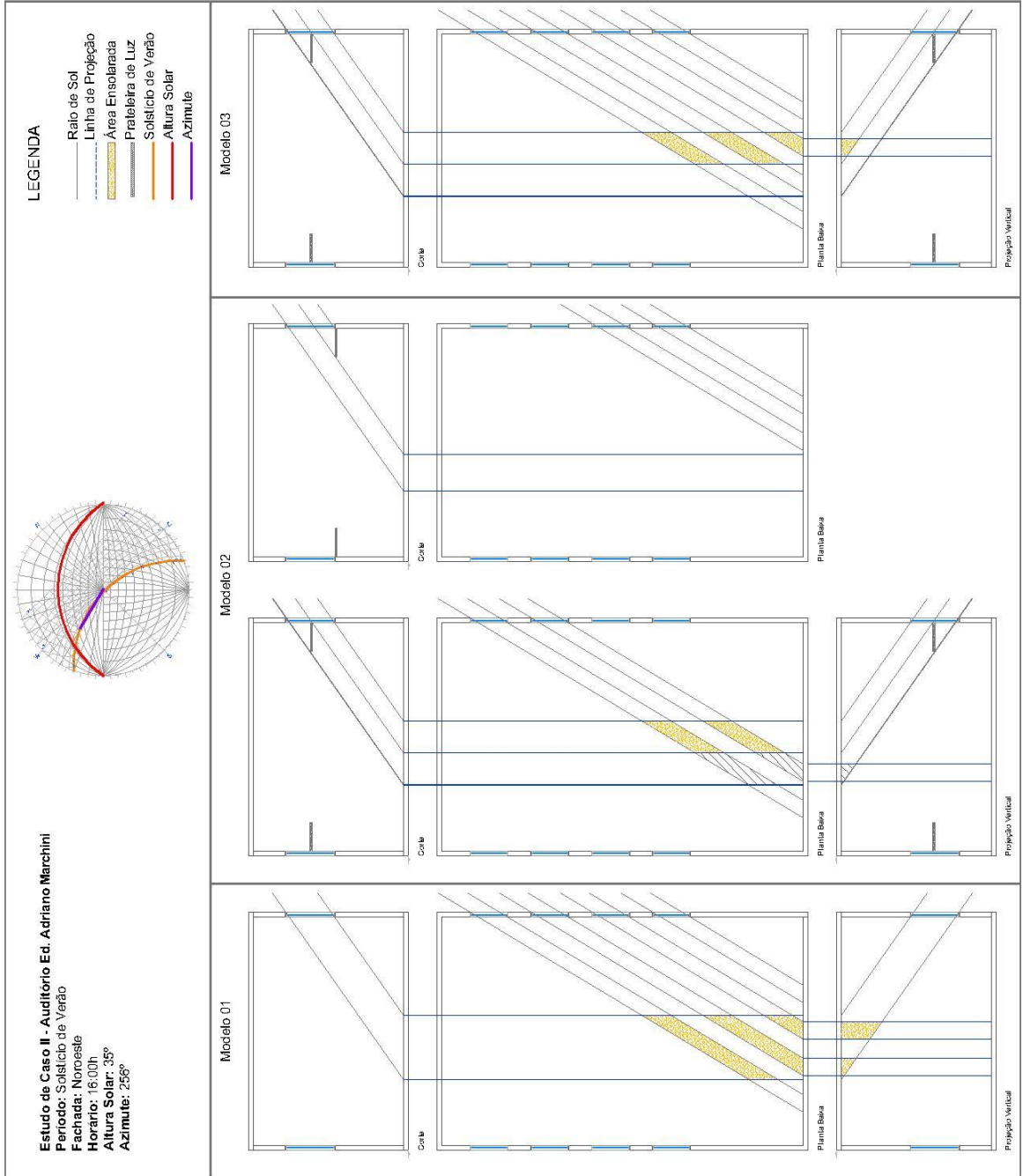


Figura 95: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 17:00h; Altura solar: 22°; Azimute: 252°.

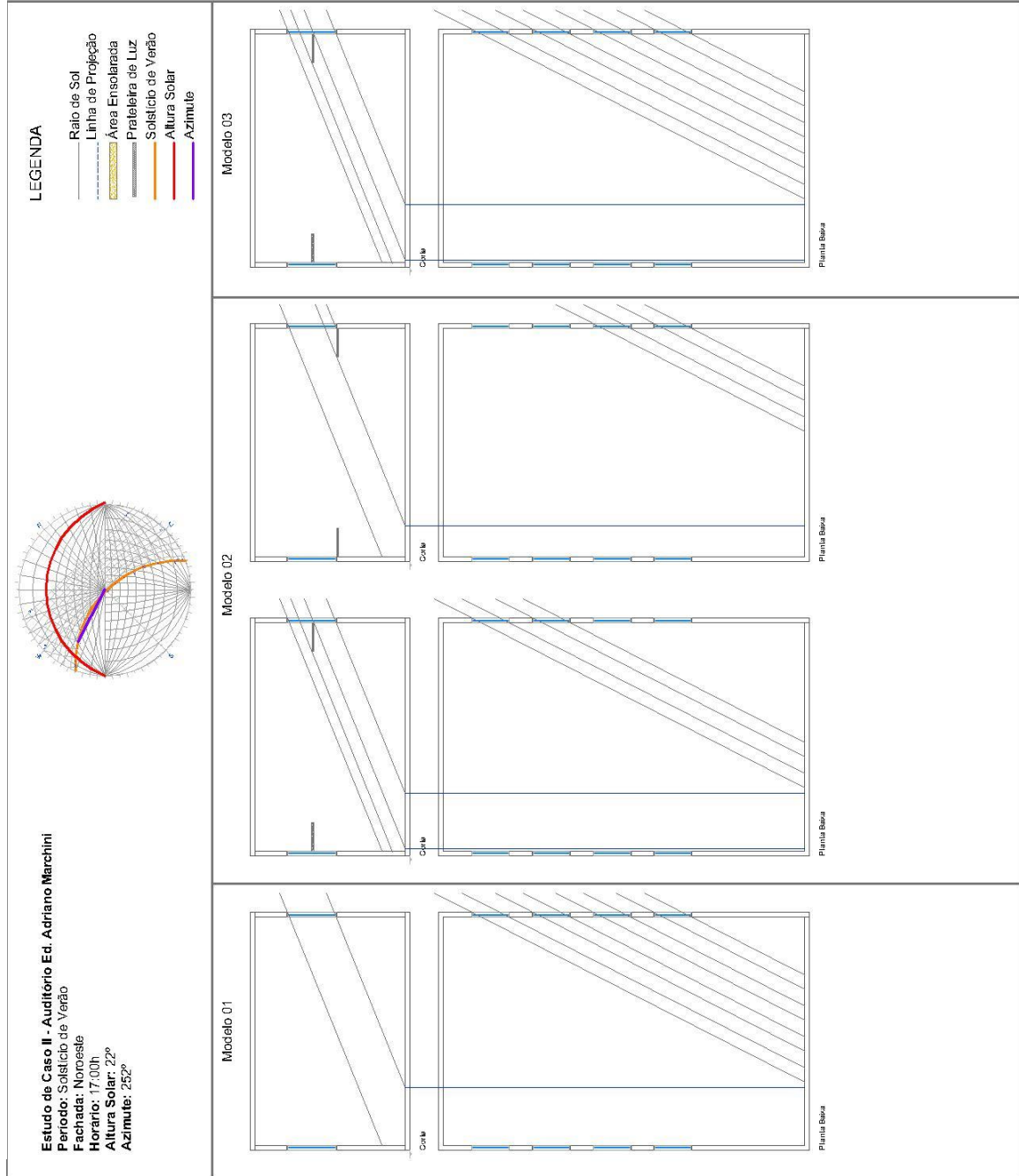


Figura 96: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Noroeste; Horário: 18:00h; Altura solar: 9°; Azimute: 248°.

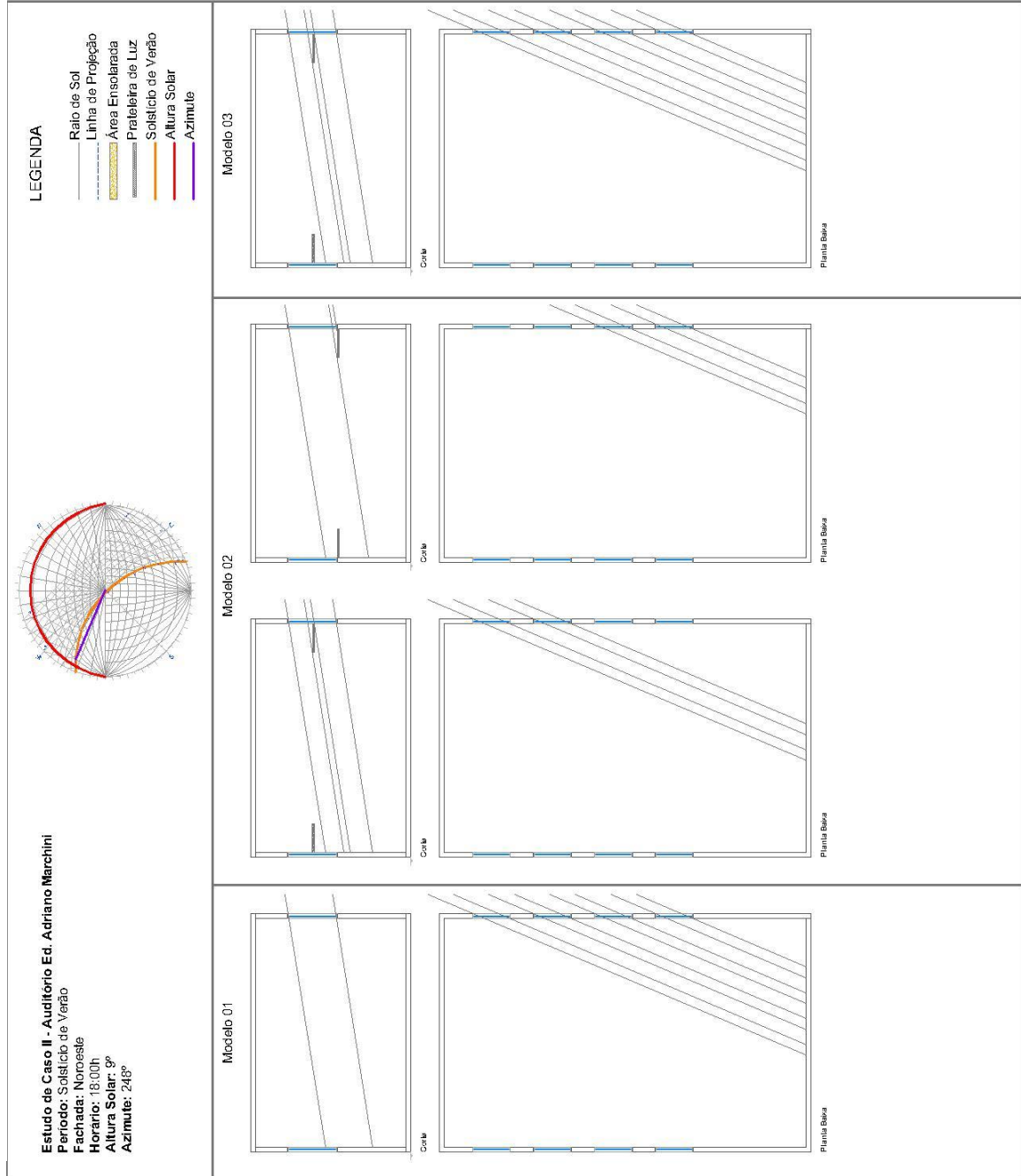


Figura 97: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Sudeste; Horário: 11:00h; Altura solar: 76°; Azimute: 99°.

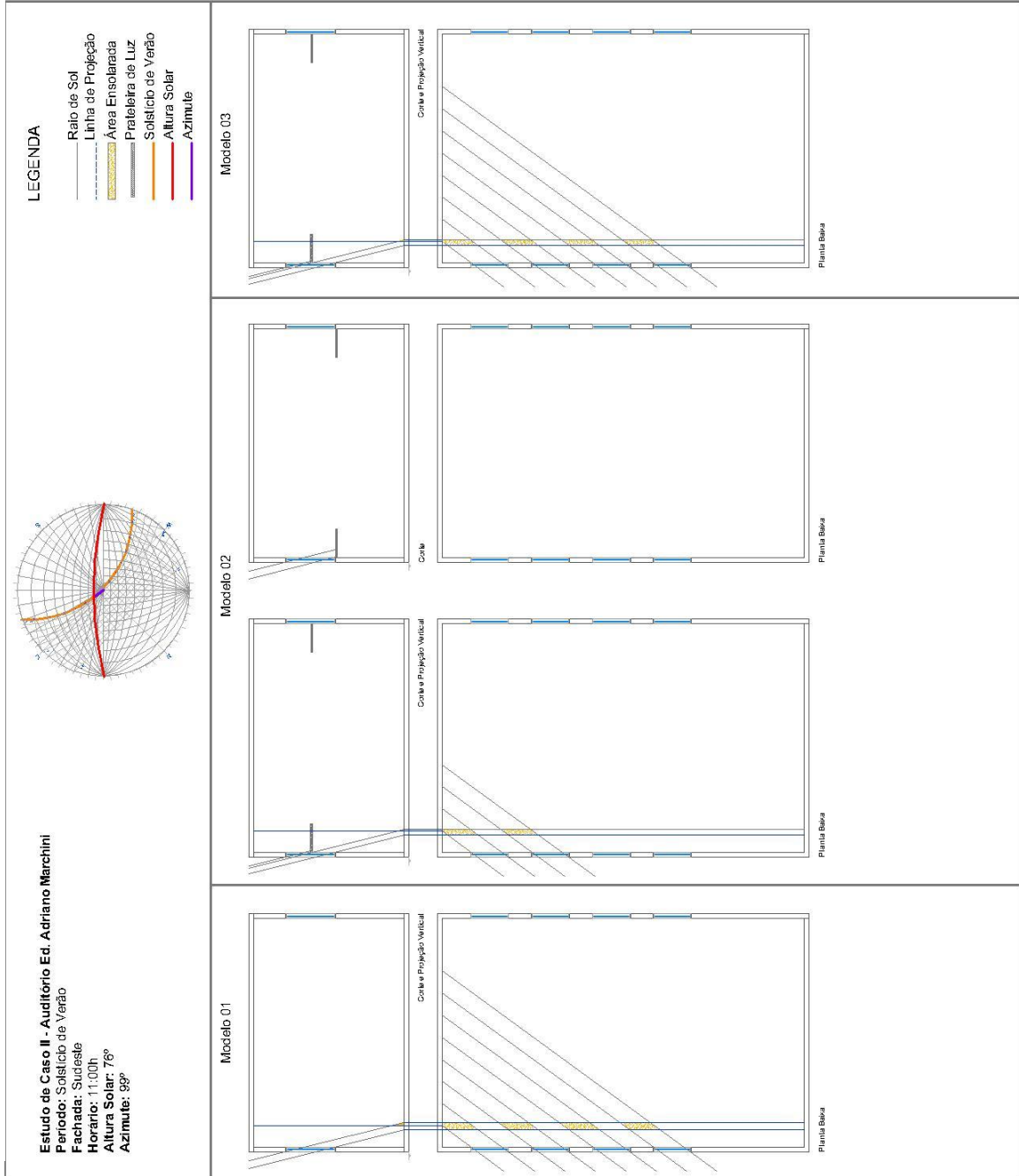


Figura 98: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Sudeste; Horário: 10:00h; Altura solar: 63°; Azimute: 100°.

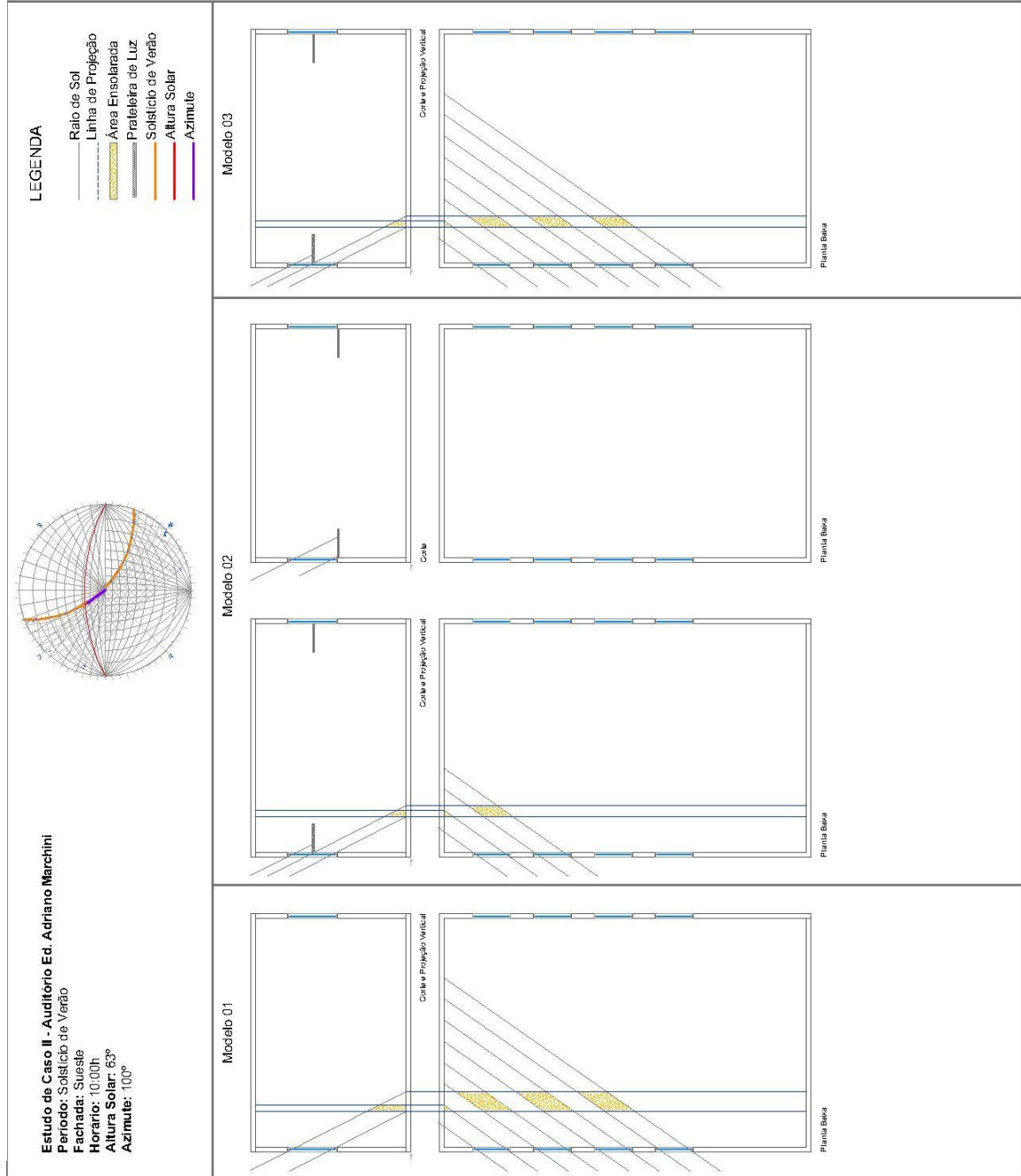


Figura 99: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Sudeste; Horário: 09:00h; Altura solar: 49°; Azimute: 101°.

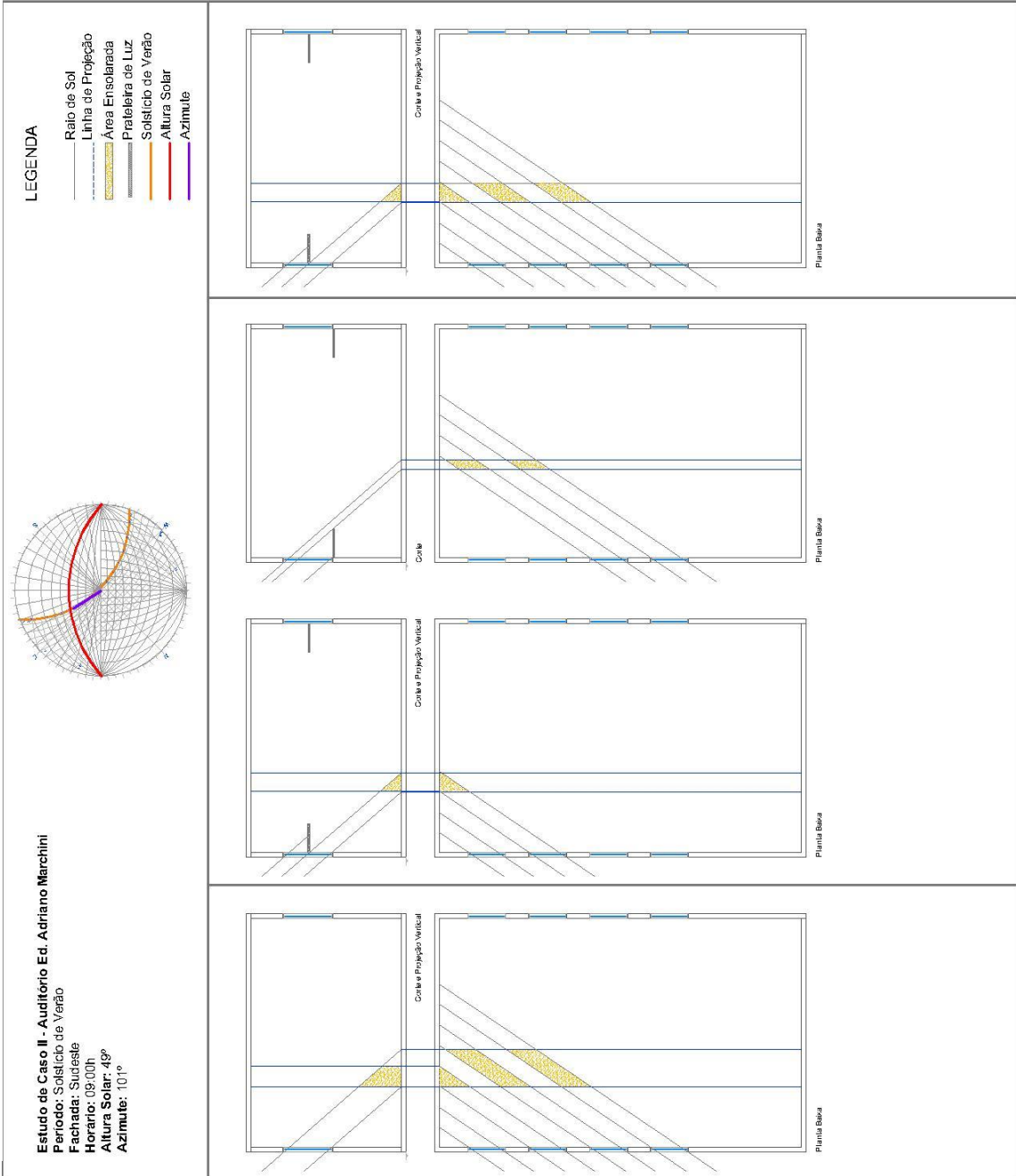
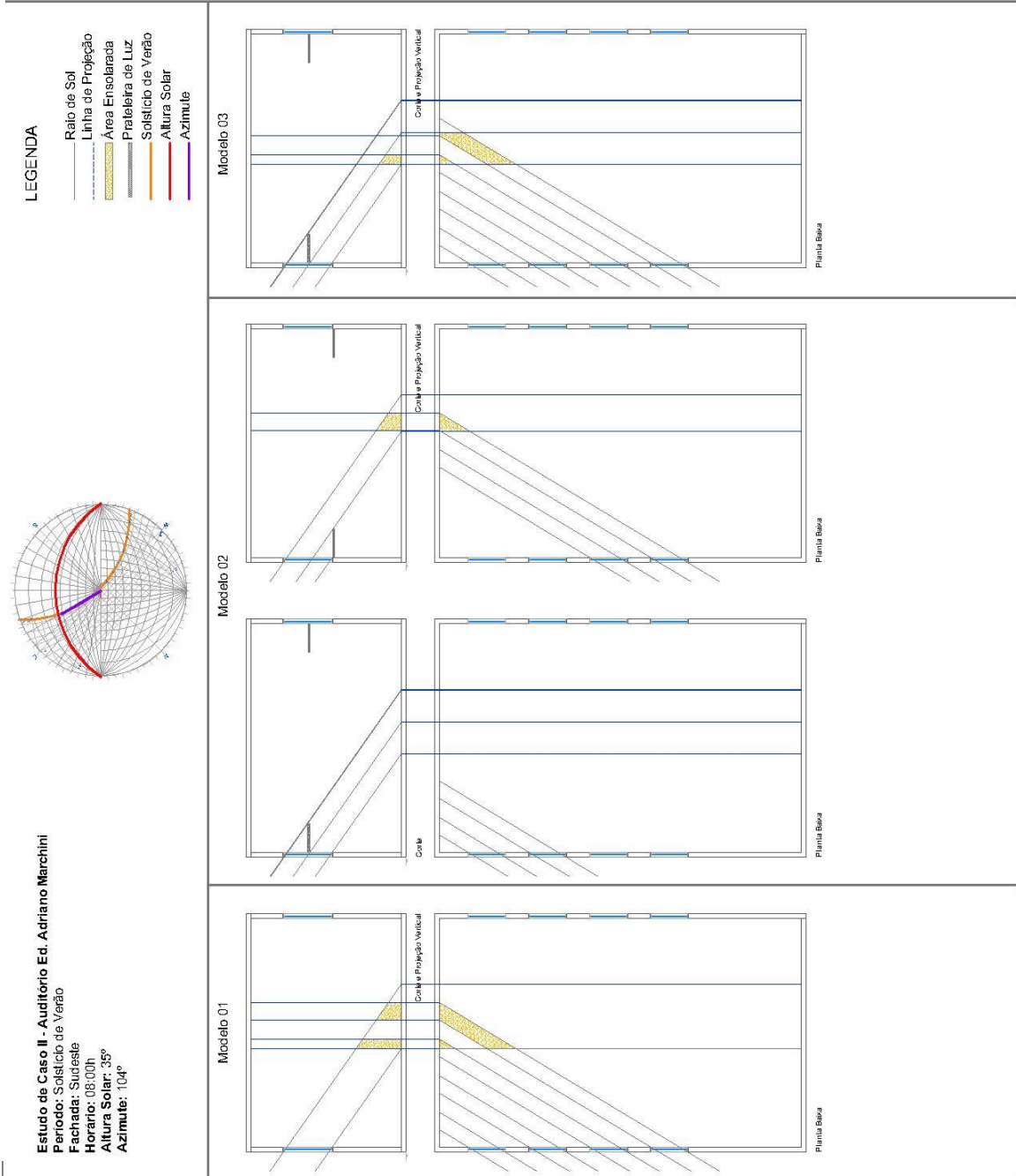


Figura 100: Áreas internas ensolaradas – Fachada: Sudeste; Horário: 08:00h; Altura solar: 35°; Azimute: 104°.



ANEXO A – PLANTA DO CAMPUS SÃO CARLOS - UFSCAR
