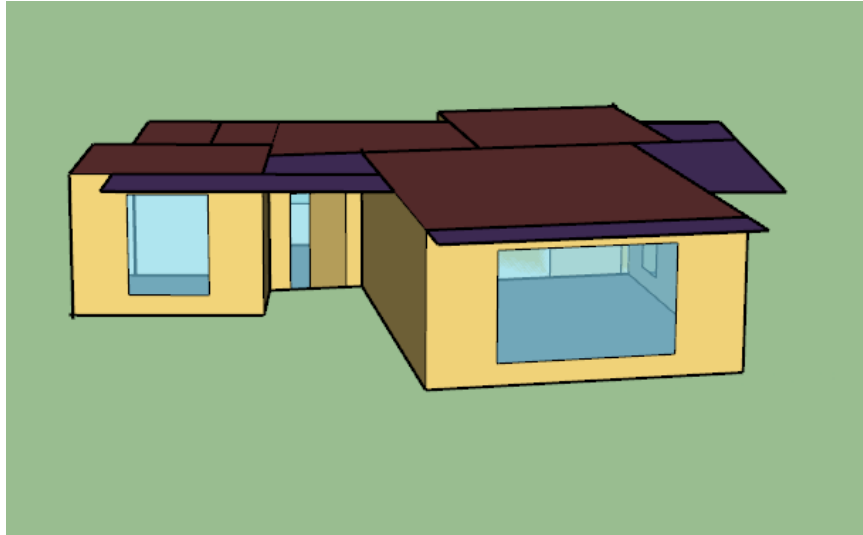




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

ISEL



Análise da Influência das Superfícies Envidraçadas na Eficiência Energética

GUILHERME FIGUEIREDO VIDIGAL
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca
Doutor Fernando Paulo Neves da Fonseca Cardoso Carreira

Júri:

Presidente: Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Vogais:

Doutor Nuno Ricardo Piedade Antunes Serra
Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

abril 2022



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

ISEL

Análise da Influência das Superfícies Envidraçadas na Eficiência Energética

GUILHERME FIGUEIREDO VIDIGAL
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca
Doutor Fernando Paulo Neves da Fonseca Cardoso Carreira

Júri:

Presidente: Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Vogais:

Doutor Nuno Ricardo Piedade Antunes Serra
Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

abril 2022

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado realidade e aos quais estarei eternamente grato.

À Professora Cláudia Casaca, pela sua orientação, por me ter dado a oportunidade de realizar este trabalho, pela sua disponibilidade, apoio, recomendações e conhecimentos partilhados, não só durante a dissertação como também nos anos em que foi minha professora.

Ao Professor Fernando Carreira, pela sua orientação, disponibilidade, opiniões e críticas. As suas recomendações foram fundamentais para a elaboração da presente dissertação.

Por último, tendo consciência que sozinho nada disto teria sido possível alcançar, um agradecimento especial aos meus pais, Alberto Vidigal e Maria Clarinda Figueiredo, por serem os modelos de coragem, dedicação e superação. Ao meu irmão, Diogo Vidigal, pela amizade, força e ajuda na superação dos obstáculos. A eles dedico este trabalho!

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

Resumo

As superfícies envidraças representam uma parte importante da envolvente de um edifício, sendo zonas propícias à ocorrência de grandes trocas de calor. Com a tendência crescente da utilização de superfícies envidraças na construção dos edifícios, estas representam, cada vez mais, um contributo significativo na energia consumida. Assim, torna-se imprescindível avaliar a influência que o tipo de vidro tem nas diferentes orientações do edifício, assim como o efeito dos elementos construtivos.

O presente trabalho pretende estudar o comportamento térmico do edifício, na estação de arrefecimento e de aquecimento, com recurso ao programa de simulação dinâmica *EnergyPlus*, recorrendo à modelação energética e geométrica realizada no *OpenStudio* e *SketchUp*, respetivamente. Apresenta-se o estudo de várias simulações considerando superfícies envidraçadas com coeficientes global de transmissão térmica e de fatores solar diferentes, de modo a avaliar a influência das duas características do vidro. A análise da influência do primeiro parâmetro foi obtida com valores de 5,7; 5,2; 1,4 e 1,3 W/m².°C para um alto fator solar (0,78) e para um baixo (0,23). A análise do fator solar considerou os valores 0,61; 0,47; 0,35 e 0,23, mantendo o coeficiente de transmissão térmica igual a 2,7 W/m².°C. Estas análises concluíram que, para o edifício em estudo, o vidro ideal tem um coeficiente de transmissão térmica de 1,3 W/m². °C e um fator solar de 0,35.

Foi ainda estudado a influência dos elementos construtivos horizontais e verticais no comportamento térmico dos espaços, na orientação Este e Sul do edifício. Desta análise, observou-se os elementos de sombreamento horizontais permitem reduzir os ganhos no verão em 69% e 62%, respetivamente.

Finalmente, foi realizado uma análise económica considerando 3 vidros duplos com coeficientes globais de transmissão térmica e de fatores solar diferentes. Com este estudo, pretende-se analisar os custos em investimento e energia necessária para climatização, associados a cada vidro.

Palavras-chave: Superfície envidraçada, vidros, sombreamento, fator solar, coeficiente de transmissão térmica, consumo energético

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

Abstract

The glazed surfaces represent an important part of the building's envelope, being favorable zones for the occurrence of large heat's exchanges. With the increasing trend in the use of glazed surfaces in construction of buildings, they can increasingly represent a significant portion of the building's energy consumption. Thus, it's essential to evaluate the influence that the type of glass has on the different orientations of the building, as well as the effect of the constructive elements.

This work intends to study the thermal behavior of the building, in the cooling and heating season, using the dynamic simulation program *EnergyPlus*, using the energy and geometric modeling performed in *OpenStudio* and *SketchUp*, respectively. It presents the study of several simulations considering glazed surfaces with overall heat transfer coefficient and different solar factors, to evaluate the influence of the two characteristics of the glass. The analysis of the influence of the first parameter was obtained with values of 5,7; 5,2; 1,4 and 1,3 W/m².°C for a high solar factor (0,78) and for a low one (0,23). The solar factor analysis considered the values 0,61; 0,47; 0,35 and 0,23, keeping the thermal transmission coefficient equal to 2,7 W/m².°C. These analyses concluded that for the building under study, the ideal glass has a thermal transmission coefficient of 1,3 W/m². °C and a solar factor of 0,35.

The influence of horizontal and vertical construction elements in the East and South orientation, on the thermal behavior of the spaces was also studied. From this analysis, the horizontal shading devices were observed to reduce summer heat gains by 69% and 62%, respectively.

Finally, an economic analysis was carried out, considering 3 double glasses with global thermal transmission coefficients and different solar factors. This study aims to analyze the investment and energy costs necessary for climatization, associated to each glass.

Keywords: glazed surface, shading, solar heat gain, thermal transmission coefficient, energy consumption

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

Nomenclatura

| | | |
|---------------|--|------------------------|
| A_f | Área da caixilharia visível | [m ²] |
| A_g | Área do vidro visível | [m ²] |
| A_p | Área interior útil de pavimento | [m ²] |
| A_{sup} | Área da superfície perpendicular ao fluxo | [m ²] |
| A_{transf} | Área de transferência perpendicular ao fluxo | [m ²] |
| C_{exp} | Custo de exploração | [€/ano] |
| $C_{energia}$ | Custo da energia elétrica | [€/kWh] |
| dT | Diferença de temperatura entre duas posições do material | [°C] |
| dx | Distância do corpo na direção x | [m] |
| E | Poder emissivo | [W/m ²] |
| EF_{ic} | Energia elétrica necessária para aquecimento | [kWh/ano] |
| EF_{vc} | Energia elétrica necessária para arrefecimento | [kWh/ano] |
| G_{CS} | Constante solar | [W/m ²] |
| h | Coefficiente de transferência de calor por convecção | [W/m ² .°C] |
| HR | Humidade relativa | [%] |
| I | Intensidade de radiação solar | [W/m ²] |
| I_r | Isolamento térmico do vestuário | [m ² .°C/W] |
| k | Condutividade térmica do material | [W/m.°C] |
| L_f | Perímetro do vidro visível | [m ²] |
| M | Taxa de metabolismo | [W/m ²] |
| q | Fluxo de calor por convecção | [W/m ²] |
| Q_{cond} | Taxa de transferência de calor por condução | [W] |
| Q_{conv} | Taxa de transferência de calor por convecção | [W] |
| R | Resistência térmica | [m ² .°C/W] |
| t_a | Temperatura do ar | [°C] |
| T_{abs} | Temperatura absoluta | [K] |
| $t_{a,l}$ | Temperatura do ar local | [°C] |
| t_{ext} | Temperatura exterior | [°C] |
| t_{in} | Temperatura interior | [°C] |

| | | |
|------------------|---|--------------------------------------|
| t_r | Temperatura radiante | [°C] |
| T_s | Temperatura da superfície sólida | [°C] |
| T_u | Turbulência do ar local | [Adimensional] |
| T_∞ | Temperatura do fluido | [°C] |
| U | Coeficiente de transmissão térmica | [W/m ² .°C] |
| U_f | Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia | [W/m ² .°C] |
| U_g | Coeficiente de transmissão térmica do vidro | [W/m ² .°C] |
| U_w | Coeficiente global de transmissão térmica da janela | [W/m ² .°C] |
| v_a | Velocidade do ar | [m/s] |
| $v_{a,l}$ | Velocidade do ar local | [m/s] |
| W_{vm} | Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores | [kWh/ano] |
| δ | Declinação solar | [°] |
| ΔC_{exp} | Poupança anual resultante da alternativa mais eficiente | [€/ano] |
| Δt | Diferença de temperatura vertical | [°C] |
| Δt_r | Assimetria radiante | [°C] |
| ε | Emissividade da superfície | [Adimensional] |
| ρ | Massa específica | [kg/m ³] |
| σ | Constante de Stefan-Boltzman | [W/m ² .K ⁻⁴] |
| Ψ | Coeficiente de transmissão térmica linear no bordo do vidro | [W/m.K] |

Acrónimos

| | |
|--------|---|
| ASE | Exposição Anual Solar (<i>Annual Sunlight Exposure</i>) |
| ASHRAE | Sociedade Americana do Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (<i>American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers</i>) |
| AVAC | Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado |
| CBDM | Modelagem de luz natural com base no clima (<i>Climate-Based Daylight Modeling</i>) |
| COP | Coeficiente de desempenho (<i>Coefficient of Performance</i>) |
| DA | <i>Daylight Autonomy</i> |
| EER | Índice de eficiência energética (<i>Energy Efficiency Ratio</i>) |
| HAP | Hourly Analysis Program |
| PMV | Voto médio previsto (<i>Predicted Mean Vote</i>) |
| PPD | Porcentagem Previsível de Insatisfeitos (<i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i>) |
| RCCTE | Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios |
| RSECE | Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios |
| SCE | Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios |
| sDA | <i>Spatial Daylight Autonomy</i> |
| SHG | Fator solar (<i>Solar Heat Gain</i>) |
| UDI | <i>Useful Daylight Illuminance</i> |
| VRF | Fluído Refrigerante Variável (<i>Variable Refrigerant Flow</i>) |
| WWR | Relação Parede-Janela (<i>Window-to-Wall-Ratio</i>) |

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

Índice

| | |
|--|-----|
| Agradecimentos | i |
| Resumo | iii |
| Abstract..... | v |
| Nomenclatura..... | vii |
| Acrónimos | ix |
| Índice de figuras | xv |
| Índice de tabelas | xix |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1. Enquadramento..... | 1 |
| 1.2. Objetivos..... | 3 |
| 1.3. Estrutura da dissertação | 3 |
| 2. Fundamentos teóricos | 5 |
| 2.1. Conforto..... | 5 |
| 2.1.1. Conforto térmico | 5 |
| 2.1.2. Conforto visual | 9 |
| 2.2. Superfícies envidraçadas | 10 |
| 2.2.1. Transferência de calor | 11 |
| 2.2.1.1. Condução..... | 11 |
| 2.2.1.2. Convecção | 12 |
| 2.2.1.3. Radiação | 13 |
| 2.2.1.3.1. Influência da orientação do sol | 15 |
| 2.2.2. Desempenho térmico e lúmnico | 18 |
| 2.2.2.1. Coeficiente de transmissão luminosa | 19 |
| 2.2.2.2. Coeficiente de transmissão térmica..... | 19 |
| 2.2.2.3. Fator solar..... | 20 |
| 2.2.3. Tipos de vidros | 21 |
| 2.2.3.1. Vidro simples | 21 |
| 2.2.3.2. Vidro duplo | 22 |
| 2.2.3.3. Vidro duplo de baixa emissividade | 23 |
| 2.2.4. Tipos de caixilharia | 25 |
| 2.2.4.1. Madeira..... | 26 |
| 2.2.4.2. PVC..... | 26 |
| 2.2.4.3. Alumínio..... | 26 |
| 2.2.5. Dispositivos de sombreamento..... | 27 |
| 2.3. Programas de simulação dinâmica | 29 |
| 2.3.1. Programas de simulação | 30 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.3.1.1. | EnergyPlus | 30 |
| 2.3.1.2. | Hourly Analysis Program (HAP) | 31 |
| 2.3.2. | Programas de modelação e parametrização | 31 |
| 2.3.2.1. | OpenStudio | 32 |
| 2.3.2.2. | DesignBuilder | 32 |
| 3. | Caso de estudo | 35 |
| 3.1. | Descrição do caso de estudo | 35 |
| 3.1.1. | Constituição das envolventes opacas | 35 |
| 3.1.2. | Superfícies envidraçadas no edifício | 38 |
| 3.1.3. | Ocupação e tipo de atividade | 39 |
| 3.1.4. | Iluminação | 39 |
| 3.1.5. | Infiltrações | 40 |
| 3.1.6. | Sistema de AVAC | 40 |
| 3.2. | Modelação do edifício e das cargas térmicas | 41 |
| 3.2.1. | Modelação geométrica do edifício | 42 |
| 3.2.1.1. | Orientação espacial | 42 |
| 3.2.1.2. | Modelação das superfícies opacas | 42 |
| 3.2.1.3. | Modelação de portas e superfícies envidraçadas | 43 |
| 3.2.1.4. | Distinção envolventes interiores e exteriores | 44 |
| 3.2.1.5. | Modelação dos elementos construtivos | 45 |
| 3.2.2. | Desenvolvimento do modelo energético | 46 |
| 3.2.2.1. | Localização e clima | 46 |
| 3.2.2.2. | Modelação das envolventes opacas | 46 |
| 3.2.2.3. | Superfícies envidraçadas | 48 |
| 3.2.2.4. | Carga térmica e horários | 49 |
| 3.2.2.5. | Sistemas de AVAC | 50 |
| 3.2.2.6. | Definição das variáveis a observar | 51 |
| 3.3. | Metodologia das simulações | 51 |
| 4. | Simulação do fluxo de calor transferido nas superfícies envidraçadas | 55 |
| 4.1. | Efeito do coeficiente de transmissão de calor | 55 |
| 4.2. | Efeito do fator solar | 66 |
| 4.3. | Efeito dos elementos construtivos | 72 |
| 4.4. | Simulação com Carrier HAP | 77 |
| 4.4.1. | Desenvolvimento do modelo | 77 |
| 4.4.1.1. | Perfis de temperatura do local | 77 |
| 4.4.1.2. | Perfis de radiação do local | 79 |
| 4.4.1.3. | Modelo do edifício | 80 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.4.1.4. | Cargas térmicas interiores | 81 |
| 4.4.1.5. | Sistemas de climatização..... | 81 |
| 4.4.2. | Resultados das simulações..... | 82 |
| 4.5. | Estudo comparativo de diferentes superfícies envidraçadas | 86 |
| 4.5.1. | Estudo dos ganhos e perdas energéticas anuais..... | 86 |
| 4.5.2. | Custos de exploração das diferentes soluções | 88 |
| 4.5.3. | Estudo de análise económica das diferentes soluções | 91 |
| 5. | Conclusões e desenvolvimentos futuros | 97 |
| 5.1. | Conclusões..... | 97 |
| 5.2. | Desenvolvimentos futuros | 99 |
| | Referências | 101 |
| | Anexos | 107 |
| | Estudo do efeito do coeficiente de transmissão térmica ($SHG = 0,23$)..... | 107 |
| | Estudo do efeito do coeficiente de transmissão térmica ($SHG = 0,78$)..... | 127 |
| | Estudo do efeito do fator solar | 147 |
| | Estudo do efeito dos elementos construtivos | 167 |
| | Estudo da análise económica..... | 176 |

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 – Consumo de energia final em Portugal [2, 3] | 1 |
| Figura 1.2 – Consumo de energia por setores (2010 vs 2020) [2, 3] | 2 |
| Figura 2.1 – Tipos de conforto térmico e os fatores que os influenciam | 5 |
| Figura 2.2 – Interação térmica do corpo humano com o meio ambiente | 8 |
| Figura 2.3 – PPD em função do PMV | 8 |
| Figura 2.4 – Representação esquemática da influência da atmosfera [35]..... | 15 |
| Figura 2.5 – Estações do ano vs translação da Terra..... | 16 |
| Figura 2.6 – Variação das projeções solares [35]..... | 17 |
| Figura 2.7 – Decomposição da radiação incidente num vidro [41]..... | 20 |
| Figura 2.8 – Transferência de calor num vidro simples incolor vs colorido | 21 |
| Figura 2.9 – Ilustração de uma janela com vidro duplo | 22 |
| Figura 2.10 – Transferência de calor num vidro duplo incolor vs colorido | 23 |
| Figura 2.11 – Fluxos de energia num vidro de baixa emissividade [48]..... | 24 |
| Figura 2.12 – Comparação dos vidros duplos de baixa emissividade | 24 |
| Figura 2.13 – Caixilharias de alumínio: a) sem e b) com corte térmico [57]..... | 27 |
| Figura 2.14 – Sombreamento exterior e interior [60]..... | 28 |
| Figura 2.15 – Sistemas de sombreamento a) horizontal; b) light shelves | 29 |
| Figura 2.16 – Programas e ferramentas possíveis de utilizar o EnergyPlus [70] | 31 |
| Figura 3.1 – Planta da moradia vista de cima..... | 35 |
| Figura 3.2 – Metodologia e parâmetros de simulação..... | 41 |
| Figura 3.3 – Verificação da orientação espacial: a) SketchUp; b) EnergyPlus..... | 42 |
| Figura 3.4 – Linha extra para tornar o hall com 4 lados (SketchUp) | 43 |
| Figura 3.5 – OpenStudio Inspector alterar tipo de porta ou superfície envidraçada | 44 |
| Figura 3.6 – Identificação das superfícies interiores e exteriores no SketchUp..... | 45 |
| Figura 3.7 – Elementos construtivos (SketchUp)..... | 45 |
| Figura 3.8 – Criação material (OpenStudio) | 47 |
| Figura 3.9 – Parametrização da constituição da envolvente opaca (OpenStudio)..... | 48 |
| Figura 3.10 – Parametrização do vidro (OpenStudio)..... | 49 |
| Figura 3.11 – Parametrização cargas térmicas internas (OpenStudio)..... | 49 |
| Figura 3.12 – Implementação horário ocupação e iluminação sala (OpenStudio)..... | 50 |
| Figura 3.13 – Implementação do sistema VRF (OpenStudio)..... | 50 |
| Figura 4.1 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Norte | 56 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.2 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Nor-Nordeste | 57 |
| Figura 4.3 – Efeito U na temperatura interior do hall | 58 |
| Figura 4.4 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Este..... | 59 |
| Figura 4.5 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Sul | 60 |
| Figura 4.6 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Oeste | 61 |
| Figura 4.7 – Efeito U na temperatura interior da sala | 62 |
| Figura 4.8 – Efeito U na temperatura interior do escritório | 63 |
| Figura 4.9 – Efeito U na temperatura interior da cozinha | 64 |
| Figura 4.10 – Efeito U na temperatura interior da casa de banho | 65 |
| Figura 4.11 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Norte | 66 |
| Figura 4.12 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Nor-Nordeste | 67 |
| Figura 4.13 – Efeito SHG na temperatura interior no hall | 68 |
| Figura 4.14 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Este | 68 |
| Figura 4.15 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Sul..... | 69 |
| Figura 4.16 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Oeste | 69 |
| Figura 4.17 – Efeito SHG na temperatura interior na sala | 70 |
| Figura 4.18 – Efeito SHG na temperatura interior no escritório | 71 |
| Figura 4.19 – Efeito SHG na temperatura interior na cozinha | 71 |
| Figura 4.20 – Efeito SHG na temperatura interior na casa de banho | 72 |
| Figura 4.21 – Elementos de sombreamento exteriores existentes no edifício..... | 73 |
| Figura 4.22 – Efeito do elemento de sombreamento vertical na orientação Este..... | 73 |
| Figura 4.23 – Efeito do elemento de sombreamento horizontal na orientação Este | 74 |
| Figura 4.24 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura da cozinha..... | 74 |
| Figura 4.25 – Efeito do elemento de sombreamento horizontal na orientação Sul..... | 75 |
| Figura 4.26 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura da sala..... | 76 |
| Figura 4.27 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura do hall..... | 76 |
| Figura 4.28 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura do escritório..... | 76 |
| Figura 4.29 – Parâmetros psicrométricos do local em janeiro às 6h e 18h. | 78 |
| Figura 4.30 – Características dos pontos de temperatura máxima e mínima | 79 |
| Figura 4.31 – Perfis de temperatura implementados no software HAP. | 79 |
| Figura 4.32 – Mapa de radiação no local (ponto verde) no mês de janeiro..... | 80 |
| Figura 4.33 – Coeficientes de multiplicação implementar no modelo de radiação | 80 |
| Figura 4.34 – Tipos de vidros vs Ganho e perda no verão em cada espaço | 87 |
| Figura 4.35 – Tipos de vidros vs Ganho e perda no inverno em cada espaço..... | 88 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.36 – Necessidades de aquecimento e de arrefecimento | 89 |
| Figura 4.37 – Custo total investimento: implementação de raiz | 92 |
| Figura 4.38 – Custo total investimento: substituição | 93 |
| Figura 4.39 – Temperatura média horária nos espaços: Climalit vs GuardianSun | 95 |

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

Índice de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 – Escala de sensação térmica [18] | 9 |
| Tabela 2.2 – Orientação das superfícies envidraçadas vs ganhos solares [37]..... | 18 |
| Tabela 3.1 – Espaços e respetiva área e volume..... | 35 |
| Tabela 3.2 – Constituição e caraterísticas dos materiais das paredes exteriores..... | 36 |
| Tabela 3.3 – Constituição e caraterísticas dos materiais das paredes interiores..... | 36 |
| Tabela 3.4 – Constituição e caraterísticas dos materiais do pavimento da sala, hall e escritório | 37 |
| Tabela 3.5 – Constituição e caraterísticas dos materiais do pavimento da cozinha e casa de banho..... | 37 |
| Tabela 3.6 – Constituição e caraterísticas dos materiais da cobertura | 38 |
| Tabela 3.7 – Orientação e área das superfícies envidraçadas por cada espaço | 39 |
| Tabela 3.8 – Nível de atividade em cada espaço [74] | 39 |
| Tabela 3.9 – Potência total de iluminação por área em cada espaço [75] | 40 |
| Tabela 4.1 – Temperatura e humidade relativa para o mês de janeiro | 78 |
| Tabela 4.2 – Calor sensível e latente da atividade em cada espaço (HAP) [74] | 81 |
| Tabela 4.3 – Potência calorífica transmitida pelas superfícies envidraçadas: HAP vs OpenStudio | 83 |
| Tabela 4.4 – Potência calorífica transmitida pelas paredes: HAP vs OpenStudio | 83 |
| Tabela 4.5 – Potência calorífica transmitida pela cobertura: HAP vs OpenStudio | 84 |
| Tabela 4.6 – Tipos de vidros em análise [94, 95]..... | 87 |
| Tabela 4.7 – Investimento inicial dos diferentes tipos de vidros..... | 89 |
| Tabela 4.8 – Necessidades energéticas anuais para garantir as temperaturas de conforto para cada vidro..... | 90 |
| Tabela 4.9 – Custo de exploração anual e mensal de cada vidro | 91 |

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Com o passar dos anos, as necessidades energéticas por parte das sociedades têm vindo a aumentar, particularmente após a revolução industrial. Atualmente, a sensibilidade do impacto do ser humano sobre o planeta encontra-se constantemente a aumentar, visto que este aumento tem sido satisfeito pela utilização de carvão, petróleo e gás natural. Estas fontes de energia são consideradas recursos naturais não renováveis, porque a sua formação é bastante lenta em relação à escala temporal do Homem [1].

Tendo em conta o atual ritmo de exploração, estima-se que as reservas petrolíferas estejam na sua maioria esgotadas até 2050. A utilização de combustíveis fósseis produz elementos muito poluentes com impactos negativos sobre a qualidade do ar, o efeito de estufa e a saúde humana [1].

Na Figura 1.1 é possível observar o consumo de energia final total de todos os setores em Portugal, mais concretamente, agricultura e pescas, indústria, transportes, doméstico e serviços.

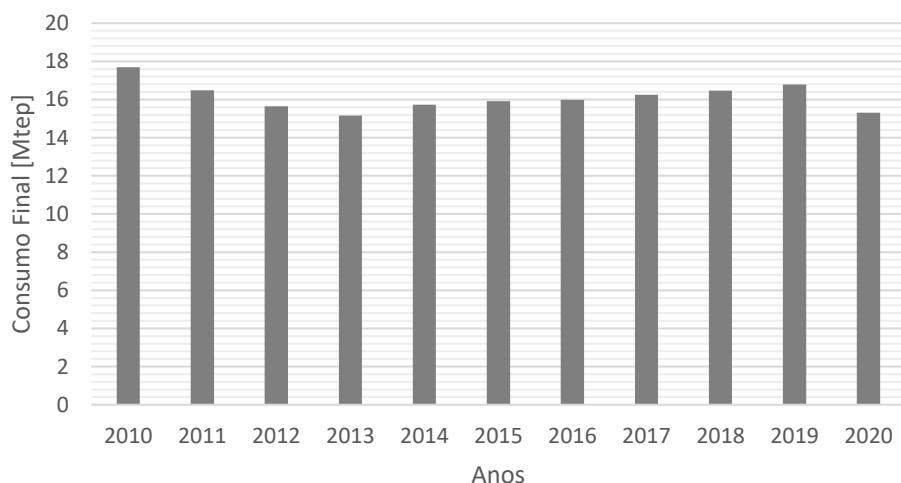


Figura 1.1 – Consumo de energia final em Portugal [2, 3]

Através da Figura 1.1 observa-se que, apesar do decréscimo obtido no ano de 2013, o consumo energético tem vindo a aumentar ao longo dos últimos anos. No entanto, em 2020 sofreu uma nova diminuição de 8% face a 2019, devido principalmente à redução do consumo de combustíveis rodoviários, provocado pelo efeito da pandemia COVID-19 [3]. De modo a saber o consumo final de energia em cada setor, apresenta-se a Figura 1.2.

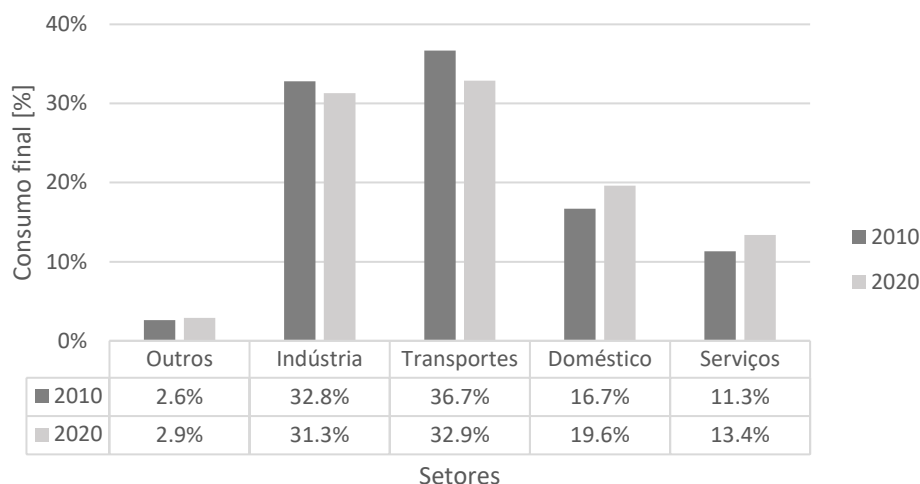


Figura 1.2 – Consumo de energia por setores (2010 vs 2020) [2, 3]

Analisando os dados da Figura 1.2 observa-se que o setor dos edifícios domésticos e de serviços aumentaram o seu consumo na última década. No ano de 2020 foram responsáveis por 33% do consumo energético total, no qual 19,6% correspondem ao setor doméstico. Este aumento deve-se ao facto de uma maior procura de conforto no interior dos edifícios, tendo assim uma tendência de um maior crescimento no futuro.

De modo a contrariar esta tendência foi publicado o Decreto-Lei nº80/2006, no qual é aprovado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Neste regulamento estabeleceu-se regras que visavam reduzir os consumos energéticos associados ao conforto térmico e à qualidade do ar interior, através da minimização de situações patológicas nos elementos da construção. Foi ainda publicado o Decreto-Lei nº79/2006, no qual é aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que teve como objetivo impor regras de eficiência aos sistemas de climatização de modo a melhorar o seu desempenho energético, definindo para isso as condições de conforto térmico e de higiene em cada espaço [4, 5].

Estes dois regulamentos culminam com o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) (Decreto-Lei nº78/2006), onde é certificado o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios e identificadas as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos. A certificação energética nos edifícios novos ou já existentes, permite comprovar a correta aplicação da regulamentação técnica em vigor para o edifício e os seus sistemas energéticos [6].

Num edifício, o bom isolamento ajuda a melhorar a eficiência energética. Estima-se que cerca de 20% das perdas de calor são causadas pelas superfícies envidraçadas [7]. Um bom isolamento através das superfícies envidraçadas permite melhorar o conforto no interior do edifício, reduzindo o consumo de energia. Desta forma, as características técnicas das superfícies envidraçadas e os materiais que as constituem, como os tipos de caixilho e de vidro, são fatores determinantes no nível do seu contributo no desempenho energético global do edifício.

1.2. Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é analisar a influência que as superfícies envidraçadas têm sobre a eficiência energética.

Através do uso das ferramentas computacionais pretende-se estudar, individualmente e globalmente, o efeito que as características dos vidros têm no comportamento térmico de um edifício. De modo a averiguar a contribuição do comportamento térmico das superfícies envidraçadas, pretende-se verificar a influência das diferentes orientações e a existência ou não de sombreamento externo num edifício na estação de aquecimento e de arrefecimento. Posteriormente, pretende-se selecionar as características mais favoráveis às necessidades térmicas dos espaços, tendo como objetivo evitar situações de desconforto, tais como, o aquecimento e o arrefecimento excessivo.

Para finalizar, pretende-se avaliar economicamente a influência que a superfície envidraçada apresenta no consumo energético, quando combinado com um sistema de climatização.

1.3. Estrutura da dissertação

O presente trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos, baseando-se em duas vertentes: pesquisa e análise computacional.

No presente capítulo é feito um enquadramento do tema com o consumo energético no setor dos edifícios, ao longo dos últimos anos no país. Posteriormente, abordam-se os regulamentos energéticos em vigor em Portugal.

No segundo capítulo são expostos todos os fundamentos teóricos necessários para a interpretação dos resultados apresentados no capítulo 3. O primeiro tema abordado é o conforto (térmico e visual), apresentando os fatores que influenciam a resposta do corpo

humano ao meio envolvente, assim como os métodos de análise que quantificam o nível de conforto. Posteriormente, aborda-se o tema das superfícies envidraçadas, apresentando os mecanismos de troca de calor, as características chave para a correta seleção do vidro (desempenho térmico e lúmnico), os tipos de vidros e de caixilharia, e os dispositivos de sombreamento. Por fim, é apresentado os programas de simulação dinâmica possíveis de serem utilizados em estudos como este que se apresenta.

O capítulo 3 desta dissertação pretende apresentar o caso de estudo, através da descrição de todos os parâmetros utilizados, do seu processo de modelação e o esquema de estudo a realizar.

No capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados obtidos através do *Sketchup* e do *OpenStudio*, com posterior comparação com o Carrier HAP. Por último é estudado o comportamento de 3 soluções de vidros existentes no mercado, com posterior análise económica.

Por último, no capítulo 5, são apresentadas as principais conclusões do trabalho e são enumeradas algumas recomendações para trabalho futuro.

2. Fundamentos teóricos

2.1. Conforto

Num edifício, o conforto é algo a ter em consideração tanto para ajudar a controlar o consumo energético como para o bem-estar dos ocupantes, sendo resultado da influência das características térmicas, lumínicas e acústicas [8]. Desta forma, o projeto de um edifício deve ter em conta a importância da orientação solar, a correta dimensão da ventilação e da iluminação natural, bem como os materiais a utilizar, tendo em conta o clima do local [9].

2.1.1. Conforto térmico

O conforto térmico é definido como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico envolvente [10]. O conforto térmico pode ser considerado como global ou local, dependendo dos fatores que cada um tem em conta. Enquanto o global é baseado nas condições térmicas que afetam o ambiente do espaço, tais como, a humidade relativa e a temperatura interior, o local é relacionado com os fatores responsáveis por causar desconforto térmico, tais como, velocidade do ar e a assimetria radiante [11, 12], tal como é possível observar na Figura 2.1.

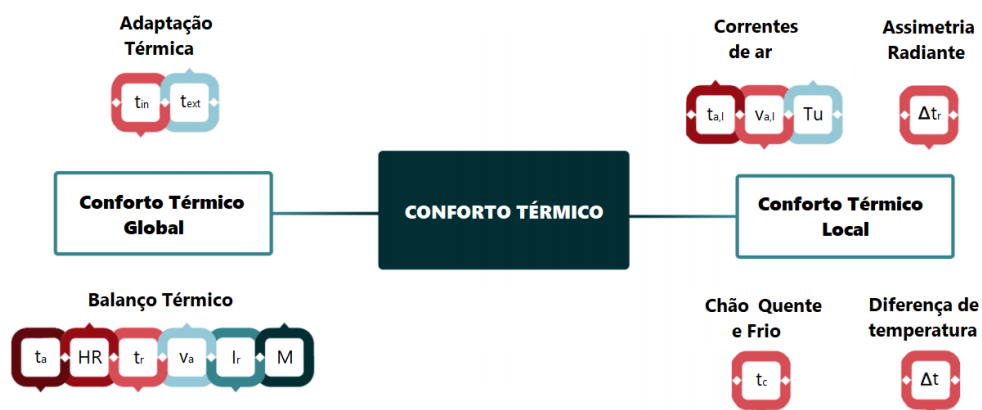


Figura 2.1 – Tipos de conforto térmico e os fatores que os influenciam (Adaptado de [11])

Analisando a Figura 2.1 é possível observar que o conforto térmico local tem em conta quatro fatores responsáveis por causar o desconforto térmico:

- Correntes de ar: principal fator de desconforto em espaços interiores, no qual afetam as partes do corpo descobertas, tais como, cara, mãos, etc. Este fator

está relacionado com a temperatura do ar local ($t_{a,l}$), velocidade do ar local ($v_{a,l}$) e a intensidade de turbulência do ar local (Tu);

- Assimetria radiante (Δt_r): relacionado com as diferenças de temperatura entre o teto e as paredes, causando uma heterogeneidade no campo radiante;
- Chão quentes e frios (t_c): causam desconforto quando as pessoas utilizam calçado de fraco isolamento;
- Diferença de temperatura vertical (Δt): relacionado com a diferença de temperatura entre a cabeça e os tornozelos.

De acordo com a Figura 2.1, o conforto térmico global é influenciado por dois fatores: a adaptação térmica e o balanço térmico. O primeiro é relacionado com o meio envolvente, tendo como parâmetros a temperatura interna (t_{in}) e externa (t_{ext}) no qual tem em conta a percepção real e a aceitabilidade ao ambiente térmico, dependendo da expectativa, do comportamento e da adaptação dos ocupantes. Por outro lado, o balanço térmico tem em conta a interação do corpo humano com o meio envolvente, combinado com a fisiologia de termorregulação, do qual depende de seis parâmetros [11, 13]:

- Temperatura do ar (t_a): temperatura em torno de uma pessoa, atuando na transferência de calor por condução, convecção e por evaporação;
- Temperatura radiante média (t_r): influência a transferência de calor por radiação entre o corpo humano e as superfícies ao seu redor;
- Velocidade do ar (v_a): influência as trocas de calor por convecção e evaporação, podendo gerar sensações de conforto ou desconforto;
- Humidade relativa (HR): influencia as perdas de calor por evaporação, no qual o corpo humano apresenta uma maior dificuldade em realizar a troca de calor latente quanto maior for a humidade relativa;
- Taxa de metabolismo (M): o processo designado como metabolismo provém da produção de energia para realizar as tarefas através da junção dos alimentos e do oxigénio. No entanto, o corpo humano apresenta uma baixa eficiência, pois a quantidade de energia produzida é bastante superior à que realmente é necessária para realizar o trabalho pretendido, sendo que uma grande percentagem é transformada em calor. A taxa de metabolismo depende da idade, sexo, altura e peso da pessoa;

- Isolamento térmico do vestuário (I_r): o vestuário permite à pessoa ganhar ou manter uma temperatura de conforto. Atua como uma resistência térmica entre o corpo humano e o meio ambiente, minimizando as perdas de calor por condução e por convecção.

O controlo do calor e da humidade de e para o meio ambiente é feita através da pele. Este órgão contém sensores térmicos que permitem detetar a temperatura e ativar o sistema nervoso, através do envio de impulsos elétricos para o hipotálamo. Após interpretação dos sinais, caso o hipotálamo detete que a temperatura corporal não está dentro dos parâmetros desejáveis, são desencadeadas ações de modo a realizar a regulação térmica do corpo humano, através de quatro mecanismos [14]:

- Transpiração: aumenta a perda de calor através do aumento da secreção de suor;
- Tremores: produz calor através do movimento involuntário dos músculos;
- Vasodilatação: refere-se às mudanças de diâmetro dos vasos sanguíneos, no qual existe um aumento do fluxo sanguíneo devido à dilatação dos vasos sanguíneos, facilitando as trocas de calor através da superfície da pele;
- Vasoconstrição: tal como o anterior, também se refere às mudanças de diâmetro dos vasos sanguíneos, sendo que neste caso existe uma diminuição do fluxo sanguíneo, diminuindo a perda de calor através da pele.

Os mecanismos de trocas de calor do corpo incluem transferência de calor sensível pela pele, por condução, convecção e radiação; transferência de calor latente, por evaporação e difusão; ou por ambas, através da respiração. Num ambiente neutro, no qual o corpo não tem de realizar nenhuma ação para regular a sua temperatura, a evaporação representa 25% do calor total perdido e 75% corresponde às perdas de calor sensível [14]. As perdas de calor pelo corpo humano encontram-se representadas na Figura 2.2, no qual é possível observar que o calor produzido é transferido para o meio ambiente através da pele, pela respiração, por perdas por evaporação e de calor sensível. As perdas de calor sensível podem corresponder a uma mistura de condução, convecção e radiação. No entanto, a condução realizada da superfície da pele para um ambiente líquido ou gasoso é rapidamente substituída pelo processo de convecção, fazendo com que este tipo de perdas corresponda apenas à soma da transferência de calor por convecção e radiação [14, 15].

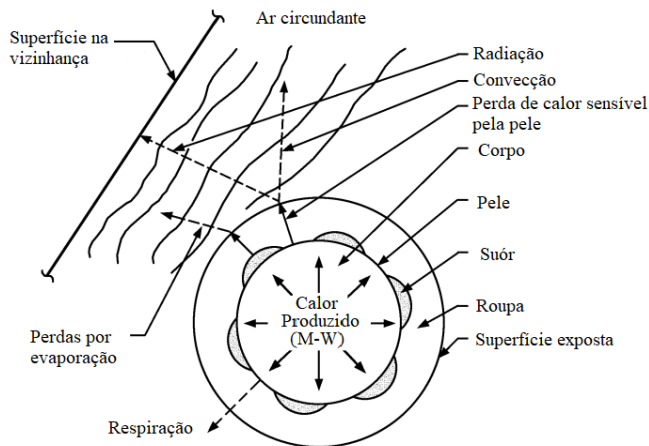


Figura 2.2 – Interação térmica do corpo humano com o meio ambiente
(Adaptado de [15])

Ao longo dos anos, de modo a quantificar o nível de conforto térmico global foram definidos vários índices. A Sociedade Americana do Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (na literatura inglesa, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers - ASHRAE) tem como base os índices desenvolvidos por Povl Ole Fanger [16]: o Voto Médio Previsto (na literatura inglesa, *Predicted Mean Vote* - PMV) e a Percentagem Previsível de Insatisfeitos (na literatura inglesa *Predicted Percentage of Dissatisfied* - PPD) [15].

O índice PMV quantifica o valor médio dos votos de pessoas que se encontram no mesmo espaço. Esta avaliação tem em conta o tipo de roupa e a taxa metabólica, bem como quatro condições interiores: temperatura do ar, humidade relativa, temperatura radiante e velocidade do ar [17].

Como o conforto térmico é algo subjetivo e dependente de fatores específicos, é expectável que nem todos os ocupantes apresentem satisfação. Deste modo, o índice PPD estabelece uma previsão quantitativa da percentagem de pessoas termicamente insatisfeitas, sendo correlacionado com o PMV, como se ilustra na Figura 2.3 [18].

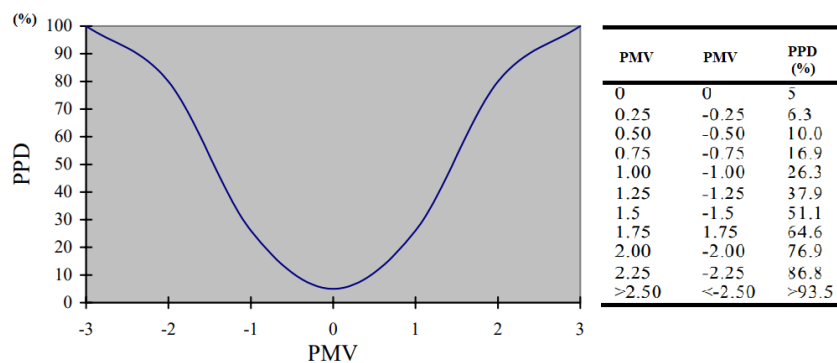


Figura 2.3 – PPD em função do PMV
(Adaptado de [19, 17], respetivamente)

Analisando a Figura 2.3 é possível observar que quanto mais próximo do zero estiver o PMV, menor será a percentagem de pessoas insatisfeitas, até um mínimo de 5% (menor valor de PPD). Quando o valor do PMV se apresenta superior a 2,5, existem pelo menos 93,5% de pessoas insatisfeitas. Desta forma é possível observar que não é possível obter-se um agrado simultâneo entre todos os ocupantes. A escala apresentada no eixo das abcissas pode ser facilmente entendida na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Escala de sensação térmica [18]

| Escala | Sensação Térmica |
|--------|---------------------|
| +3 | Muito quente |
| +2 | Quente |
| +1 | Ligeiramente quente |
| 0 | Neutro |
| -1 | Ligeiramente frio |
| -2 | Frio |
| -3 | Muito frio |

Segundo o ASHRAE, a zona de conforto corresponde ao intervalo dos pontos compreendidos entre 8 e 10 [17], ou seja, a percentagem de pessoas insatisfeitas não pode ser superior a 10%, o que equivale a um PMV de $\pm 0,5$.

2.1.2. Conforto visual

Grande parte do consumo de energia de um edifício deve-se à necessidade de obter-se tanto conforto térmico como visual. A qualidade de iluminação é um dos principais requisitos em qualquer edifício, sendo fundamental para o correto desempenho das atividades e para a qualidade do ambiente interno [20, 21].

A iluminação natural é considerada como uma energia gratuita, no qual permite obter um ambiente atraente e agradável, correspondendo ao melhor tipo de luz para o conforto humano [20].

De modo a quantificar a intensidade de iluminação, existe um modelo de previsão quantitativa de desempenho baseado nas condições do sol e do céu, derivadas de conjuntos de dados meteorológicos, designado como modelagem de luz natural com base

no clima (na literatura inglesa, *Climate-Based Daylight Modeling* – CBDM). Este método inclui 4 índices [22, 23]:

- *Daylight Autonomy* (DA): apresenta a percentagem do tempo de ocupação ao longo de um ano, onde o valor mínimo estipulado de iluminância pode ser obtido somente por luz solar;
- *Spatial Daylight Autonomy* (sDA): desenvolvido de modo a testar a iluminância suficiente da luz do dia na área a analisar numa determinada quantidade de horas de funcionamento por ano, ou seja, revela a luz natural adequada no plano de trabalho ao longo do ano;
- *Annual Sunlight Exposure* (ASE): descreve o número de horas anuais que uma determinada área de um espaço está exposta a uma excessiva luz solar, sendo um indicador para o desconforto visual;
- *Useful Daylight Illuminance* (UDI): distribuição anual de iluminação para um espaço, de modo a alcançar os valores de iluminância entre os 100 e os 2000 lux.

Para o ótimo conforto visual, o desenho e a constituição da superfície envidraçada torna-se bastante relevante, visto que esta determina a quantidade e a distribuição da luz do dia para o interior do espaço. Para caracterizar o seu desempenho, existe um indicador designado como relação parede-janela (na literatura inglesa, *Window-to-Wall-Ratio* – WWR), no qual permite ajudar na tomada de decisões na escolha da janela, devido à sua simplicidade numérica. O WWR é considerado ótimo quando a área envidraçada permite minimizar os gastos energéticos em arrefecimento, aquecimento e em iluminação [23, 24].

2.2. Superfícies envidraçadas

O vidro é um material que confere um fraco isolamento térmico, sendo considerado um elemento intermediário importante nas trocas de energia entre o interior e o exterior dos edifícios. De acordo com o Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de fevereiro, o termo envidraçado corresponde às zonas não opacas da envolvente de um edifício (vidro), no qual inclui os respetivos caixilhos [25].

Como visto no capítulo 1.1, a redução da necessidade de climatização é um parâmetro a ter em consideração. Para tal, deve-se otimizar sistemas de soluções passivas, ou seja, sistemas que promovem o fluxo de energia térmica que ocorre por meios naturais: condução, radiação e convecção natural. O aproveitamento da radiação solar que penetra no espaço e é convertida em calor através das superfícies absorventes, resulta num aquecimento da estrutura do edifício. No entanto, de modo a evitar ganhos excessivos no verão, a penetração da radiação no espaço pode ser controlada através da variação do sombreamento ou do tipo de superfícies envidraçadas [26, 27].

No inverno, um vidro com elevado coeficiente de transmissão tem perdas de calor por condução muito elevadas, que ocorrem devido ao diferencial de temperaturas, e que se fazem sentir na temperatura interior do edifício. Já no verão, as superfícies envidraçadas são zonas através das quais os ganhos provenientes da radiação solar se tornam excessivos, levando igualmente a situações de desconforto.

2.2.1. Transferência de calor

A termodinâmica estuda a transferência de energia através das interações de um sistema com a sua vizinhança, designadas como trabalho e calor¹. Como lida com os estados finais do processo durante o qual uma interação ocorre, não permite obter informações sobre a natureza da interação ou da taxa de tempo em que ocorre [28].

Uma superfície envidraçada separa dois ambientes que se encontram geralmente a temperaturas diferentes, permitindo a ocorrência de transferência de calor do espaço quente para o frio. Estas trocas de calor fazem-se através de três modos de propagação: condução, convecção e radiação.

2.2.1.1. Condução

A transferência de calor por condução corresponde à passagem de energia térmica, através da colisão de átomos e de moléculas, que entram num estado de excitação cada vez maior com o aumento da temperatura, provocando a sua colisão. O calor flui na direção de temperaturas decrescentes, uma vez que temperaturas mais altas estão

¹ Transferência de calor é a quantidade de energia térmica que ocorre devido a uma diferença de temperatura entre espaços [28].

associadas a uma maior energia molecular. Este mecanismo de transferência pode ocorrer em qualquer estado físico: sólido, líquido ou gasoso [29].

A lei de Fourier descreve este processo de transmissão de calor, permitindo determinar a taxa de transferência de calor por condução. O calor transferido por unidade de tempo é proporcional à área de transferência perpendicular ao fluxo de calor e ao gradiente de temperatura (dT/dx), expresso pela equação (2.1):

$$Q_{\text{cond}} = -k \times A_{\text{transf}} \times \frac{dT}{dx} = k \times A_{\text{transf}} \times \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} \quad (2.1)$$

no qual,

Q_{cond} – Taxa de transferência de calor por condução [W];

k – Condutividade térmica do material [W/m.°C];

A_{transf} – Área de transferência perpendicular ao fluxo [m²];

dT/dx – Gradiente de temperatura:

dT – Diferença de temperatura entre duas posições do material [°C];

dx – Distância do corpo na direção x [m].

A condutividade térmica pode ser definida como a quantidade de calor transmitida através da espessura do material devido ao gradiente de temperatura nas condições estacionárias [30]. Em geral, a condutividade térmica dos gases é menor que a dos líquidos, e esta menor que a dos sólidos. Assim, como os sólidos apresentam maior condutividade térmica que os gases, estes geram gradientes de temperaturas menores para um determinado fluxo de calor, ou seja, quanto maior for a condutividade térmica de um material, menor é a capacidade de isolamento à transmissão de calor.

2.2.1.2. Convecção

Para a transferência de calor ocorrer por convecção é necessário existir um fluido em movimento, sendo, portanto, dominante nos líquidos e gases. A troca de calor por convecção ocorre devido ao movimento de um grande número de moléculas sujeitas a um gradiente de temperatura. O fluido em movimento, ao entrar em contacto com o sólido, e pela diferença de temperatura entre ambos, recebe ou transmite calor. Esta transferência de energia térmica provoca um aumento ou diminuição (conforme recebe ou transmite, respetivamente) do seu volume específico, criando assim uma corrente de convecção

natural. Esta transferência de calor é tanto mais elevada quanto mais rápido for o escoamento do fluido. Na ausência de movimento do fluido, a transferência de calor deixa de ser convectiva e passa a ser uma condução pura [28].

A convecção pode ser classificada de acordo com a natureza do movimento do fluido:

- Convecção forçada: o movimento do fluido é causado por fontes externas, tais como, uma ventoinha, uma bomba, entre outros.
- Convecção natural: o movimento do fluido ocorre devido à diferença de densidades causada pela variação de temperatura no fluido.

Geralmente, a energia que está a ser transferida, corresponde à troca de calor sensível. Contudo, existem processos de convecção em que existe troca de calor latente.

Isaac Newton formulou a lei do arrefecimento para determinar a taxa de transferência de calor por convecção, expresso pela equação (2.2) [28].

$$q = h \times (T_s - T_\infty) \quad (2.2)$$

Sabendo que $q = Q/A$, a partir da equação (2.2) obtém-se a seguinte equação:

$$Q_{\text{conv}} = h \times A_{\text{sup}} \times (T_s - T_\infty) \quad (2.3)$$

no qual,

q – Fluxo de calor por convecção [W/m^2];

Q_{conv} – Taxa de transferência de calor por convecção [W];

A_{sup} – Área da superfície perpendicular ao fluxo [m^2];

h – Coeficiente de transferência de calor por convecção [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$];

T_s – Temperatura da superfície sólida [$^\circ\text{C}$];

T_∞ – Temperatura do fluido [$^\circ\text{C}$].

2.2.1.3. Radiação

A radiação térmica corresponde à energia emitida pela matéria (sólidos, líquidos e gases), com temperatura superior ao zero absoluto, e é transportada através de ondas eletromagnéticas. A emissão da energia pode ser atribuída a mudanças nas configurações eletrónicas dos átomos ou das moléculas constituintes [28].

Todos os corpos emitem energia constantemente por um processo de radiação eletromagnética. A intensidade desse fluxo de energia depende da temperatura do corpo e da natureza da sua superfície [31]. A transferência de calor por radiação distingue-se das referidas anteriormente, pelo facto de não necessitar de um meio para se propagar. A transferência de calor por radiação até é mais eficiente no vácuo, porque devido à inexistência de moléculas ou átomos, a energia da radiação é totalmente transmitida [28, 32].

A eficiência da emissão de energia por uma superfície é definida por uma propriedade designada por emissividade (ϵ). Este parâmetro é definido como valores compreendidos entre 0 e 1, correspondendo à capacidade de um corpo não emitir ou de emitir toda a energia, respetivamente [28]. Dando como exemplo, um corpo negro é considerado um emissor ideal ($\epsilon = 1$), pois nenhuma superfície apresenta um poder emissivo superior à dele, quando se encontra à mesma temperatura.

Segundo a lei de Stefan-Boltzmann, a taxa de transferência de calor radiativa emitida por unidade de área superficial de um corpo negro na unidade de tempo, denomina-se como o poder emissivo (E), no qual é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura absoluta, expresso pela equação (2.4) [28].

$$E = \sigma \times T_s^4 \quad (2.4)$$

no qual,

E – Poder emissivo [W/m^2];

σ – Constante de Stefan-Boltzman ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4}]$);

T_s – Temperatura absoluta [K].

Este cálculo é realizado para determinar o poder emissivo de um corpo ideal, ou seja, um corpo negro. Dado que o fluxo de calor emitido por uma superfície real é menor do que a do corpo negro à mesma temperatura, o cálculo do poder emissivo deve ter em conta a emissividade da superfície em análise, como é expresso pela equação (2.5).

$$E = \epsilon \times \sigma \times T_s^4 \quad (2.5)$$

no qual,

ϵ – Emissividade da superfície.

2.2.1.3.1. Influência da orientação do sol

O sol é o corpo celeste central do sistema solar e o que emite mais radiação, com 99,9% da energia vinda do sol compreendida na gama da radiação solar, distribuída da seguinte forma: 52% da radiação está na gama do infravermelho, 44% na gama do visível e 4% no ultravioleta [33].

Da radiação que atinge um local na superfície terrestre uma parte da energia incide diretamente sem sofrer qualquer alteração de direção e outra sofre mudanças de direção, devido às moléculas de alguns constituintes do ar (difusão Rayleigh), poeiras em suspensão (difusão Mie) e outros obstáculos na atmosfera. A energia que incide diretamente designa-se como radiação direta e a que sofre alteração na direção designa-se por radiação difusa. A radiação total é, portanto, a soma da radiação direta e difusa [34, 27].

A influência que a atmosfera tem sobre a radiação solar pode ser observada na Figura 2.4.

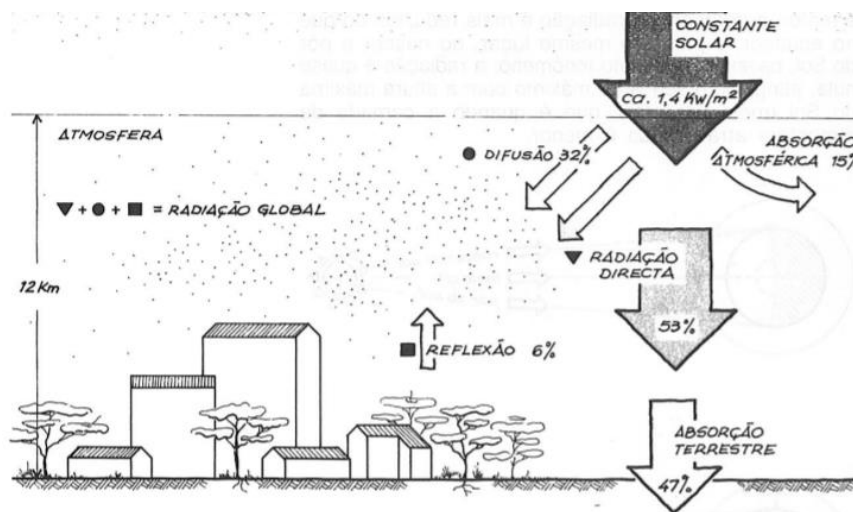


Figura 2.4 – Representação esquemática da influência da atmosfera [35]

Através da Figura 2.4 é possível observar que 32% da totalidade da radiação solar que chega à atmosfera é reenviada para o espaço por difusão e 15% são absorvidos pela atmosfera. Os restantes 53% correspondem a radiação direta, sendo que apenas 47% desta radiação é absorvida pela Terra. Salienta-se ainda que a percentagem de energia absorvida acaba por ser novamente perdida, por fenómenos de evaporação, radiação, etc., pois caso contrário a temperatura da Terra não parava de aumentar [35].

O planeta Terra realiza um movimento de translação em torno do Sol, descrevendo uma trajetória em forma de elipse, no qual demora 365,25 dias. Ao longo dessa trajetória

elíptica em torno do Sol, a distância entre os dois corpos celestes vai sendo diferente. Simultaneamente ao movimento de translação, a Terra realiza um movimento de rotação a cada 24 horas, em torno de um eixo com um grau de inclinação de $23,45^\circ$ [36].

Devido ao movimento de translação e ao grau de inclinação, a posição angular entre o sol e o eixo da Terra, medida ao meio-dia, denominada por a declinação solar (δ), irá alterar ao longo do movimento de translação [34]. A Figura 2.5 ilustra a diferença da declinação solar quando o planeta Terra se encontra em quatro posições distintas da trajetória elíptica.

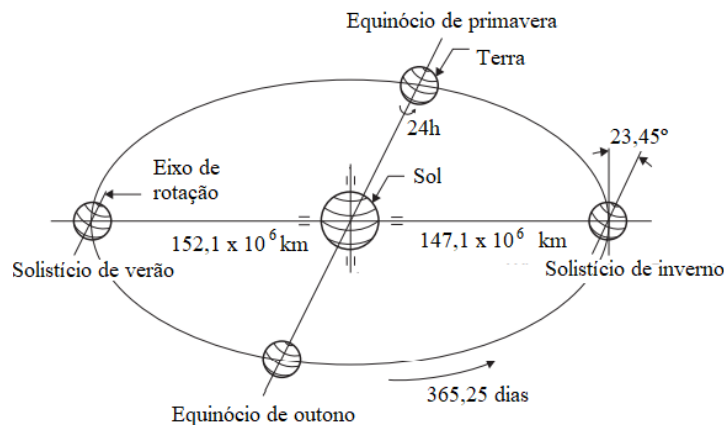


Figura 2.5 – Estações do ano vs translação da Terra (Adaptado de [36])

Através da Figura 2.5 é possível observar a relação entre as várias estações do ano e o movimento de translação do planeta em torno do sol, que iniciam nos equinócios e nos solstícios. Nos solstícios, o sol irá atingir a declinação solar máxima no hemisfério norte ($\delta = 23,45^\circ$) ou sul ($\delta = -23,45^\circ$), dando início à estação de verão ou inverno, respectivamente. Os equinócios acontecem quando o sol se apresenta alinhado com a linha do equador ($\delta = 0^\circ$). Desta forma, o ângulo de incidência na superfície terrestre irá variar ($\delta \in [-23,45^\circ; +23,45^\circ]$), variando desta forma a intensidade de radiação.

O ângulo de incidência, também designado por ângulo zênite, representa o ângulo entre o raio solar direto e uma linha normal à superfície [34]. Quando é perpendicular à superfície terrestre, a intensidade de radiação solar atinge o seu valor máximo [35].

A intensidade da radiação solar (I) corresponde à energia radiante que passa por um plano imaginário no espaço [26] e depende da estação do ano, da hora do dia, das condições atmosféricas, da latitude do lugar e do ângulo de incidência [35]. Contudo, o seu valor é difícil de medir da superfície terrestre, por causa do efeito da atmosfera. Em alternativa, utiliza-se um parâmetro designado por constante solar (G_{CS}) que define a

quantidade de energia proveniente do Sol por unidade de tempo recebida numa unidade de área de superfície da atmosfera terrestre, perpendicular à direção de propagação da radiação, para a distância média entre o Sol e a Terra fora da atmosfera. Este parâmetro apresenta um valor fixo de $G_{CS} = 1367 \text{ W/m}^2$ [34].

Na Figura 2.6 é possível observar a diferença das projeções solares entre o solstício de verão e de inverno.

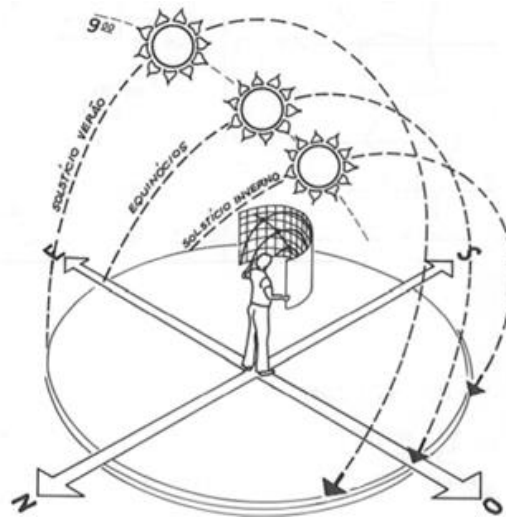


Figura 2.6 – Variação das projeções solares [35]

Através da Figura 2.6 é possível observar as diferentes projeções solares e ângulos de incidência solares ao longo do ano. No solstício de inverno, o sol apresenta um percurso com um alto ângulo de incidência (menor intensidade de radiação), sendo praticamente perpendicular às superfícies envidraçadas, possibilitando uma maior entrada de radiação solar. Por outro lado, no solstício de verão, o sol apresenta-se com um baixo ângulo de incidência, com um comportamento mais perpendicular com a superfície terrestre (maior intensidade de radiação). Como tem uma incidência mais tangencial às superfícies envidraçadas, o ganho solar será menor.

Tendo em conta o que foi explicado, a orientação do sol ao longo do ano é um fator importante a ter em conta para a definição da localização das superfícies envidraçadas num edifício, a sua dimensão e o tipo de vidro [37]. Na Tabela 2.2 é possível observar a relação entre as diversas orientações das superfícies envidraçadas num edifício e os ganhos solares.

Tabela 2.2 – Orientação das superfícies envidraçadas vs ganhos solares [37]

| Orientação | Inverno | Verão |
|------------|--|--|
| Norte | Recebe radiação difusa | Capta pouca radiação |
| Sul | Ótimas, captando a radiação solar disponível | Capta bastante radiação |
| Este | Recebe pouca radiação | Maximiza a captação de energia solar |
| Oeste | Recebe pouca radiação | Apresentam a maior captação de energia solar |

Através da Tabela 2.2 é possível observar que no inverno é benéfico ter num edifício com superfícies envidraçadas orientadas para Sul, visto que nesta estação do ano é benéfico o aproveitamento dos ganhos solares. Desta forma, deve-se evitar que as superfícies envidraçadas nesta orientação estejam sujeitas a sombreamento por objetos próximos, tais como, edifícios ou árvores de folha permanente, impedindo o aquecimento solar durante o inverno. Nesta altura do ano deve-se evitar superfícies envidraçadas com grandes áreas viradas a Norte, visto que só irá receber radiação difusa, causando a perda de calor do espaço. Já a Este e a Oeste, devido à orientação do nascer e pôr do sol, apenas irão receber radiação direta durante algumas horas, com um pequeno ângulo de incidência, sendo o seu efeito reduzido. Por outro lado, no verão, a orientação Este, Sul e Oeste terão de ter especial atenção, pois tendo em conta que nesta altura do ano o percurso do sol vai de Nordeste a Noroeste, as superfícies irão possuir um grande período de tempo com sol incidente. Comparando a orientação a Este e Oeste é necessário ter cuidado redobrado com a fachada orientada a Oeste porque, enquanto a fachada a Este estará à sombra a partir das 12 horas, a fachada a Oeste irá estar exposta à radiação durante longas horas da tarde (desde o meio-dia até ao pôr do sol), aquecendo o edifício [27, 37].

2.2.2. Desempenho térmico e lúmnico

As características de comportamento térmico e lúmnico do vidro serão aquelas que quando mal “manuseadas” em fase de projeto, tem repercussões graves durante o funcionamento normal do edifício. A diferença entre estas duas características recai sobre o tipo de comprimento de onda da radiação que incide no vidro, sendo que dentro do comprimento de onda designado como visível, denomina-se de lúmnico, enquanto no térmico, é quando o comprimento de onda está no domínio total do infravermelho e do visível, bem como numa percentagem do ultravioleta [38].

2.2.2.1. Coeficiente de transmissão luminosa

O coeficiente de transmissão luminosa representa a fração de energia radiante que incide numa superfície e é transmitida para o interior do edifício. Em locais onde existe uma forte incidência de radiação solar, também existe a necessidade de limitar a transmissão de luz. Pelo contrário, onde existe uma menor incidência de luz, torna-se mais necessário aproveitar ao máximo a luz natural disponível. Desta forma, os vidros com elevado coeficiente de transmissão luminosa têm um aspeto transparente e proporcionam uma boa iluminação natural. Portanto, são mais indicadas para locais com menor incidência de luz. Por outro lado, os vidros com baixo coeficiente de transmissão luminosa são usados em locais com forte incidência de luz, ou seja, quando se verifica a existência de problemas de encadeamento [39].

2.2.2.2. Coeficiente de transmissão térmica

Este coeficiente caracteriza a troca de calor por condução, convecção e radiação que existe entre duas superfícies de um elemento, representando o fluxo de calor que atravessa 1 m² da superfície para uma diferença de temperatura de 1 grau entre o interior e o exterior. Quanto mais pequeno for o seu valor, menor serão as perdas térmicas, ou seja, melhor será o isolamento térmico da superfície [38].

No caso de uma superfície envidraçada, este coeficiente depende do tipo de vidro, do material da caixilharia e das respetivas áreas, podendo ser calculado da seguinte forma:

$$U_w = \frac{A_f \times U_f + A_g \times U_g + L_g \times \psi}{A_f + A_g} \quad (2.6)$$

no qual,

U_w – Coeficiente global de transmissão térmica da superfície envidraçada [W/m².°C];

U_f – Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia [W/m².°C];

U_g – Coeficiente de transmissão térmica do vidro [W/m².°C];

Ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear no bordo do vidro [W/m.°C];

L_g – Perímetro do vidro visível [m];

A_f – Área da caixilharia visível [m²];

A_g – Área do vidro visível [m²].

2.2.2.3. Fator solar

Enquanto o coeficiente de transmissão térmica tem em conta os três métodos de transmissão de calor (condução, convecção e radiação), o fator solar (na literatura inglesa, *Solar Heat Gain* – SHG) apenas tem em conta as trocas por radiação solar. Da energia solar total incidente no vidro, uma percentagem é refletida, outra atravessa diretamente o vidro e outra é absorvida por ele, sendo que, uma percentagem da energia absorvida dissipa para o exterior e outra para o interior, como é possível observar na Figura 2.7 [40].

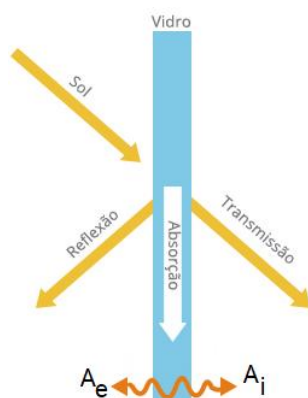


Figura 2.7 – Decomposição da radiação incidente num vidro [41]

Através da Figura 2.7 é possível observar a decomposição da radiação incidente num vidro, no qual, A_i e A_e correspondem à fração da energia absorvida que é emitida para o interior e para o exterior, respetivamente.

O fator solar define-se como o quociente entre a energia solar transmitida para o interior e a energia da radiação solar incidente (RS), tal como é possível observar na equação (2.7). A energia solar transmitida para o interior corresponde à fração da energia da radiação que é transmitida diretamente (T), mais a que é absorvida e reenviada para o interior (A_i) [42, 4].

$$SHG = \frac{T + A_i}{RS} \quad (2.7)$$

no qual,

T – Energia solar transmitida diretamente;

A_i – Fração de energia absorvida que é emitida para o interior;

RS – Radiação solar incidente, direta ou indiretamente.

O fator solar indica a fração de energia solar que atravessa o vidro e é transmitida para o interior. Desta forma, quanto mais próxima estiver do zero, menor é a quantidade de calor que atravessa o vidro [40].

2.2.3. Tipos de vidros

Tendo em conta as características a ter em conta na escolha de um vidro anteriormente apresentadas, neste sub-capítulo serão apresentadas as várias soluções aplicáveis em edifícios. Estas apresentam diferença na quantidade de painéis de vidro agrupadas, na cor e na película colocada. Deste modo, haverá diferenças no desempenho térmico e lúmnico, sendo assim possível realizar uma comparação entre elas.

2.2.3.1. Vidro simples

Os vidros simples são um tipo de configuração utilizada nas caixilharias constituída por apenas um painel de vidro, que não consegue garantir um grande isolamento térmico ao edifício [43].

Os painéis de vidro podem ser de dois tipos: incolor e colorido. A grande diferença entre ambos é na capacidade do ganho solar, mais concretamente no fator solar. A adição de cor ao vidro permite reduzir o ganho solar, tornando-se especialmente vantajoso no verão. No entanto, esta redução na admissão dos ganhos solares também reduz o ganho térmico no inverno, aumentando a necessidade de aquecimento [43].

A Figura 2.8 apresenta uma comparação de valores indicadores de transmissão de energia, com os dois tipos de vidros simples anteriormente referidos.

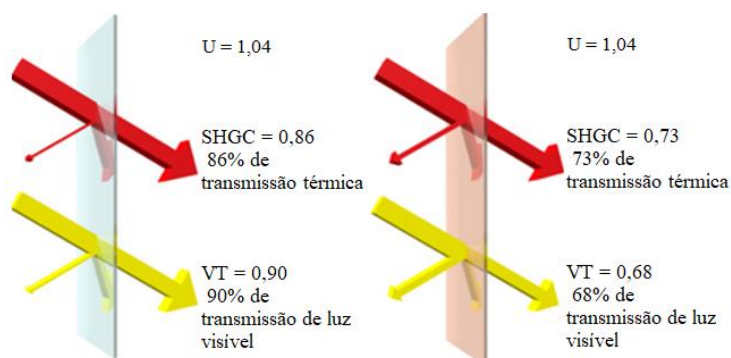


Figura 2.8 – Transferência de calor num vidro simples incolor vs colorido (Adaptado de [43])

Através da observação da Figura 2.8 é possível verificar que o vidro colorido apresenta uma diminuição de 13% na transmissão térmica em relação ao vidro incolor, e uma diminuição de 22% na transmissão de luz visível para o interior do edifício. Desta

forma, o vidro colorido poderá ser bastante benéfico para um local onde existe uma grande necessidade de arrefecimento [39].

2.2.3.2. Vidro duplo

Como referido anteriormente, os vidros simples não garantem muito isolamento térmico ao edifício. Desta forma, tornou-se prática corrente a utilização de superfícies envidraçadas constituídas por mais do que um vidro.

Um vidro duplo, tal como o nome indica, é uma configuração constituída por dois painéis de vidros, separados por uma câmara estanque com um gás, com o intuito de reduzir as perdas de calor [39].

Inicialmente, esta câmara continha apenas ar. No entanto, com o intuito de aumentar o isolamento térmico, reduzindo ainda mais as perdas de calor, este tipo de vidros passou a ser preenchido com gases menos condutivos, de modo a tornar o movimento das correntes de convecção mais lentas, reduzindo as trocas de calor por convecção através do gás. Os gases mais utilizados são o árgon e o cripton, sendo que este último apresenta um melhor desempenho térmico e um custo mais elevado face ao primeiro. Por isso, o cripton normalmente é utilizado quando o espaçamento entre vidros é mais fino. Quando se pretende obter um bom equilíbrio entre desempenho térmico e de custo, coloca-se uma mistura dos dois gases [44].

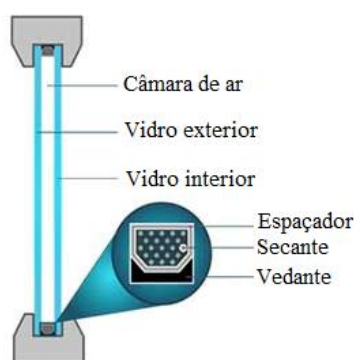


Figura 2.9 – Ilustração de uma janela com vidro duplo
(Adaptado de [45])

Neste tipo de superfícies envidraçadas são usados espaçadores metálicos, normalmente em alumínio, que têm a função de garantir a distância adequada entre os painéis de vidro. Estes espaçadores permitem acomodar tensões devidas às variações térmicas e providenciar uma barreira ao vapor de água, evitando a formação de condensações interiores que levariam ao embaciar do vidro [46].

Como acontece na configuração de vidro simples, os painéis de vidro duplo também podem ser incolores ou coloridos. No entanto, nesta configuração, apenas a camada exterior é colorida, sendo a camada interna incolor.

O vidro duplo incolor permite obter um isolamento térmico cerca de duas vezes superior ao de um vidro simples, devido à existência da câmara. Além de reduzir o fluxo de calor, esta configuração permite uma elevada transmissão de luz visível e alto ganho de radiação solar. Quando a camada exterior é colorida, existe a redução da transmissão térmica e da perda de calor, sendo que esta última propriedade é reduzida para metade.

A Figura 2.10 apresenta uma comparação com valores indicativos de transmissão de energia térmica com os 2 tipos de vidros.

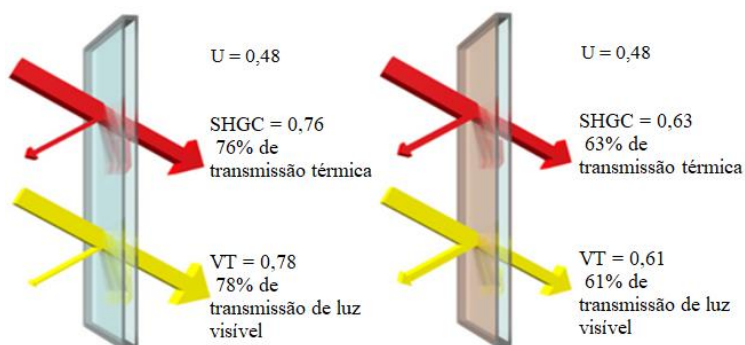


Figura 2.10 – Transferência de calor num vidro duplo incolor vs colorido (Adaptado de [43])

Através da observação da Figura 2.10 e comparando-a com a Figura 2.8, verifica-se que a configuração de vidro duplo apenas apresenta coeficientes de transmissão térmica e luminosa inferiores. Tal como aconteceu com a configuração de vidro simples, a existência de um vidro colorido pode ser benéfica no verão e desvantajosa no inverno, dependendo das condições climáticas do local onde o edifício está construído [39].

2.2.3.3. Vidro duplo de baixa emissividade

Como visto na secção 2.2.1.3, referente à radiação, a emissividade é uma propriedade física relacionada com o acabamento superficial de um material, que representa a quantidade de radiação por ele emitida. Um material com baixa emissividade possui uma maior dificuldade na transmissão de calor, mantendo a temperatura por mais tempo e provocando um menor desconforto térmico por radiação nas suas proximidades [39].

Os vidros anteriormente apresentados possuem uma alta emissividade. De modo reduzir a energia radiante por eles emitida, foram desenvolvidas películas e vidros que possuem baixa emissividade reduzindo as perdas de calor [27].

Os vidros de baixa emissividade possuem um tratamento superficial por meio de um revestimento metálico que tem a função de minimizar o ganho solar através dele, filtrando parte do espectro, enquanto permite a passagem de luz. Este tipo de vidro reflete a maior parte da radiação que aumentaria a temperatura (infravermelha), sem restringir a passagem da luz [39, 47]. Os fluxos de energia deste tipo de vidros são ilustrados na Figura 2.11.

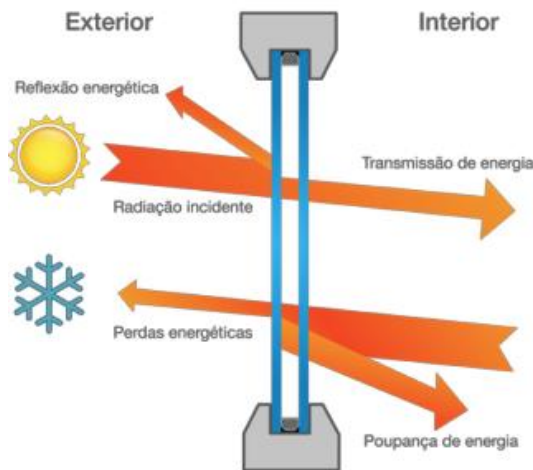


Figura 2.11 – Fluxos de energia num vidro de baixa emissividade [48]

Através da Figura 2.11 é possível observar que no verão o vidro consegue proporcionar uma reflexão energética da radiação incidente, refletindo os raios ultravioletas e os infravermelhos, reduzindo assim o transporte de calor para dentro do edifício. Por outro lado, no inverno impede que o calor saia para o exterior, conseguindo-se assim uma maior capacidade de retenção de calor no interior das habitações, sendo assim possível reduzir-se as necessidades de energia para aquecimento.

Existem 3 tipos de vidros duplos de baixa emissividade: alto, moderado e baixo ganho solar. Como pode-se observar na Figura 2.12, estes tipos de vidro são distinguidos pela capacidade de ganho solar, levando a que cada um seja adequado a um determinado clima.

| | Alto Ganho Solar | Moderado Ganho Solar | Baixo Ganho Solar |
|--|--|--|--|
| | $U = 0,26$ | $U = 0,25$ | $U = 0,24$ |
| | SHGC = 0,67 67% de transmissão térmica | SHGC = 0,42 42% de transmissão térmica | SHGC = 0,26 26% de transmissão térmica |
| | VT = 0,78 78% de transmissão da luz visível | VT = 0,72 72% de transmissão da luz visível | VT = 0,64 64% de transmissão da luz visível |

Figura 2.12 – Comparação dos vidros duplos de baixa emissividade (Adaptado de [43])

Analisando a Figura 2.12 é possível observar que este tipo de vidro apresenta valores de fator solar bastante mais reduzidos face aos dois estudados anteriormente.

O vidro de alto ganho solar é aquele que apresenta o maior valor de fator solar, ou seja, será o vidro que irá apresentar mais ganhos de calor, sendo adequado para edifícios localizados em climas em que há necessidade de aquecimento. Por outro lado, o vidro de baixo ganho solar apresenta um fator solar mais reduzido, reduzindo a entrada de calor no espaço por radiação térmica. Assim, irá permitir reduzir os ganhos de calor, sendo indicado para um local onde existe necessidade de arrefecimento.

2.2.4. Tipos de caixilharia

As superfícies envidraçadas são constituídas pelos painéis de vidros e as caixilharias, cuja função principal é sustentar o vidro. A caixilharia também deve conseguir fornecer determinadas características, tais como: estanquicidade e um bom isolamento térmico ao edifício, impedindo a entrada de o frio no inverno e o efeito de aquecimento no verão [49].

Para a escolha e dimensionamento da caixilharia, deve-se de ter em conta que esta representa cerca de 30% da área total da superfície envidraçada. Apesar de ser uma pequena percentagem, a sua contribuição para a transferência de calor poderá ser substancialmente superior, tendo em conta o tipo de caixilharia escolhida. Um dimensionamento incorreto deste componente pode tornar um ambiente escuro, ruidoso e providenciar um baixo conforto térmico [50].

As caixilharias podem ser construídas com uma ampla variedade de materiais, podendo apenas ser produzida unicamente por um material ou pela combinação de dois materiais. Dependendo dos materiais com que são construídos, os caixilhos tomam as seguintes designações mais comuns [51]:

- Caixilhos de madeira;
- Caixilho de plástico (em geral PVC);
- Caixilho metálico (alumínio), usualmente com adição de materiais isolantes para melhorar o desempenho térmico, designados por caixilhos com corte térmico.

2.2.4.1. Madeira

A madeira é um material que se encontra abundantemente na natureza e foi dos primeiros a ser utilizado no fabrico de caixilhos em edifícios de habitação. Além da sua disponibilidade, é fácil de moldar nas diversas formas para dar forma às superfícies envidraçadas [46]. Apresenta a vantagem de ser um mau condutor de calor, sendo por isso um material isolante. Atualmente a utilização deste material em caixilharias tem vindo a ser abandonada, por necessitar de bastante manutenção. É um material propenso ao aparecimento de fendas, permitindo a infiltração de ar e água no interior da habitação.

Uma forma de aumentar a durabilidade dos caixilhos de madeira passa por revestir as suas superfícies exteriores com alumínio ou PVC, sendo assim designados como caixilharias híbridas. Desta forma, com o uso de outros materiais no exterior, obtém-se uma boa resistência aos agentes agressivos do meio ambiente, aumentando a durabilidade da superfície envidraçada. Por outro lado, garante-se uma estética mais tradicional no interior das habitações e um bom isolamento térmico, devido ao uso da madeira, garantindo um carácter mais acolhedor ao edifício [46, 52].

2.2.4.2. PVC

O PVC é um plástico que se caracteriza por ter uma baixa condutividade térmica, levando a que as caixilharias com este material ajudem a minimizar a perda de calor através delas. Desta forma, as caixilharias em PVC são ótimas isoladoras, ajudando a que a casa se mantenha quente ou fria por mais tempo, diminuindo assim os gastos energéticos [53]. Por outro lado, este tipo de caixilharias apresenta bastantes dilatações térmicas, podendo causar a perda da estanquidade ou o aparecimento de fendas [54].

Este tipo de caixilharias apresenta um valor de coeficiente de transmissão térmico mais reduzido que os de alumínio, obtendo-se assim um melhor isolamento térmico [49].

2.2.4.3. Alumínio

O alumínio é um material bastante abundante no planeta, leve, resistente e de elevada condutibilidade térmica e coeficiente de dilatação térmica [55]. Apesar das caixilharias em alumínio serem bastante utilizadas, apresentam um baixo isolamento térmico e permitem fugas de calor pelas calhas onde correm as janelas ou mesmo pelas junções.

De modo a melhorar este aspeto bastante negativo para o conforto térmico no interior das habitações, foram desenvolvidas caixilharias de alumínio com corte térmico [53], que

providenciam a redução da transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício. Para garantir características mais isolantes, as caixilharias interior e exterior são interligadas por peças produzidas em materiais de baixa condutibilidade térmica [51]. Para além do aumento de isolamento, com a instalação de uma caixilharia desta natureza, pretende-se o desaparecimento do efeito de condensação. Este fenómeno acontece em regiões em que o clima é mais frio, especialmente quando a temperatura exterior é inferior ao ponto de orvalho na sua vizinhança. De modo a impedir este fenómeno, ao instalar-se uma caixilharia de corte térmico, a temperatura do vidro interior irá aumentar, eliminando o aparecimento da condensação [56]. Para além destas características, este tipo de caixilharia tem a capacidade de suportar dois painéis de vidro mais espessos e de ter uma câmara de ar superior, fazendo com que se consiga uma acentuada diminuição nos custos em climatização [53].

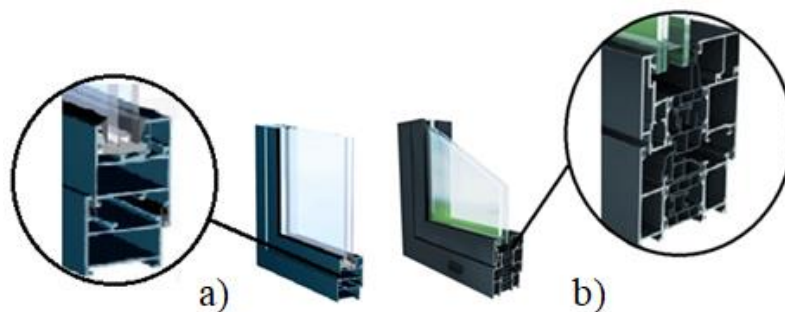


Figura 2.13 – Caixilharias de alumínio: a) sem e b) com corte térmico [57]

Na Figura 2.13 é possível observar que a diferença da estrutura dos dois tipos de caixilharia, salientando-se a presença de um material plástico no interior da caixilharia com corte térmico. Desta forma, como o plástico apresenta uma condutibilidade térmica inferior do que a do ar, a caixilharia irá ser mais isolante.

2.2.5. Dispositivos de sombreamento

A análise das secções anteriores permitiu concluir que a introdução de mais vidros (e uma câmara de ar) ou de películas de baixa emissividade podem baixar os ganhos provenientes da radiação solar, sendo uma abordagem vantajosa no verão. No entanto, no inverno os ganhos solares são desejáveis, pois aquecem passivamente o interior do edifício, ajudando a diminuir os gastos em energia. Com o objetivo de se obter um maior controlo sobre os ganhos solares através das superfícies envidraçadas, ajudando a diminuir a quantidade de calor que as atravessa, podem-se introduzir dispositivos de sombreamento.

Os dispositivos de sombreamento são elementos que têm a função de controlar a quantidade de radiação solar incidente no envidraçado, melhorando desta forma as condições térmicas e lumínicas [58]. Os dispositivos de sombreamento podem ser classificados quanto à sua respectiva localização no edifício (interior ou exterior), ao tipo de manuseamento (fixos ou móveis) e à orientação solar (verticais ou horizontais).

Os dispositivos de sombreamento colocados no interior não impedem que os raios solares intercebam o vidro. Assim, e tendo em conta que o vidro é opaco às ondas infravermelhas, a radiação emitida pelas superfícies absorventes irá permanecer no interior do espaço, aquecendo-o. Por outro lado, os dispositivos exteriores fazem com que os raios solares dispersem antes de atingir o vidro. Desta forma, os dispositivos de sombreamento interiores são menos eficazes que os exteriores [59]. Na Figura 2.14 é possível observar um exemplo de sombreamento exterior e interior.

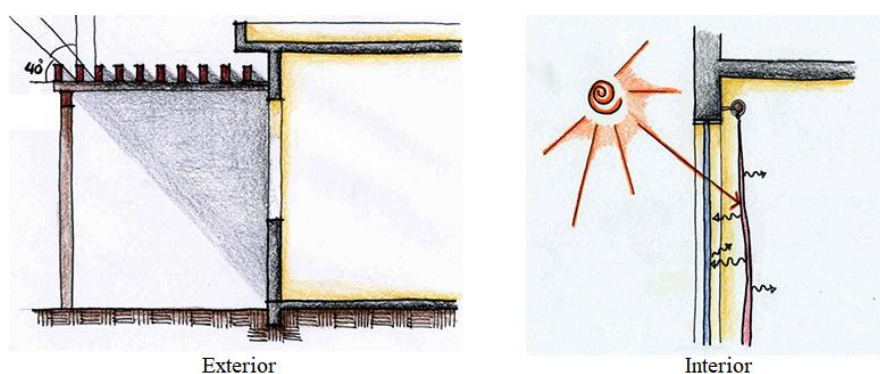


Figura 2.14 – Sombreamento exterior e interior [60]

Como já dito, os dispositivos de sombreamento podem ser fixos ou móveis. Enquanto os fixos são projetados principalmente para proporcionar sombreamento às superfícies envidraçadas, os móveis podem ser usados para controlo de ganhos térmicos e redirecionar a luz solar. Os dispositivos móveis proporcionam uma maior flexibilidade, porque podem-se ajustar manual ou automaticamente às condições ambientais e/ou às preferências dos ocupantes [61].

Tendo em conta a influência da orientação solar diária nos ganhos solares (Tabela 2.2) e da baixa inclinação que o sol apresenta, os dispositivos de sombreamento verticais são mais eficazes nas superfícies envidraçadas viradas para este e oeste, sendo que o sombreamento deverá ser maior a oeste [27]. Por outro lado, como a orientação do sol é mais elevada nos envidraçados virados para sul, a eficácia de sombreamento é melhor se possuírem um dispositivo de sombreamento horizontal [62]. Contudo, como estes dispositivos proporcionam um maior sombreamento, também limitam a entrada de luz

natural no espaço. Para colmatar este problema, os dispositivos de sombreamento horizontais podem funcionar como *light shelves*, no qual permite direcionar a luz solar direta para o teto, proporcionando um maior nível de iluminação natural através da reflexão difusa e protegendo, ao mesmo tempo, da entrada de radiação direta [59]. Através da Figura 2.15 pode-se observar estes dois sistemas no inverno e no verão.

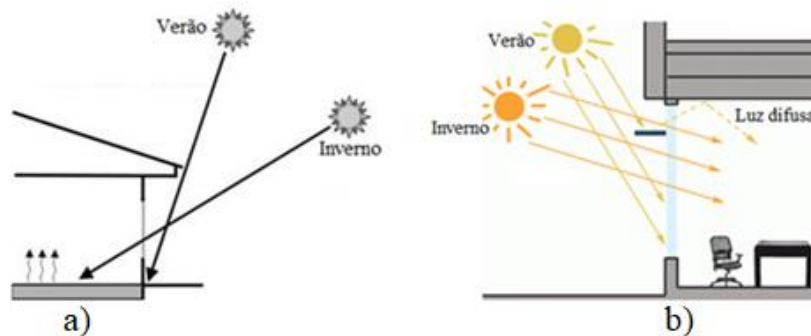


Figura 2.15 – Sistemas de sombreamento a) horizontal; b) *light shelves*
[Adaptado de: a) [63], b) [64]]

Analisando a Figura 2.15 a), observa-se as diferenças da influência de um dispositivo de sombreamento horizontal na estação de verão e de inverno. No inverno, o baixo ângulo solar permite que a radiação incida diretamente no vidro, aquecendo passivamente o interior da habitação. Por outro lado, no verão, o dispositivo de sombreamento evita que os raios solares incidam no vidro, prevenindo desta forma o aquecimento do interior do edifício. Na Figura 2.15 b) é possível observar o dispositivo a funcionar como *light shelves*. A pala horizontal encontra-se a uma altura mais baixa que o teto, permitindo que a luz solar incida nela e seja refletida para o teto no interior da habitação e, simultaneamente, evita que grande parte da radiação incida no vidro. Desta forma, obtém-se uma boa iluminação natural no interior dos espaços e reduz-se a temperatura interior.

2.3. Programas de simulação dinâmica

Neste capítulo serão apresentadas as ferramentas computacionais de simulação dinâmica para edifícios. A simulação dinâmica é entendida como “a previsão de consumos de energia correspondentes ao funcionamento de um edifício e respetivos sistemas energéticos que tome em conta a evolução de todos os parâmetros relevantes com a precisão adequada, numa base de tempo pelo menos horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência” [65]. A utilização destas ferramentas computacionais contribui para a análise da eficiência energética de um

edifício, tanto na fase de projeto, como na realização de um estudo de otimização realizado a um edifício já existente.

2.3.1. Programas de simulação

Segundo o Decreto de Lei nº 79/2006 [5], deverão ser utilizados programas de simulação térmica dinâmica acreditados pela norma ASHRAE 140-2004, tais como, TRACE 700, *EnergyPlus*, *Hourly Analysis Program (HAP)*, DOE-2.2, entre outros [66]. No presente trabalho, apenas irão ser abordados os programas *EnergyPlus* e o *Hourly Analysis Program*.

2.3.1.1. EnergyPlus

O *EnergyPlus* é um programa gratuito que permite a simulação energética de edifícios, através dos sistemas de aquecimento, arrefecimento, iluminação, ventilação e outros fluxos energéticos modelados [67]. A simulação pode considerar a geometria do edifício, os elementos da envolvente ou sistemas de climatização incorporados no edifício. Uma das grandes vantagens no estudo do desempenho térmico de edifícios com o recurso a este programa consiste na sua capacidade de simular e apresentar resultados (valores de *output*) com intervalos de tempo inferiores a uma hora definidos pelo utilizador. Algumas das principais características e recursos do *EnergyPlus* são as seguintes [68]:

- Calcular a transferência de calor entre os diferentes espaços;
- Condução de calor transitório através dos elementos do edifício tais como paredes, telhados, piso, etc;
- Controlar a posição de cortinas/estores;
- Calcular a energia solar absorvida pelas superfícies envidraçadas com e sem sombreamento;
- Calcular a quantidade de iluminação e brilho, tendo em conta o conforto visual;
- Modelos de conforto térmico baseado na atividade, temperatura interior, humidade, etc.;

- Configurar sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) que permitem aos utilizadores modelar sistemas comuns, assim como sistemas ligeiramente modificados, sem ter de recompilar o código fonte do programa.

2.3.1.2. Hourly Analysis Program (HAP)

O *Hourly Analysis Program* (HAP), também designado como Carrier HAP, é uma ferramenta computacional que auxilia engenheiros em projetos de AVAC. Este programa consiste em duas ferramentas: uma tem o propósito de estimar cargas e projetar sistemas; a outra permite simular o consumo energético do edifício e calcular os custos de energia para as 8760 horas num ano. Os resultados da análise de energia são usados para comparar o uso e os custos de energia de projetos alternativos de sistemas AVAC. Durante uma simulação, o HAP executa as seguintes tarefas [69]:

- Simula a operação hora-a-hora de todos os sistemas de aquecimento e ar condicionado no edifício, e de todos os equipamentos da central do edifício;
- Simula a operação hora-a-hora dos sistemas que não são AVAC, tais como, luzes e equipamentos;
- Utiliza os resultados das simulações de hora-a-hora para calcular o uso anual total de energia e custos;
- Gera relatórios, em formato tabela ou gráfico, de dados horários, diários, mensais e anuais.

2.3.2. Programas de modelação e parametrização

A modelação no *EnergyPlus* não é de simples utilização. Para tal, existem outras ferramentas computacionais que permitem de uma forma intuitiva a modelação geométrica e a parametrização do edifício, tal como é possível observar na Figura 2.16.

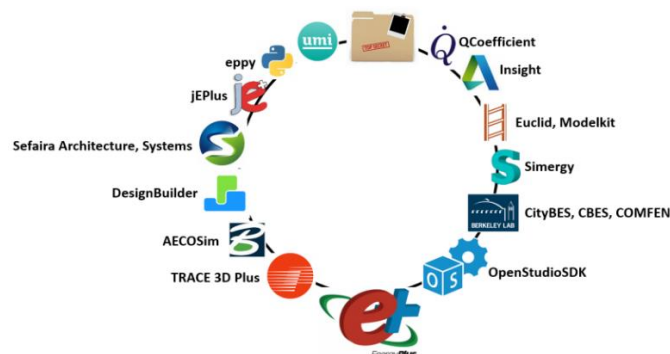


Figura 2.16 – Programas e ferramentas possíveis de utilizar o EnergyPlus [70]

Na Figura 2.16 é possível observar os diversos programas e ferramentas que utilizam o *EnergyPlus* como motor de simulação. Dentro destes destacam-se o *OpenStudio* e o *DesignBuilder*.

2.3.2.1. OpenStudio

O *OpenStudio* é uma ferramenta computacional gratuita e *open source*, de forma a facilitar o seu desenvolvimento e ampliação. A sua utilização tem como objetivo realizar modelações energéticas para edifícios, utilizando como motor de simulação os programas informáticos: *EnergyPlus* e *Radiance*². O *OpenStudio* disponibiliza 4 aplicações gráficas: *OpenStudio SketchUp Plug-in*, *OpenStudio Application*, *ResultsViewer* e o *Parametric Analysis Tool* [71].

O *OpenStudio SketchUp Plug-in* é uma extensão instalada no *SketchUp*, permitindo desenvolver mais facilmente uma geometria 3D que possa ser utilizada no *EnergyPlus*. Dentro desta, existe a opção do *OpenStudio Inspector*, no qual permite visualizar, alterar e acrescentar a informação presente no modelo. Através do clique no componente desejado, torna-se mais fácil a sua caracterização, tais como, alterar o tipo de porta e de superfície envidraçada, observar os nomes atribuídos às superfícies opacas e envidraçadas, entre outras.

O *OpenStudio Application* permite a parametrização do modelo, tais como: clima do local em estudo (por importação do ficheiro *weather*), definição das cargas internas e os seus horários, constituições das envolventes exteriores e interiores, sistemas de AVAC, entre outras funcionalidades, através de uma interface gráfica intuitiva. Permite indicar as variáveis de saída que se pretendem observar, como por exemplo, temperatura interior, ganho e perda de calor por cada superfície envidraçada, entre outros, cujos resultados serão apresentados em modo gráfico através do módulo *ResultsViewer*.

O *Parametric Analysis Tool* permite estudar o impacto da aplicação de várias combinações de medidas do *OpenStudio* em relação a um modelo base [71].

2.3.2.2. DesignBuilder

O *DesignBuilder* é um programa informático, não gratuito, que combina simulações energéticas avançadas com a rápida tecnologia de modelação existente no mercado.

² *Radiance* – programa que permite simular a luz natural no espaço.

Permite analisar diversos dados de desempenho como o consumo de energia, temperaturas máximas, dimensionamento dos sistemas AVAC, entre outros, sendo tipicamente utilizado para [72]:

- Cálculo do consumo energético do edifício;
- Simulação térmica de edifícios naturalmente ventilados;
- Cálculo para dimensionamento dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento;
- Análise da luz natural e modelação de sistemas de controlo de iluminação, calculando as poupanças na energia elétrica;
- Visualização da disposição do espaço e do sombreamento solar.

Ao contrário do *OpenStudio*, em que se torna necessário recorrer a outro programa para realizar a modelação geométrica, o *DesignBuilder* apresenta a vantagem de permitir a modelação geométrica e a parametrização num só programa. No entanto, o facto de o *OpenStudio* ser totalmente gratuito e o *DesignBuilder* não ser, torna-se uma desvantagem. Apesar disso, os parâmetros descritos nos capítulos anteriores podem ser simulados em ambos os *softwares*, tais como, o índice PPD e PMV, potência calorífica pelas superfícies envidraçadas e envolventes opacas, entre outras.

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

3. Caso de estudo

Neste capítulo serão apresentados todos os parâmetros implementados nos programas informáticos, para a correta simulação térmica e energética do caso de estudo.

3.1. Descrição do caso de estudo

Para a realização do caso de estudo, considerou-se uma moradia unifamiliar, localizada no concelho de Mafra, distrito de Lisboa. Possui dois andares, sendo que para efeitos de estudo, apenas será considerado o piso térreo, com uma área útil de 89,25 m² e um pé direito de 2,8 m. A Tabela 3.1 apresenta os espaços em estudo, bem como a área e o volume de cada um, sendo que na Figura 3.1 é apresentado a planta da moradia.

Tabela 3.1 – Espaços e respetiva área e volume

| Espaços | Área [m ²] | Volume [m ³] |
|---------------|------------------------|--------------------------|
| Casa de Banho | 4,24 | 11,87 |
| Cozinha | 18,05 | 50,54 |
| Escritório | 11,08 | 31,02 |
| Hall | 17,22 | 48,22 |
| Sala | 38,66 | 108,24 |

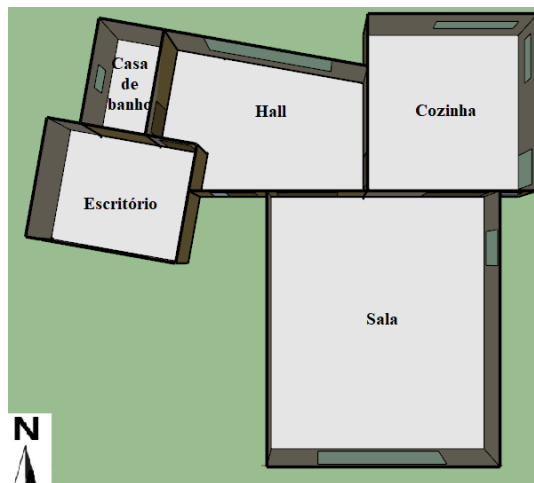


Figura 3.1 – Planta da moradia vista de cima

3.1.1. Constituição das envolventes opacas

As envolventes opacas (ex.: paredes, terraços, etc.) apresentam uma grande importância no que diz respeito às trocas de energia sob a forma de calor entre as áreas do interior e do exterior. Estas trocas são influenciadas pela resistência térmica (R) no qual é determinada pelo quociente entre a espessura e a condutividade térmica (k) de cada camada que constitui a envolvente opaca. Realizando o inverso do somatório das

resistências térmicas, é possível obter o coeficiente global de transmissão térmica (U), no qual permite caracterizar a propriedade do isolamento térmico da envolvente opaca. Para além disto, importa ainda saber a massa específica (ρ) de cada camada, que multiplicada pela espessura de cada uma, é possível obter a inércia térmica. Através desta é possível saber a capacidade que a envolvente tem em contrariar as variações de temperatura no interior. A descrição das camadas que compõem cada parede, o pavimento e a cobertura são apresentadas da Tabela 3.2 à Tabela 3.5, ordenadas do exterior para o interior. Os valores foram obtidos com recurso ao ITE50 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) [51].

Tabela 3.2 – Constituição e características dos materiais das paredes exteriores

| | Espessura [m] | k [W/m.°C] | R [m ² .°C /W] | ρ [kg/m ³] | U [W/m ² .°C] |
|---------------------------|------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Reboco | 0,015 | 1,3 | 0,012 | 2000 | 0,514 |
| Tijolo | 0,011 | 0,407 | 0,27 | 700 | |
| Caixa de ar | 0,01 | - | 0,15 | 1,23 | |
| Poliestireno Extrudido | 0,04 | 0,037 | 1,081 | 35 | |
| Tijolo | 0,011 | 0,407 | 0,27 | 700 | |
| Reboco | 0,015 | 1,3 | 0,012 | 2000 | |

Através da Tabela 3.2 é possível observar que o poliestireno extrudido é o material com a maior resistência térmica, indicando que é um material eficaz no isolamento térmico. Tal acontece devido ao facto de ser o material com maior espessura e menor condutividade térmica. O coeficiente global de transmissão térmica da parede exterior é de 0,514 W/m².°C.

Na Tabela 3.3 apresenta-se a constituição e as características dos materiais das paredes interiores.

Tabela 3.3 – Constituição e características dos materiais das paredes interiores

| | Espessura [m] | k [W/m.°C] | R [m ² .°C /W] | ρ [kg/m ³] | U [W/m ² .°C] |
|---------|------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Estuque | 0,01 | 0,57 | 0,018 | 1000 | 1,227 |
| Tijolo | 0,2 | 0,385 | 0,52 | 590 | |
| Estuque | 0,01 | 0,57 | 0,018 | 1000 | |

Analisando a Tabela 3.3 é possível observar que o tijolo é o material com maior resistência térmica dos 3 que constituem a parede interior. Comparando com a Tabela 3.2, observa-se que esta apresenta um maior valor de U, indicando assim um menor

isolamento térmico. No entanto, como trata-se das paredes interiores, não se torna num caso crítico.

Na Tabela 3.4 e Tabela 3.5 apresenta-se a constituição e as características dos materiais do pavimento da sala, hall e escritório, e da cozinha e casa de banho, respetivamente.

Tabela 3.4 – Constituição e características dos materiais do pavimento da sala, hall e escritório

| | Espessura [m] | k [W/m.°C] | R [m ² .°C /W] | ρ [kg/m ³] | U [W/m ² .°C] |
|------------------------|---------------|------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| Argamassa e Reboco | 0,02 | 1,3 | 0,015 | 1900 | 0,67 |
| Laje Maciça | 0,22 | 2,5 | 0,088 | 2400 | |
| Poliestireno Extrudido | 0,04 | 0,037 | 1,081 | 35 | |
| Betão Normal | 0,05 | 1,65 | 0,03 | 2150 | |
| Madeira | 0,015 | 0,13 | 0,115 | 330 | |

Tabela 3.5 – Constituição e características dos materiais do pavimento da cozinha e casa de banho

| | Espessura [m] | k [W/m.°C] | R [m ² .°C /W] | ρ [kg/m ³] | U [W/m ² .°C] |
|------------------------|---------------|------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| Argamassa e Reboco | 0,02 | 1,3 | 0,0154 | 1900 | 0,72 |
| Laje Maciça | 0,22 | 2,5 | 0,088 | 2400 | |
| Poliestireno Extrudido | 0,04 | 0,037 | 1,081 | 35 | |
| Betão Normal | 0,05 | 1,65 | 0,03 | 2150 | |
| Cerâmica | 0,015 | 1,3 | 0,012 | 2300 | |

Analisando a Tabela 3.4 e a Tabela 3.5, observa-se que estas diferem na camada exterior. A sala, o hall e o escritório por possuírem um pavimento de madeira (material mau condutor de calor), permite uma redução de 6,9% no U face à utilização da cerâmica na cozinha e na casa de banho. Desta forma, as trocas de calor pelo pavimento serão menores na sala, hall e escritório.

Na Tabela 3.6 apresenta-se a constituição e as características dos materiais da cobertura.

Tabela 3.6 – Constituição e características dos materiais da cobertura

| | Espessura [m] | k [W/m.°C] | R [m ² .°C /W] | ρ [kg/m ³] | U [W/m ² .°C] |
|-----------------------------|------------------|---------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Poliestireno Extrudido | 0,04 | 0,04 | 1,081 | 35 | 0,383 |
| Aço | 0,03 | 50 | 0,001 | 2400 | |
| Geotextil Poliéster | 0,001 | 0,04 | 0,026 | 30 | |
| Impermeabilização Asfáltica | 0,003 | 0,23 | 0,013 | 7800 | |
| Espuma de Polisocianurato | 0,035 | 0,04 | 0,875 | 35 | |
| Argila Expandida | 0,05 | 0,19 | 0,263 | 1200 | |
| Laje Maciça | 0,22 | 2,5 | 0,088 | 2400 | |
| Aglomerado Cortiça | 0,005 | 0,05 | 0,111 | 115 | |
| Argamassa e Reboco | 0,02 | 1,3 | 0,015 | 1900 | |

Analisando a Tabela 3.6, observa-se que a cobertura é a envolvente opaca que apresenta um menor coeficiente global de transmissão térmica, fruto de uma maior quantidade de camadas com materiais isolantes.

3.1.2. Superfícies envidraçadas no edifício

Todos os espaços contêm superfícies envidraçadas, sendo possível realizar um estudo nas diferentes orientações. A cozinha é o espaço que apresenta a maior quantidade de superfícies envidraçadas (quatro), sendo a sala o espaço que possui a de maior dimensão. Salienta-se que em todas elas, a caixilharia será de PVC com corte térmico, com um valor de 1,3 W/m². °C de coeficiente de transmissão térmica (U_f) [73], correspondentes a 30% da área da superfície envidraçada. Em todas as superfícies envidraçadas, a caixilharia terá uma distância de 2 cm do vidro, tanto do lado interior como exterior, e nenhuma terá divisórias verticais ou horizontais no vidro. Na Tabela 3.7 apresenta-se a localização e a orientação das superfícies envidraçadas, bem como as respetivas áreas.

Tabela 3.7 – Orientação e área das superfícies envidraçadas por cada espaço

| Espaço | Orientação | Área [m ²] |
|---------------|--------------|------------------------|
| Casa de Banho | Oeste | 0,81 |
| Cozinha | Norte | 2,51 |
| | Este | 1,37 |
| | Este (Porta) | 2,16 |
| | Sul | 0,68 |
| Escritório | Sul | 3,89 |
| Hall | Norte | 7,69 |
| | Sul | 0,8 |
| Sala | Este | 2,42 |
| | Sul | 8,64 |

3.1.3. Ocupação e tipo de atividade

A taxa de ocupação nos espaços ao longo do dia é importante na medida em que o número de ocupantes e o tipo de atividade realizado por cada um, pode influenciar a variação da temperatura interior. Salienta-se que apenas o hall não terá um perfil de ocupação, visto ser um local de passagem e não possui permanência de pessoas, definindo-se que no edifício habitam 2 pessoas.

Outro parâmetro a ter em conta é o tipo de atividade, que reflete a potência calorífica libertada por cada ocupante no espaço, tendo em conta o tipo de atividade que se encontra a efetuar, os valores considerados podem ser observados na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Nível de atividade em cada espaço [74]

| Espaço | Nível de atividade [W/pessoa] |
|---------------|----------------------------------|
| Casa de banho | 100 |
| Cozinha | 160 |
| Escritório | 120 |
| Hall | 150 |
| Sala | 120 |

3.1.4. Iluminação

O edifício possui sistemas de iluminação que consomem energia elétrica e produzem calor, o que influencia a carga térmica interna. Em todos os espaços, a iluminação considerada é de LED, sendo que a potência total por área, em cada espaço, pode ser observada na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Potência total de iluminação por área em cada espaço [75]

| | Potência Total [W/m ²] |
|---------------|---------------------------------------|
| Cozinha | 11 |
| Casa de Banho | 10,5 |
| Escritório | 10,5 |
| Hall | 8 |
| Sala | 10 |

3.1.5. Infiltrações

Devido à presença de frestas e portas, considera-se a existência de infiltração de ar nos espaços. Esta infiltração de ar externo não controlada nos espaços, influencia tanto a temperatura como a humidade. Assim, através da Portaria nº349-B/2013 [76], observa-se que o valor mínimo de taxa de renovação de ar nos edifícios de habitação, deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora. Para a realização deste estudo, assumiu-se um valor 0,6 renovações por hora em cada espaço.

3.1.6. Sistema de AVAC

Para o estudo da análise económica será necessário modelar dois tipos de sistemas de climatização: um piso radiante elétrico e um sistema fluído refrigerante variável (na literatura inglesa, *Variable Refrigerant Flow* - VRF).

O piso radiante elétrico será instalado na casa de banho apenas com a função de aquecimento, com uma temperatura de *set-point* de 20 °C e uma tolerância (*throttling range*) de +/- 2 °C, ou seja, a temperatura interior poderá oscilar entre os 18 °C e os 22 °C.

O sistema VRF será instalado nos restantes 4 espaços, com uma temperatura de *set-point* de 18 °C e 27 °C para aquecimento e arrefecimento, no qual a unidade terminal terá uma pressão total estática de 300 Pa. No que diz respeito à unidade exterior, este terá uma potência de 12,1 kW e 13,6 kW de arrefecimento e aquecimento, respetivamente, com um coeficiente de desempenho (na literatura inglesa, *Coefficient of Performance* – COP) e um índice de eficiência energética (na literatura inglesa, *Energy Efficiency Ratio* – EER) de 4,17 e 4,86, respetivamente.

3.2. Modelação do edifício e das cargas térmicas

Para o presente trabalho escolheu-se o *software EnergyPlus* como motor de cálculo. Este programa apresenta vantagens face ao HAP, tais como, o facto de permitir associar com outros *softwares* (de modelação geométrica e energética) e pelo tipo de cálculo que permite realizar. No que diz respeito ao cálculo, ao contrário do HAP em que apenas as variáveis exteriores variam ao longo do tempo, no *EnergyPlus*, tanto as variáveis interiores como as exteriores, variam dinamicamente ao longo do tempo. Desta forma, será possível avaliar, ao longo do tempo, a temperatura interior e exterior, a troca térmica pelas superfícies opacas e envidraçadas, entre outras.

Para a parametrização do modelo de cargas térmicas, optou-se por desenvolvê-lo no *OpenStudio*. Este modelo contém informações como as condições climáticas do local, propriedades térmicas dos elementos construtivos, perfis de iluminação e utilização, assim como um modelo 3D do edifício desenvolvido no *SketchUp*. A escolha destes recaiu pelo facto de serem programas gratuitos, o que não é o caso do *DesignBuilder*.

Desta forma, irá recorrer-se ao *SketchUp/OpenStudio/EnergyPlus* para a realização do estudo do presente trabalho. A Figura 3.2 apresenta a arquitetura de ligação entre os *softwares*, assim como os dados definidos pelo utilizador e os resultados de simulação obtidos.

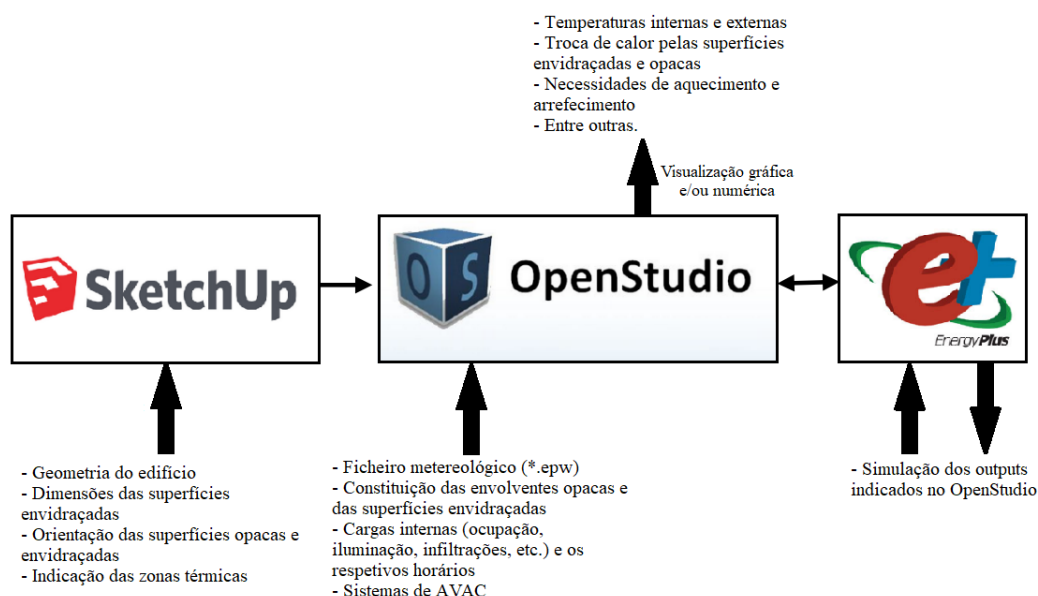


Figura 3.2 – Metodologia e parâmetros de simulação

Como é possível observar pela Figura 3.2, o modelo geométrico do edifício é desenvolvido no *SketchUp*. A interoperabilidade entre os softwares é realizada através do *OpenStudio SketchUp Plug-in*, que garante a transmissão dos dados. No *OpenStudio* é

realizada a implementação de todos os parâmetros necessários ao estudo, sendo que o *EnergyPlus* serve como ferramenta de cálculo.

3.2.1. Modelação geométrica do edifício

O modelo geométrico do edifício é desenvolvido no *SketchUp*, com recurso ao *OpenStudio SketchUp Plug-in*, no qual será possível visualizar e modelar as envolventes opacas e envidraçadas.

3.2.1.1. Orientação espacial

A modelação geométrica inicia-se pela criação dos espaços, sendo que através desta o *OpenStudio* irá interpretar as dimensões das envolventes, calculando as respetivas áreas, bem como a orientação de cada uma. A determinação da orientação dos objetos é auxiliada através de um referencial, como se observa na Figura 3.3.

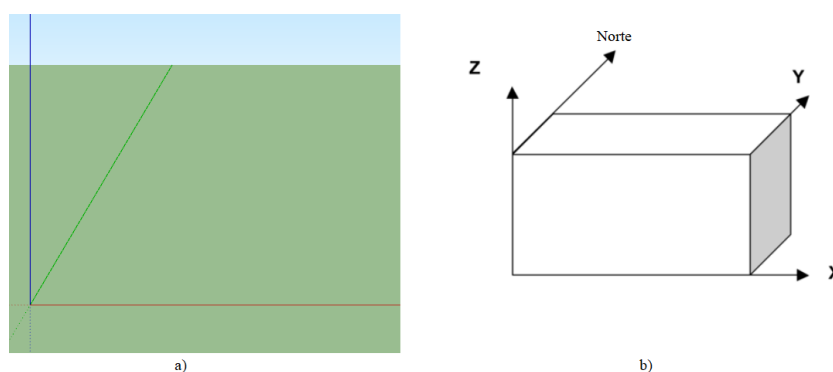


Figura 3.3 – Verificação da orientação espacial: a) *SketchUp*; b) *EnergyPlus*
(Adaptado de: b) [77])

Através da Figura 3.3 é possível observar a presença de 3 eixos no *SketchUp* e o sistema de coordenadas que o *EnergyPlus* utiliza para o cálculo do sombreamento. Tendo em conta os eixos coordenados tridimensionalmente (x, y e z) da figura b), conclui-se que a linha a verde e a vermelha na figura a) correspondem ao norte e a este, respetivamente.

3.2.1.2. Modelação das superfícies opacas

A modelação dos espaços é realizada através das ferramentas de desenho e da opção *new space* do plug-in, que permite definir a quantidade de espaços existentes no edifício. A ferramenta *push/pull* permite definir o pé direito desejado para todos os espaços seleccionados. O *software* define automaticamente os tipos de superfície por cores: cobertura (vermelho); paredes (amarelo); pavimento (cinzento), de modo a ser mais fácil a sua identificação, como é possível observar na Figura 3.4. Foram criados 5 espaços e

cada um foi definido com uma zona térmica para que o *EnergyPlus* possa considerar diferentes perfis de ocupação e temperatura, sendo possível por isso analisar as transferências de calor.

Tendo em conta que o *EnergyPlus* tem dificuldade em calcular as trocas de calor entre superfícies com mais de 4 lados, foi necessário adaptar as superfícies opacas para que a simulação seja realizada corretamente. Assim, foi necessário adicionar uma linha às superfícies com mais de 4 lados, tal é possível observar na Figura 3.4.

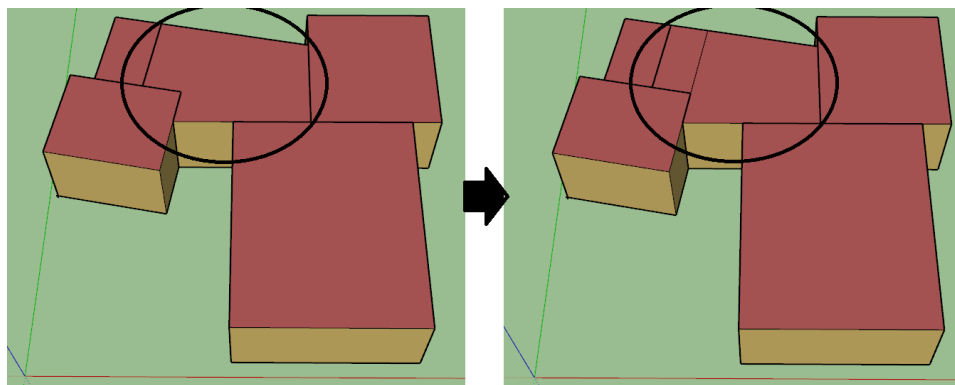


Figura 3.4 – Linha extra para tornar o hall com 4 lados (SketchUp)

Como é possível observar na Figura 3.4, devido à presença de 6 lados na cobertura do hall foi necessário desenhar uma linha extra, dividindo-a em dois polígonos quadrangulares. O mesmo aconteceu na superfície paralela a esta, caracterizada como o pavimento.

3.2.1.3. Modelação de portas e superfícies envidraçadas

A modelação das portas e das superfícies envidraçadas requer que seja selecionada a envolvente opaca desejada e desenhada de acordo com as suas dimensões. Se for desenhada no meio da envolvente, o programa assume automaticamente que se trata de uma superfície envidraçada. Caso esteja em contacto com a aresta junto ao pavimento, o *software* assume a designação de uma porta com superfície opaca. Contudo, através da opção do *OpenStudio Inspector* é possível alterar a caracterização definida para cada um dos objetos, como foi referido na secção 2.3.2. A Figura 3.5 apresenta alteração da parametrização da porta da cozinha para uma “GlassDoor”.

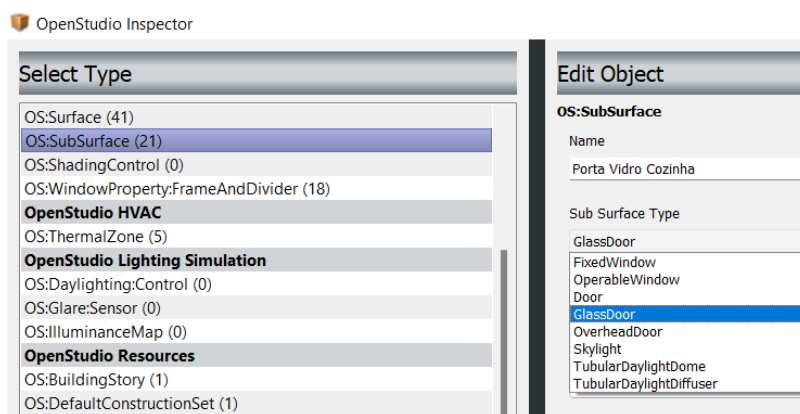


Figura 3.5 – OpenStudio Inspector alterar tipo de porta ou superfície envidraçada

O processo de modelação das portas interiores é igual ao das portas exteriores. Contudo, o programa assume que a porta apenas existe no espaço em que foi criada, ou seja, a porta não está ligada aos dois espaços. Para contornar esta limitação é necessário desenhar outra porta na parede pertencente ao espaço do outro lado e, através da funcionalidade do *OpenStudio Inspector*, indicar que é coincidente com a criada anteriormente. Desta forma, o programa irá considerar que aqueles dois espaços possuem uma porta interior em comum.

3.2.1.4. Distinção envolventes interiores e exteriores

Esta secção descreve o processo de modelação das superfícies interiores e exteriores, definindo-se quais são as que apenas delimitam os espaços no interior do edifício e as expostas às condições meteorológicas, sol e vento. Como o modelo é criado espaço a espaço, inicialmente o programa assume que todas as superfícies são exteriores e, portanto, sujeitas às condições do exterior. A definição das superfícies como paredes interiores é realizada através de uma operação denominada por *surface matching*. O *SketchUp* identifica a relação entre as superfícies e a envolvente através de cores. As superfícies que estão com contacto com o solo são identificadas a amarelo, as que estão em sujeitas às condições do ambiente exterior com a cor azul e as que isolam os espaços interiores a verde. Na Figura 3.6 é possível observar como inicialmente todas as superfícies estão definidas como exteriores e, após a operação de *surface matching*, o programa define as interiores, identificando-as com a cor verde.

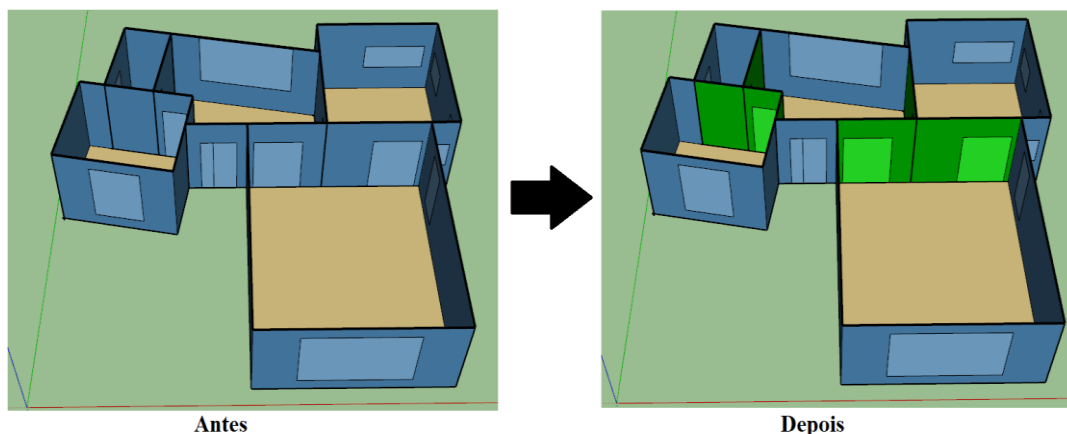


Figura 3.6 – Identificação das superfícies interiores e exteriores no SketchUp.

Além da definição do tipo de superfícies, ainda é possível personalizar no *OpenStudio Inspector* se uma superfície está somente exposta ao sol ou ao vento.

3.2.1.5. Modelação dos elementos construtivos

A modelação dos elementos construtivos é realizada com recurso à opção do *New Shading Surface Group*. O processo é idêntico ao da criação dos espaços, sendo necessário seleccionar em que vértice se pretende colocar esse elemento e desenhá-lo com as dimensões pretendidas, com recurso à ferramenta de desenho do *SketchUp*. O programa assume automaticamente que o objeto é um elemento construtivo, cuja constituição não é necessário ser definida. Devido a uma limitação do *EnergyPlus* que apenas considera superfícies com 4 lados na simulação, foi necessário corrigir os elementos construtivos com mais lados, tal como se procedeu na definição das superfícies opacas (secção 3.2.1.2). Na Figura 3.7 é possível observar a presença dos elementos construtivos de sombreamento horizontais, identificados com a cor roxa.

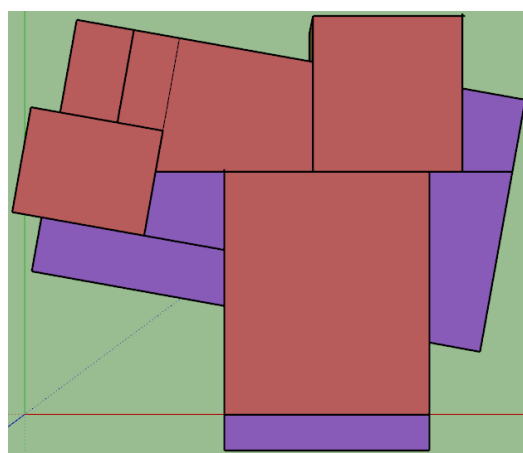


Figura 3.7 – Elementos construtivos (SketchUp)

3.2.2. Desenvolvimento do modelo energético

Esta secção apresenta a modelação da climatização, cargas térmicas e parametrização dos elementos construtivos no programa *OpenStudio*, que é realizada após o desenvolvimento da modelação tridimensional, realizada no *SketchUp*. Uma vez instalado o *OpenStudio SketchUp Plug-in*, a passagem do programa de modelação geométrica para o de modelação energética é realizada seleccionando a opção “*OpenStudio*” na respetiva barra de ferramentas.

Como referido na secção 2.3.2, o *OpenStudio* possui uma representação gráfica intuitiva, que permite uma rápida e fácil parametrização do modelo energético quando comparado com o processo realizado no *EnergyPlus*. A interface gráfica encontra-se dividida por separadores com os diferentes tipos de parâmetros, tais como, horários, construções, sistemas de AVAC, entre outros.

3.2.2.1. Localização e clima

O separador “Localização e clima” permite introduzir os dados climáticos referentes à localização do edifício. Este processo é efetuado pela importação do ficheiro *weather* (*.epw), responsável por fornecer os dados meteorológicos, bem como a latitude, longitude e altitude do local em estudo, cujos dados não podem ser alterados.

Para se realizar a simulação com sistema de AVAC será ainda necessário introduzir um ficheiro que apenas contém os dados dos dias de projeto (*Design Days*). Apesar de se ter mantido os dados do ficheiro nas simulações, estes podem ser alterados.

3.2.2.2. Modelação das envolventes opacas

Nesta secção apresenta-se a modelação das envolventes opacas. Este passo inicia-se pela parametrização de todos os materiais que as constituem, sendo necessário indicar a rugosidade, espessura, condutibilidade térmica, massa específica, calor específico e absorção térmica, solar e visível. Na Figura 3.8 é possível visualizar a interface de parametrização do material, com os dados da espessura, condutividade, massa e calor específico do aglomerado de cortiça expandido descritos na Tabela 3.6.

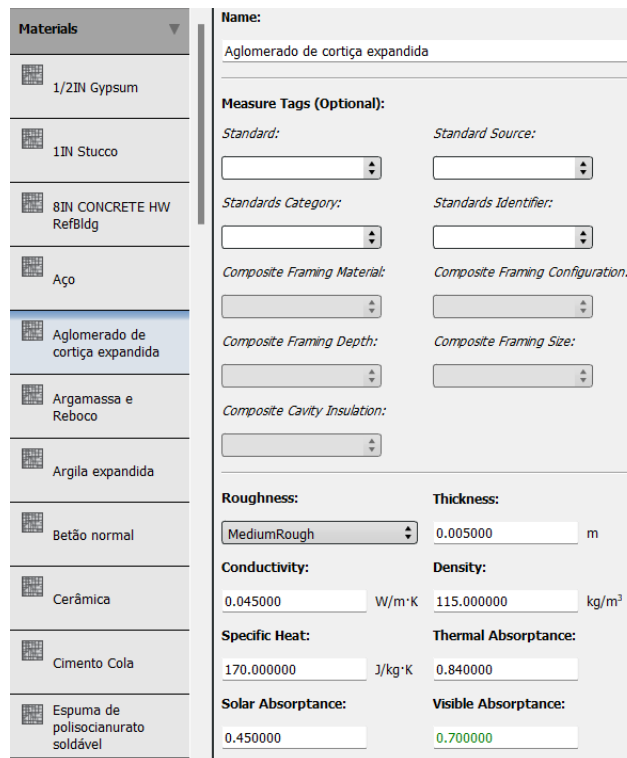


Figura 3.8 – Criação material (OpenStudio)

O parâmetro da rugosidade influencia o valor do coeficiente de convecção exterior [78] e pode ser selecionado a partir de uma lista pré-definida entre muito liso e muito rugoso. A escolha deste parâmetro para os materiais presentes na camada mais externa foi realizada com base na tabela presente no *BigLadder* [79].

Os três parâmetros da absorção são correspondentes à radiação e distinguem-se pelo tipo de onda que o material absorve. O parâmetro de absorção térmica corresponde à radiação de grande comprimento de onda, o de absorção solar corresponde à radiação solar incidente (inclui visível, infravermelha e ultravioleta) e o de absorção visível corresponde à radiação de comprimento de onda dentro da gama do visível [78]. Salienta-se que apenas foi possível encontrar os valores para a absorção térmica e solar, através do *Engineering Toolbox* [80, 81]. Para a absorção visível foi utilizado o valor pré-definido pelo programa.

Após a parametrização dos materiais, é definida a constituição da envolvente. Este processo é realizado arrastando as “caixas” correspondentes a cada material e colocando-as por ordem, do exterior para o interior. Na Figura 3.9 é possível observar uma constituição da parede dupla no *OpenStudio*.

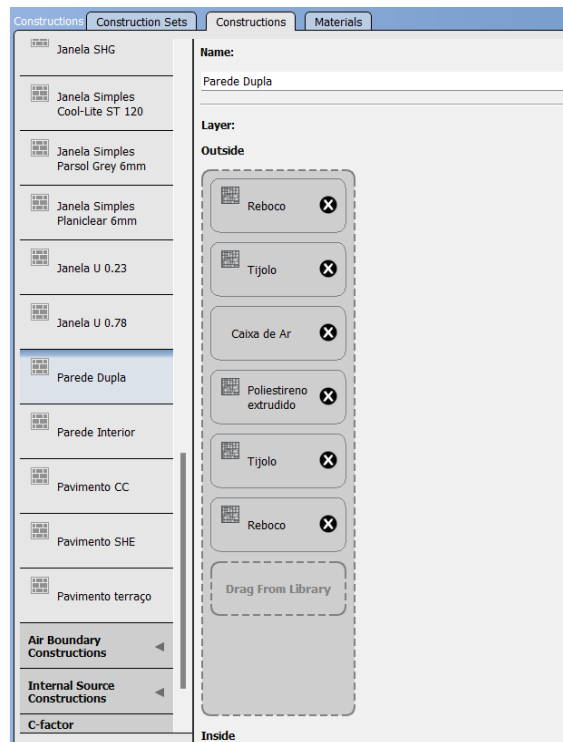


Figura 3.9 – Parametrização da constituição da envolvente opaca (OpenStudio)

3.2.2.3. Superfícies envidraçadas

A parametrização das superfícies envidraçadas é realizada no mesmo separador que a dos materiais de construção das superfícies opacas. Este processo pode ser realizado por dois métodos diferentes. O primeiro processo consiste em caracterizar a superfície envidraçada de forma global, indicando as três principais características do vidro (U, SHG e transmissão visível). Por outro lado, no segundo método são parametrizadas todas as camadas da superfície envidraçada, ou seja, se a superfície envidraçada possuir um vidro duplo, será necessário caracterizar o gás presente na câmara e os dois painéis de vidro. Neste método terá de se indicar as características da face externa e interna do vidro, como por exemplo, a transmissão e reflexão solar, características ligadas à emissividade, entre outras, bem como o tipo de gás, a sua condutividade térmica, viscosidade e calor específico, permitindo uma parametrização mais pormenorizada. No entanto, como apenas se sabe as características dos vidros do caso de estudo referentes ao primeiro método, será utilizado esse na parametrização das superfícies envidraçadas. Como esta caracterização corresponde a um material, será necessário criar uma construção com o nome da janela e colocar a superfície envidraçada criada, tal como se procedeu na construção dos elementos opacos. Na Figura 3.10 é possível observar a parametrização de um vidro duplo no *OpenStudio*.

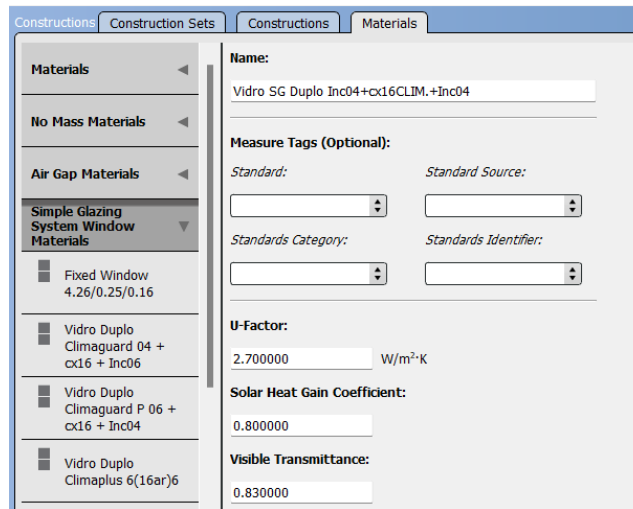


Figura 3.10 – Parametrização do vidro (OpenStudio)

3.2.2.4. Carga térmica e horários

A parametrização da carga térmica interna (ocupação, iluminação, tipo de atividade e infiltração) é definida no respetivo separador “Load”, com a definição do número de pessoas, potências de iluminação (total ou por área) e renovações de ar por hora. Estes dados são armazenados em “caixas” e, posteriormente, são associados às zonas térmicas desejadas. Na Figura 3.11 é possível observar a interface de parametrização das cargas térmicas.

| Space Name | Load Name | Multiplier | Definition | Schedule | Activity Schedule (People Only) |
|---------------|---------------------|------------|---------------|--------------------------|---------------------------------|
| Casa de Banho | People WC | 1.000000 | Ocupantes WCE | Ocupação Casa de Banho | Casa de Banho 1 |
| | Lights WC | 1.000000 | WC | Iluminação Casa de Banho | |
| | Infiltração WC | | | Always On Discrete 13 | |
| Cozinha | People Cozinha | 1.000000 | Ocupantes | Ocupação Cozinha 1 | Cozinha 1 |
| | Lights Cozinha | 1.000000 | Cozinha | Iluminação Cozinha 1 | |
| | Infiltração Cozinha | | | Always On Discrete 14 | |

Figura 3.11 – Parametrização cargas térmicas internas (OpenStudio)

Como é possível observar na Figura 3.11, o parâmetro do tipo de atividade é definido através de um horário. Tendo em conta que o programa relaciona o tipo de atividade com o número de ocupantes, serão definidos os valores apresentados na Tabela 3.8 com um perfil de 24 horas. Foi definida a ocupação e iluminação horária de cada espaço, com um perfil percentual. Para o horário da infiltração, à semelhança do tipo de atividade, este terá um perfil de 24 horas. Na Figura 3.12 é possível observar a parametrização da taxa de ocupação e iluminação da sala.

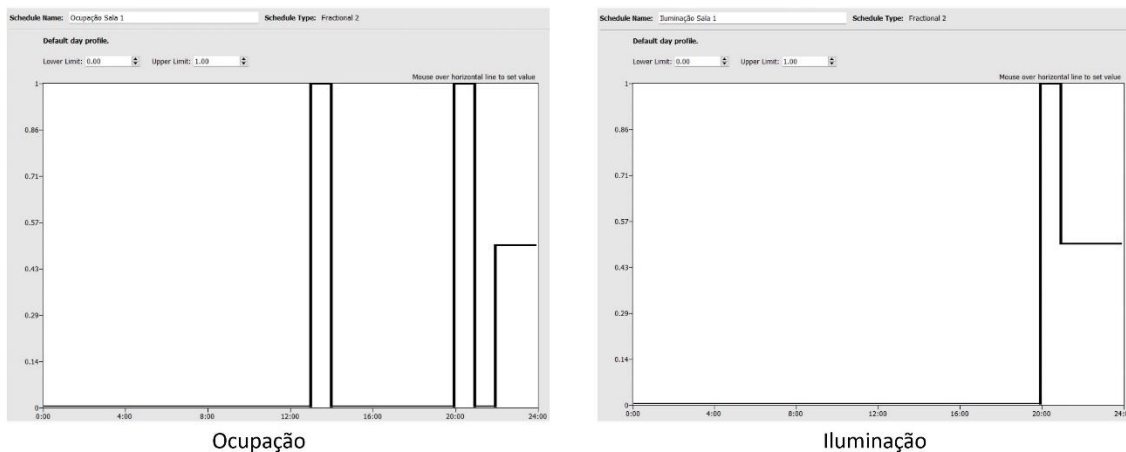


Figura 3.12 – Implementação horário ocupação e iluminação sala (OpenStudio)

Durante a simulação, o programa relaciona os perfis definidos com o número de ocupantes e potência de iluminação, calculando o valor da carga térmica que estes dois parâmetros apresentam no espaço em determinada hora.

3.2.2.5. Sistemas de AVAC

Esta secção descreve a modelação dos sistemas de AVAC, podendo ser considerados vários tipos, tais como, de água gelada (*chiller*), água quente, refrigerante, sistema VRF, entre outros. O utilizador deve criar o sistema colocando, da biblioteca disponível no programa, os componentes que deseja. Já existem modelos pré-construídos, sendo de fácil implementação, mas também existe a possibilidade de modelar um sistema novo.

De acordo com o referido na secção 3.1.6, neste estudo irá ser utilizado um sistema de piso radiante elétrico e um VRF. O sistema de piso radiante elétrico é de fácil implementação, sendo apenas necessário indicar na zona térmica a sua presença. Para o sistema VRF, este já requer ser configurado na interface apresentada na Figura 3.13.

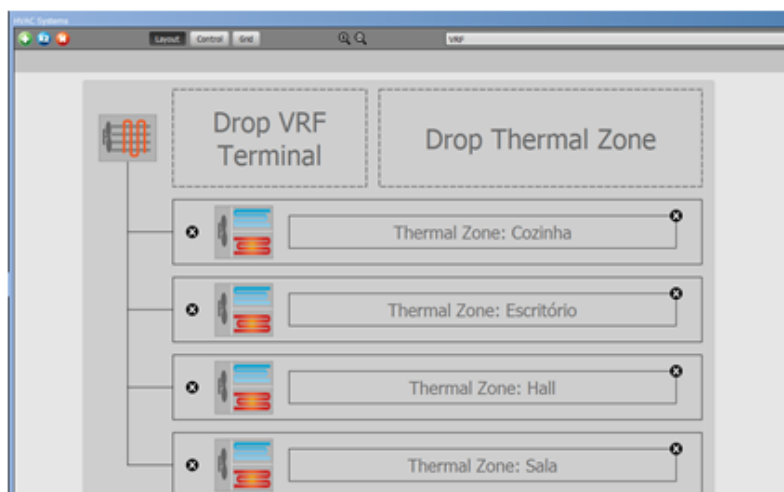


Figura 3.13 – Implementação do sistema VRF (OpenStudio)

Neste foi necessário colocar a unidade exterior, bem como todas as unidades interiores. Posteriormente, foi indicado a zona térmica onde cada unidade interior está colocada. Seleccionando cada componente individualmente foi possível alterar os parâmetros, tais como, a potência de arrefecimento e de aquecimento, COP, EER, entre outros.

3.2.2.6. Definição das variáveis a observar

Após a definição do modelo energético é possível indicar as variáveis que o *EnergyPlus* deverá devolver como resultados.

O *OpenStudio* tem algumas variáveis pré-definidas, como, ganho e perda de calor total pelas superfícies envidraçadas de cada espaço, temperatura interior e exterior, calor libertado pelas luminárias, entre outras, mas é possível obter dados de outras variáveis, recorrendo à biblioteca *online* do *OpenStudio*. Para se implementar outras variáveis selecciona-se a opção *Add Output Variable* e indica-se o nome exato da variável existente no *EnergyPlus* pretendida, no qual podem ser obtidas com recurso ao site do *BigLadder* [82]. Tendo em conta o objetivo de estudar a influência das superfícies envidraçadas no comportamento térmico do edifício, pretende-se simular a temperatura interior de cada espaço e a potência calorífica (ganho e perda) por cada superfície envidraçada. Assim, foram definidas as seguintes variáveis de saída das simulações do *EnergyPlus*:

- *Zone Air Temperature* [°C]: permite obter a temperatura de cada zona térmica;
- *Surface Window Heat Gain Rate* [W]: permite obter o ganho térmico de cada superfície envidraçada;
- *Surface Window Heat Loss Rate* [W]: permite obter a perda térmica de cada superfície envidraçada.

3.3. Metodologia das simulações

Este trabalho pretende analisar o fluxo de calor pelas superfícies envidraçadas do caso de estudo e comparar a dinâmica térmica e energética do edifício no caso destas serem substituídas por outras com diferentes características. Pretende-se estudar as diversas alternativas tendo apenas em conta o conforto térmico. Para analisar a satisfação, a temperatura terá de estar dentro ou o mais próximo possível dos parâmetros de conforto (18 °C – 27 °C), com o menor diferencial térmico. As análises serão obtidas a partir da

interpretação de várias simulações realizadas com o programa de cálculo térmico *EnergyPlus*, usando o modelo desenvolvido no *SketchUp* e *OpenStudio*, apresentado na secção 3.2.

Inicialmente será estudado o efeito que as características U e SHG dos vidros têm sobre o ganho e perda de calor de cada espaço. No decorrer do estudo as divisões da habitação são consideradas como espaços fechados, não tendo influência das cargas térmicas internas entre eles. De modo a ser possível obter valores para a estação de arrefecimento e de aquecimento, estas simulações serão realizadas para o dia 8 de agosto e para o dia 18 de janeiro, respetivamente, considerados como dias de projeto. Para a escolha destes dias, recorreu-se aos dados climatológicos referentes a Lisboa [83], a partir dos quais se observou que os meses de projeto neste local seriam agosto e janeiro. Posteriormente, com recurso ao *software OpenStudio*, simulou-se o ficheiro *weather* inserido e, para os meses escolhidos, observou-se qual era o dia com a temperatura maior ou menor, conforme a situação.

Após a seleção dos dias de projeto, será analisado o efeito da variação do coeficiente de transmissão de calor (U), mantendo constante o valor do fator solar. Este estudo irá comparar os resultados de 4 vidros com valores de coeficientes de transmissão térmica diferentes existentes no mercado. Assim, a simulação será realizada considerando dois coeficientes de transmissão térmica elevados, $U = \{5,7; 5,2\} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, e dois coeficientes de transmissão reduzida, $U = \{1,4; 1,3\} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Estas simulações serão realizadas considerando um fator solar de 0,23 e repetidas para um fator de 0,78. Desde modo, será possível analisar o efeito que o coeficiente de transmissão térmica tem perante um fator solar baixo e um elevado.

Será realizado um segundo estudo para analisar o efeito que o fator solar tem nos ganhos e perdas da superfície envidraçada e a sua consequência na variação da temperatura do espaço interior. Neste estudo serão realizadas simulações considerando diferentes valores de fator solar, $\text{SHG} = \{0,61; 0,47; 0,35; 0,23\}$, mantendo o mesmo valor de coeficiente de transmissão térmica de $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tendo em conta que o edifício em estudo tem palas horizontais e uma vertical em algumas superfícies envidraçadas, posteriormente, será estudado o efeito que estes elementos construtivos têm no comportamento dos vidros ao longo das 24 horas dos dias de projeto.

Será realizada uma comparação dos resultados obtidos pelo *EnergyPlus* com outro programa amplamente utilizado no mercado, o *software* Carrier HAP. Pretende-se estudar se a utilização de diferentes programas pode afetar a análise energética ao edifício (por exemplo através do valor obtido nas cargas térmicas).

Por fim, será realizada uma simulação considerando diferentes soluções de superfícies envidraçadas. Serão estudadas 3 superfícies envidraçadas existentes no mercado, considerando a implementação de soluções de vidros diferentes. Esta análise permitirá comparar os ganhos e perdas energéticas existentes com diferentes soluções e permitirá realizar uma análise económica comparativa das diferentes soluções, tendo em conta o preço dos vidros e a energia consumida por um sistema de AVAC. Este estudo permite determinar os gastos energéticos necessários para obter as condições de conforto estabelecidas no interior, tanto na estação de aquecimento como de arrefecimento, considerando a implementação das diferentes soluções.

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

4. Simulação do fluxo de calor transferido nas superfícies envidraçadas

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações realizadas no *EnergyPlus*, tendo em conta o método de estudo descrito na secção 3.3. Nos diversos estudos realizados, é analisada a temperatura interior em cada espaço, em °C, e o fluxo de calor transferido pelas superfícies envidraçadas, em W/m². Enquanto a temperatura, é obtida diretamente a partir das variáveis *Zone Air Temperature* do *EnergyPlus*, o fluxo de calor é obtido através da equação (4.1), tendo em conta os dados das variáveis *Surface Window Heat Gain/Loss Rate*:

$$\text{Fluxo de calor} = \text{Ganho} - \text{Perda} \quad (4.1)$$

Os estudos realizados permitem analisar o fluxo de calor em superfícies envidraçadas colocadas em diversas orientações do edifício. Tendo em conta a planta apresentada na Figura 3.1, é analisada a superfície envidraçada orientada a Norte e Este, ambas localizadas na cozinha, a da sala com orientação a Sul e a da casa de banho orientada a Oeste. Para além destas 4 superfícies envidraçadas é ainda estudada a superfície envidraçada do hall, com uma orientação Nor-Nordeste, por ser de grande dimensão e possuir pouca radiação solar incidente, tornando-se um caso interessante de estudar. Em todos os estudos pretende-se comparar o comportamento da superfície envidraçada já instalada com as possíveis soluções para o melhoramento térmico do edifício ($U = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $\text{SHG} = 0,78$).

4.1.Efeito do coeficiente de transmissão de calor

Nesta secção serão apresentados os resultados das simulações realizadas no *EnergyPlus*, considerando superfícies envidraçadas com diferentes coeficientes de transmissão térmica. Como abordado na secção (2.2.2.2), este coeficiente engloba o vidro e a caixilharia, sendo inversamente proporcional ao isolamento, ou seja, quanto menor forem os coeficientes de transmissão térmica, maior será o isolamento da superfície envidraçada.

De modo a analisar o efeito da variação do coeficiente de transmissão de calor (U), foi realizada uma simulação do comportamento do vidro do edifício do caso de estudo com $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e fator solar de 0,78. A simulação foi repetida considerando outros

4 vidros existentes no mercado com o mesmo fator solar, de modo a se poder comparar 2 soluções com coeficiente de transmissão de calor elevado, $U = \{5,7; 5,2\} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, e outras 2 com valores reduzidos, $U = \{1,4; 1,3\} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Estas simulações foram realizadas para um fator de 0,23 e 0,78, de modo a analisar o efeito que o coeficiente de transmissão térmica tem perante um fator solar baixo e um elevado. Todas as simulações foram realizadas para o dia de projeto do sistema de aquecimento (18 de janeiro) e de arrefecimento (8 de agosto), por serem os dias que em existem maiores perdas e ganhos energéticos, respetivamente.

A Figura 4.1 apresenta o fluxo de calor que é transmitido pela superfície envidraçada orientada a norte, ao longo das 24 horas dos dias de projeto, considerando as diferentes características de vidro (U e SHG) em análise.

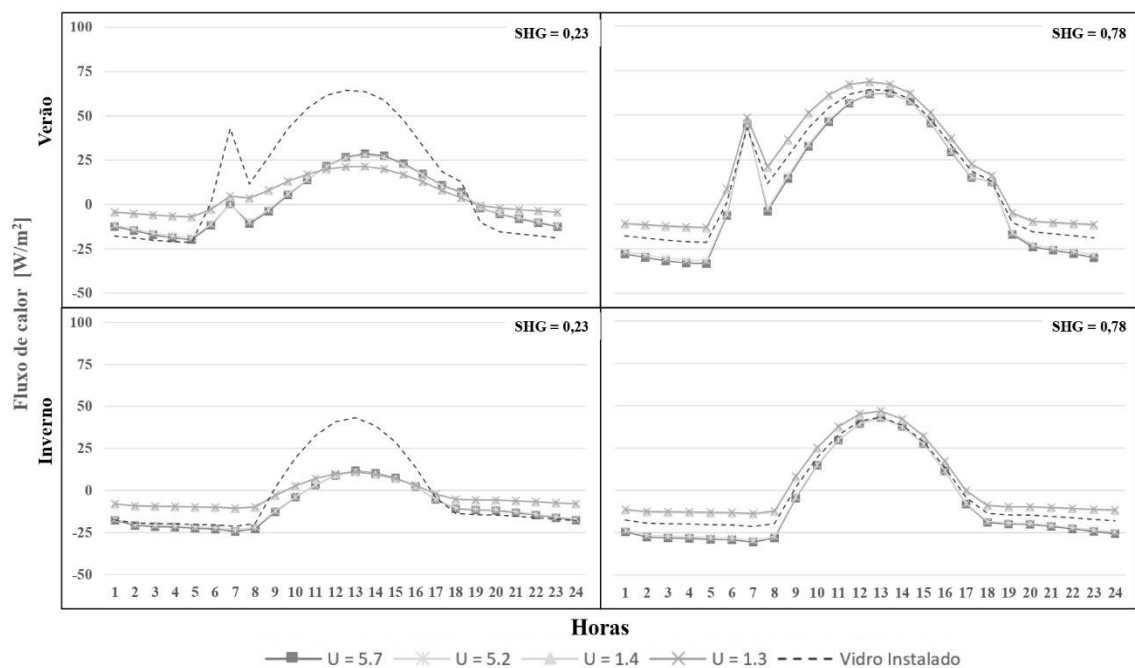


Figura 4.1 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Norte

Analisando os resultados apresentados da Figura 4.1, verifica-se que, no verão, quanto menor for o valor do coeficiente de transmissão térmica, maior é o ganho de calor no período da manhã (até às 12h) e menor no período da tarde (entre as 12h e as 20h). Por outro lado, os resultados das simulações dos vidros com um fator solar alto, $SHG=0,78$, permitem verificar que, quanto mais baixo for o coeficiente de transmissão térmica, maiores são os ganhos térmicos acumulados ao longo do dia. Como as superfícies envidraçadas orientadas a Norte não recebem radiação solar direta, as trocas de calor ocorrem maioritariamente por condução e convecção. Apesar do aumento da temperatura exterior no período da tarde, o facto do vidro possuir um U baixo, as trocas de calor são

dificultadas, permitindo que exista uma redução de 25% do ganho de calor face ao U mais alto. No caso das superfícies envidraçadas com um fator solar elevado, verifica-se que, devido a uma maior absorção da radiação difusa, ocorre um aumento do ganho de calor.

Na estação do inverno torna-se vantajoso possuir um vidro com um coeficiente de transmissão térmica baixo e um fator solar elevado. Apesar das perdas serem ligeiramente superiores (aproximadamente 3 W/m^2), permite um ganho de calor de aproximadamente 35 W/m^2 superior, reduzindo as necessidades de aquecimento.

Comparando o vidro já instalado (linha a tracejado) com os que possuem baixo fator solar, observa-se que no verão é possível obter uma diminuição de, pelo menos, 55% na hora de maior ganho de calor. No entanto, no inverno, o menor fator solar implica que exista uma diminuição de 73% dos ganhos na substituição do vidro instalado por um dos outros estudados, tornando-se inconveniente no consumo energético para aquecimento. Como os vidros com alto fator solar possuem o mesmo SHG que o vidro instalado, a redução do coeficiente de transmissão térmica apenas permite que o ganho máximo aumente 6% e 8%, aproximadamente, no verão e no inverno, respetivamente.

A Figura 4.2 apresenta os resultados para a superfície envidraçada orientada a Nor-Nordeste.

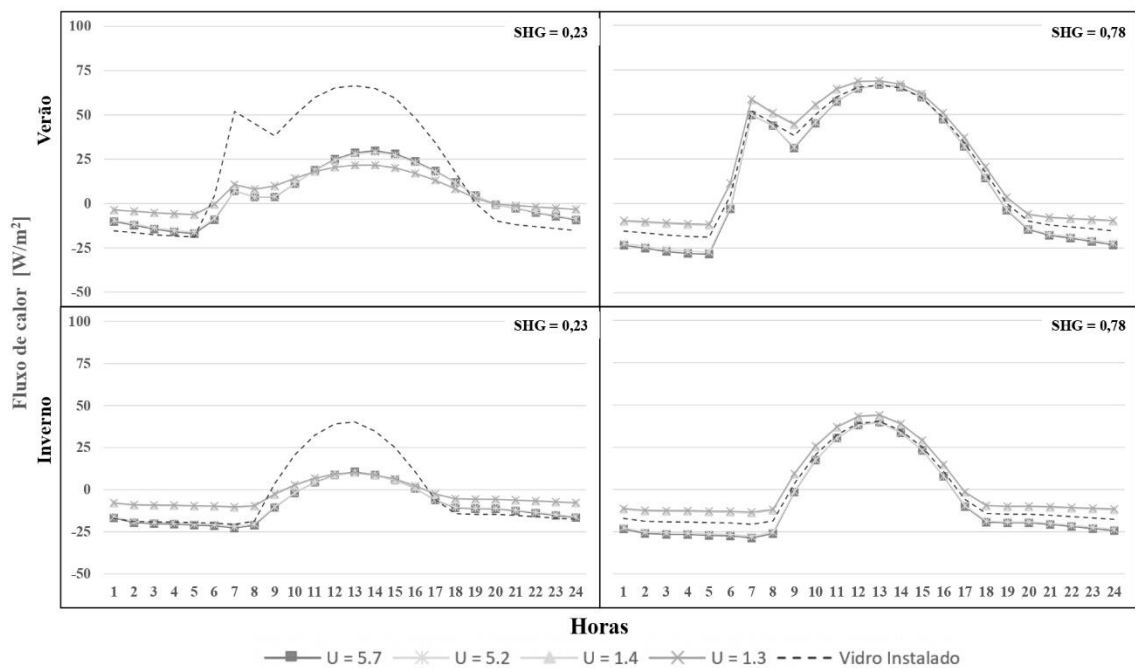


Figura 4.2 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Nor-Nordeste

Analisando os resultados da Figura 4.2, que considera a superfície envidraçada com a orientação Nor-Nordeste, observa-se que o comportamento é semelhante ao relatado

anteriormente na orientação Norte. No entanto, como a superfície envidraçada está ligeiramente mais orientada para o lado Este, permite que exista um período com um pouco mais de radiação solar incidente no verão, no período da manhã. Dando como exemplo, às 8h, uma superfície envidraçada orientada a Nor-Nordeste tem um ganho de $4,4 \text{ W/m}^2$ superior face à orientação Norte.

Enquanto a cozinha tem superfícies envidraçadas nas orientações Norte, Este e Sul, o hall tem uma orientada a Nor-Nordeste de grandes dimensões, como apresentado na Tabela 3.7. A Figura 4.3 apresenta o comportamento da temperatura do hall com os mesmos valores de U e de SHG em estudo.

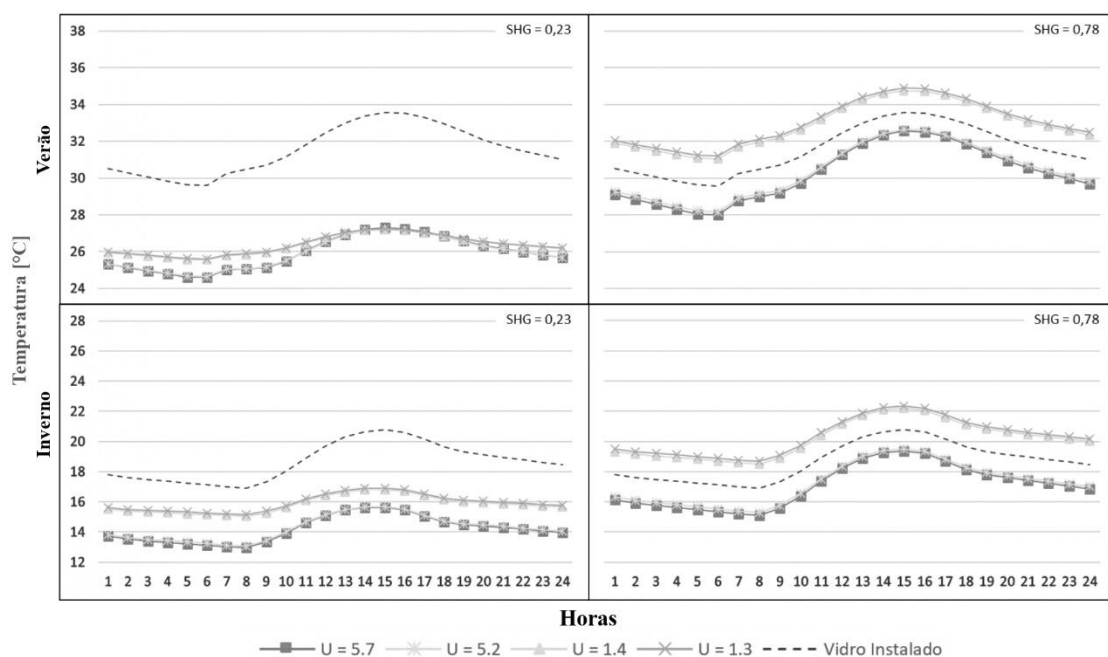


Figura 4.3 – Efeito U na temperatura interior do hall

Analisando a Figura 4.3 observa-se que, à exceção dos vidros com baixo SHG no verão, quanto mais baixo for o coeficiente de transmissão térmica, maior é a temperatura no espaço. A capacidade de isolamento do menor U origina uma temperatura maior face ao U mais alto. Esta característica irá permitir uma temperatura diária com um menor diferencial térmico ao longo do dia, nos vidros com um baixo fator solar, tornando-se uma vantagem para o conforto térmico. No entanto, com o aumento do fator solar, a absorção da radiação térmica irá ser maior, causando um aumento de 30%, aproximadamente, no diferencial térmico.

Observa-se ainda que existe um menor ganho térmico nos vidros com um baixo fator solar. Esta redução torna-se uma vantagem no verão, proporcionando temperaturas dentro dos parâmetros de conforto, entre os $24 \text{ }^\circ\text{C}$ e os $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Apesar de no inverno não ser

possível obter uma temperatura acima dos parâmetros mínimos de conforto ($18\text{ }^{\circ}\text{C}$), nas orientações Norte e Nor-Nordeste torna-se mais vantajoso ter vidros com um coeficiente de transmissão térmica de $1,3\text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ e fator solar de $0,23$. Comparando com o vidro já instalado (linha a tracejado), que possui um U e SHG mais alto, no inverno obtêm-se uma diminuição na temperatura mínima de 10% . Por outro lado, no verão, obtêm-se uma diminuição aproximada de 19% na temperatura máxima obtida. Assim, apesar desta solução conduzir a uma temperatura inferior no espaço no inverno, a redução da temperatura no verão torna-se uma vantagem, permitindo valores dentro dos parâmetros de conforto.

Na Figura 4.4, Figura 4.5 e Figura 4.6 é possível observar o fluxo de calor que é transmitido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Este, Sul e Oeste, respetivamente. Observa-se que em todas elas, independentemente do fator solar, o ganho é maior quanto maior for o coeficiente de transmissão térmica, devido à maior facilidade em trocar calor. No entanto, estas orientações diferem na hora e no valor em que se obtém o ganho máximo.

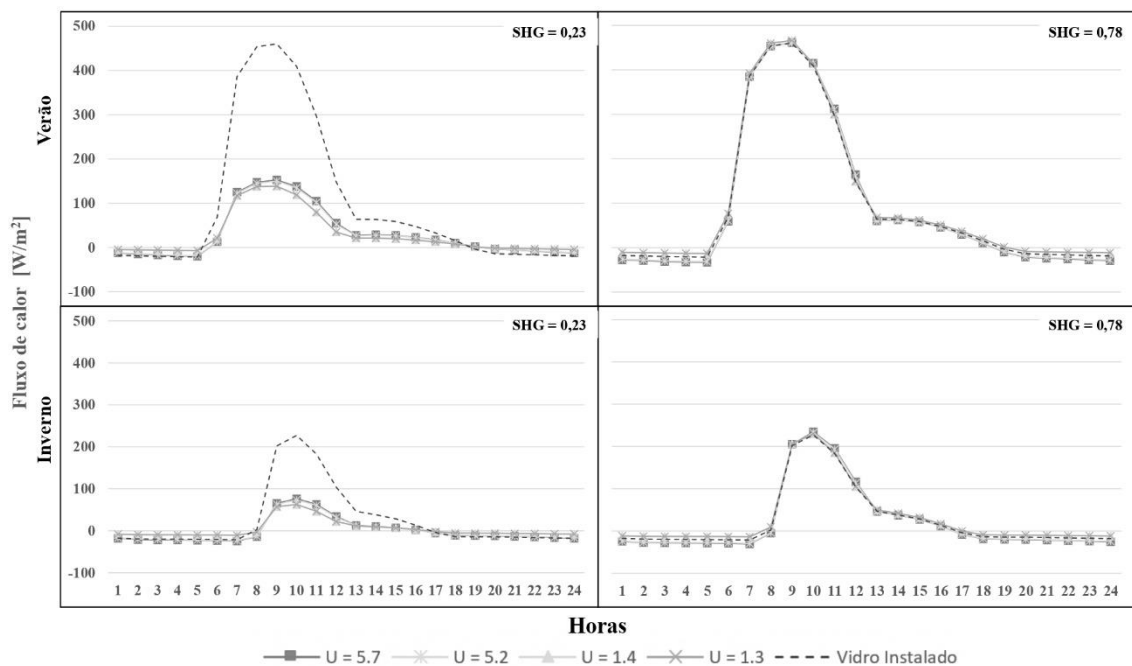


Figura 4.4 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Este

Através da análise da Figura 4.4, observa-se que no verão, numa superfície envidraçada a Este, o pico do fluxo de calor ocorre às 9h, com um aumento repentino nas primeiras horas do dia. Como nesta orientação ocorre o nascer do sol, a superfície envidraçada possui desde cedo radiação solar direta, originando um aumento da temperatura do lado exterior da superfície envidraçada. Desta forma, quanto mais baixo

for o U, menor é o ganho de calor. Com o aumento do fator solar, a absorção da radiação aumenta, tornando-se predominante no ganho de calor. Por exemplo, um vidro com um SHG e um U baixo permite uma diminuição de 9% do ganho de calor máximo face a um U alto, para o mesmo SHG, tornando-se benéfico.

Nesta orientação, as superfícies envidraçadas recebem pouca radiação no inverno, fazendo com que a transferência de calor por condução e convecção se tornem predominantes. Assim, será benéfico um vidro que impeça a perda de calor para o exterior. Observando o caso do baixo fator solar, quando os vidros tem um U mais baixo, apesar de permitirem 18% menos ganho de calor do que os que têm um U mais alto, permitem uma diminuição de 57% na perda de calor máxima. Com o aumento do fator solar, como esperado, o ganho de calor aumenta, tornando-se benéfico nesta época do ano.

Comparando o caso da combinação de um menor SHG e um U baixo, com o vidro instalado (linha a tracejado), observa-se que existe uma diminuição do fluxo de calor de 70% no verão e de 72% no inverno. A grande diminuição no inverno é justificada pelo menor SHG, que permite uma menor absorção de radiação térmica no espaço. Contudo, se analisarmos as perdas, observa-se que um U menor permite uma diminuição de 49% do valor máximo, tornando-se benéfico.

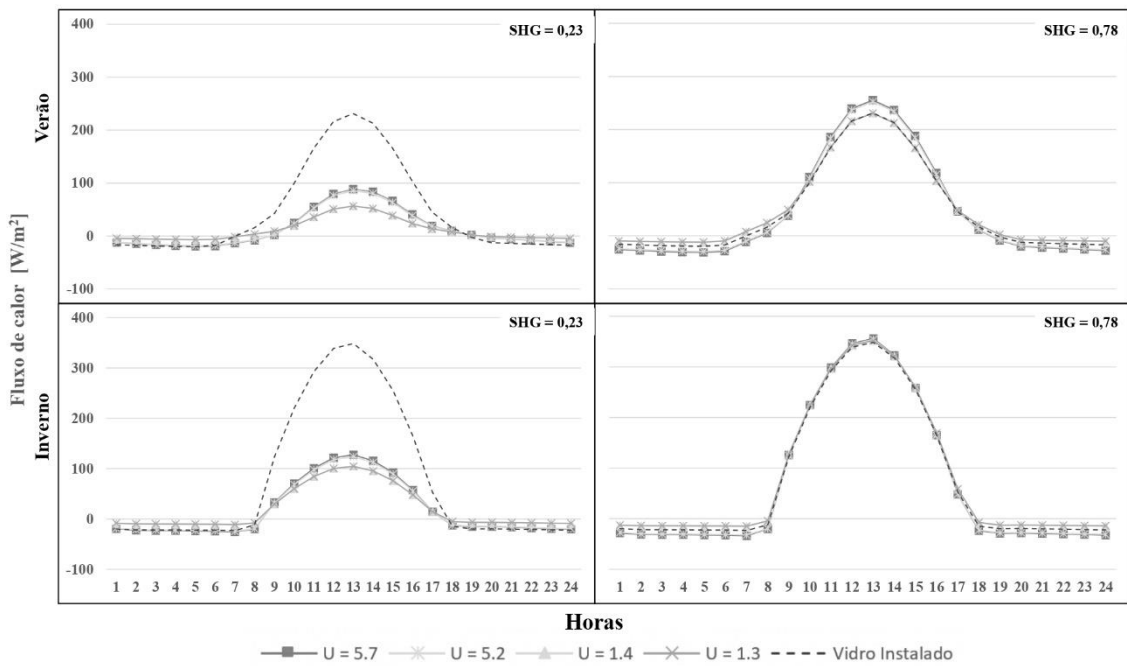


Figura 4.5 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Sul

Analisando a Figura 4.5, observa-se que o fluxo de calor apresenta um aumento gradual, registando o valor máximo às 13h. Na fase inicial em que apenas existe radiação

difusa nesta orientação, os fenómenos de condução e convecção tornam-se predominantes. À medida que a radiação solar incide diretamente no envidraçado, a temperatura no lado exterior da superfície envidraçada aumenta. Desta forma, o ganho de calor é menor quanto mais baixo for o U. Dando como exemplo, às 13h para um baixo SHG, existe uma diminuição de 36% do ganho de calor entre o vidro com o U mais alto e o mais baixo. Com o aumento do SHG, a absorção da radiação torna-se predominante face à condução e à convecção, causando um aumento de 188% no ganho de calor, tornando-se inconveniente nesta época de arrefecimento.

No inverno, independentemente do fator solar, o ganho é maior do que no verão. Tal como visto na secção 2.2.1.3.1, no inverno, o sol apresenta um ângulo de incidência mais alto. Por consequência, a incidência solar nas superfícies envidraçadas é mais perpendicular, aumentando os ganhos por radiação. Dando como exemplo, às 13h com um $U = 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ e $\text{SHG} = 0,23$, existe um aumento de 85% dos ganhos no inverno face ao verão, tornando-se benéfico.

Comparando com o vidro instalado ($U = 2,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ e $\text{SHG} = 0,78$), observa-se que a diminuição do SHG e do U, torna-se benéfico no verão, mas inconveniente no inverno. No entanto, enquanto no verão existe uma diminuição de 76% do ganho de calor máximo, no inverno existe uma diminuição de 70%. Quando analisado as perdas no inverno, estas apresentam uma redução 53% do seu valor máximo, tornando-se benéfico.

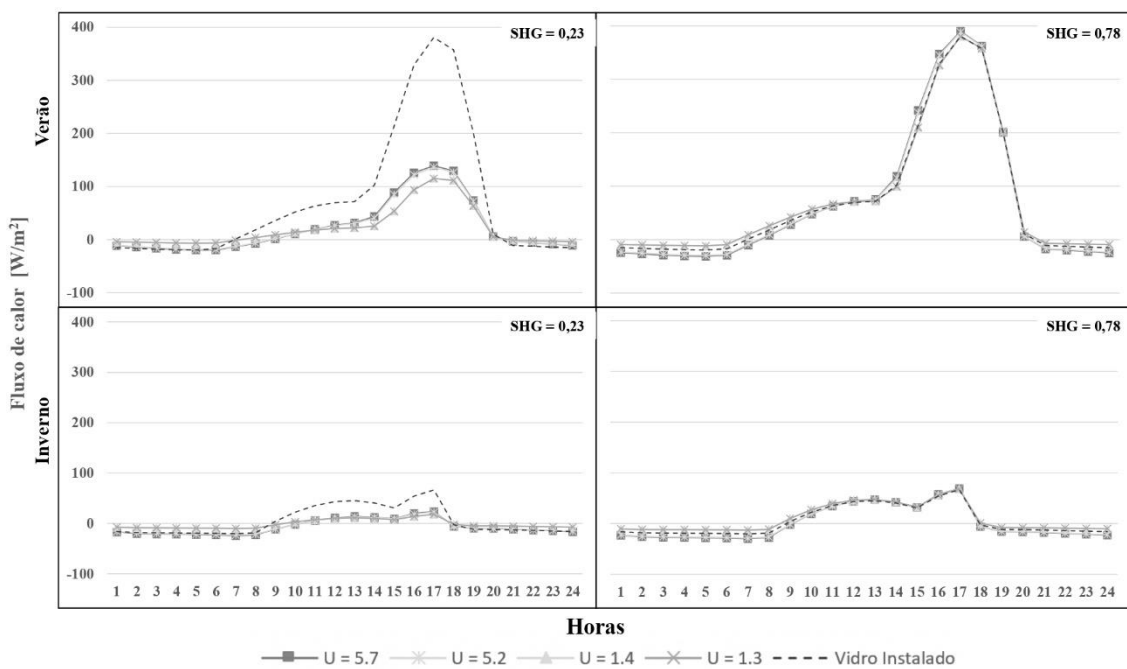


Figura 4.6 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Oeste

Através da Figura 4.6, observa-se um comportamento inverso ao observado na Figura 4.4. Se na orientação Este, a radiação torna-se predominante no período da manhã e a condução e convecção no período da tarde, na orientação Oeste ocorre o oposto. Como nesta orientação apenas possui radiação solar direta no período da tarde, a radiação apenas torna-se predominante no fluxo de calor neste período. No entanto, à semelhança da orientação Este, no inverno, a superfície envidraçada orientada a Oeste apenas possui radiação solar num curto espaço de tempo, impedindo um maior aumento do fluxo do calor. Importa salientar que, a superfície envidraçada estudada nesta orientação é de pequenas dimensões e encontra-se junto a uma esquina do edifício, virada a Norte. Como no inverno, o pôr do sol ocorre próximo da orientação Sudoeste, a incidência solar na superfície envidraçada é dificultada, diminuindo o fluxo de calor. Dando como exemplo, às 16h com um U e SHG baixo, existe uma diminuição de 85% do ganho de calor, tornando-se inconveniente.

Comparando com o vidro instalado, o baixo U e SHG permite uma diminuição no ganho de calor de 70% no verão e 73% no inverno. No entanto, no que diz respeito às perdas, existe uma diminuição de 51% no ganho máximo, permitindo uma temperatura com um diferencial térmico menor durante o dia.

Na Figura 4.7 é possível observar a temperatura da sala no dia de projeto de verão e inverno. Este espaço tem uma superfície envidraçada orientada a Sul e a Este (Tabela 3.7).

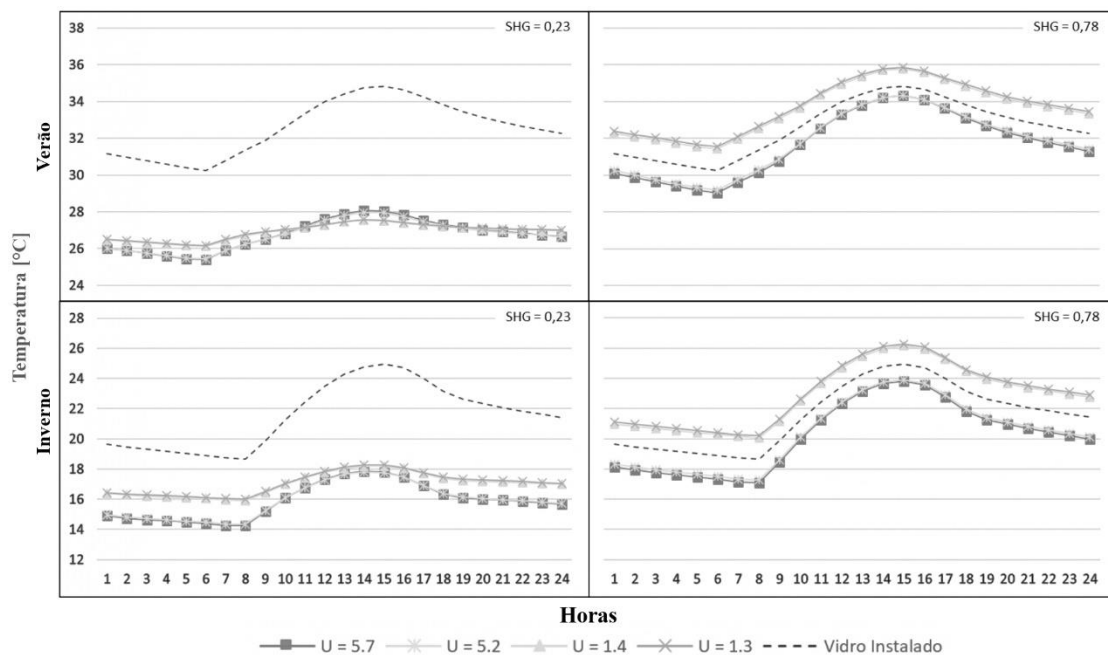


Figura 4.7 – Efeito U na temperatura interior da sala

Analisando a Figura 4.7 é possível observar que a temperatura apresenta um menor diferencial térmico ao longo do dia quando o U e o SHG são menores, devido ao maior isolamento e menor capacidade de ganho de calor. Além disto, observa-se que as temperaturas máximas são obtidas entre as 14h e as 15h. Tal acontece porque a superfície envidraçada com maior área está orientada a Sul, permitindo um aumento do ganho de calor por radiação solar e, conseqüentemente, da temperatura. Salienta-se ainda que este espaço é o que tem a maior superfície envidraçada orientada a Sul.

Analisando o vidro instalado ($U = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $\text{SHG} = 0,78$) e comparando com o caso de menor U e SHG, verifica-se que o vidro instalado permite uma temperatura no inverno próxima dos parâmetros de conforto. No entanto, no verão torna-se bastante inconveniente, obtendo-se temperaturas acima do limite de conforto (27°C). A sua menor capacidade de isolamento origina um diferencial térmico 5 vezes superior no verão e 3 vezes no inverno.

Na Figura 4.8 é possível observar a temperatura do escritório no dia de projeto de verão e inverno. Como apresentado na Tabela 3.7, este espaço apenas tem presente uma superfície envidraçada orientada a Sul. Sendo um espaço com grandes períodos de radiação solar incidente, deve-se evitar o aproveitamento excessivo da radiação solar no verão, mas aproveitá-lo ao máximo no inverno.

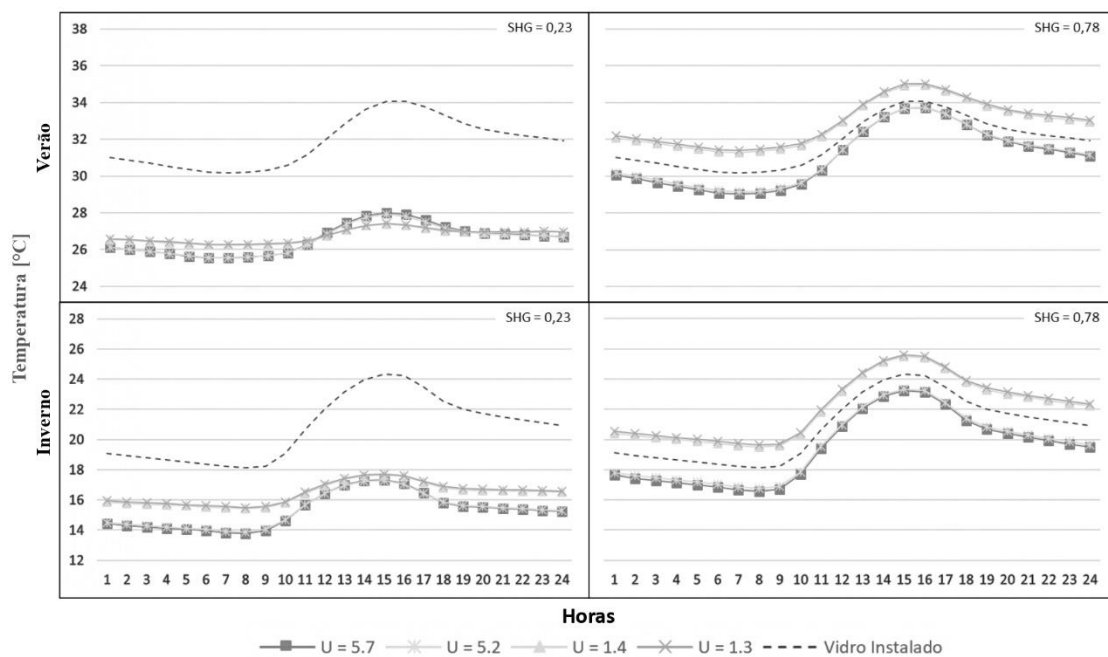


Figura 4.8 – Efeito U na temperatura interior do escritório

Analisando a Figura 4.8, observa-se que, nos vidros com SHG maior, a temperatura aumenta mais no inverno do que no verão. Como apresentado na Figura 4.5, devido à

incidência mais perpendicular nas superfícies envidraçadas existente no inverno, o ganho térmico será maior, aumentando a temperatura no espaço, o que se torna benéfico. No entanto, quanto mais baixo for o U e o SHG, menor será o diferencial térmico. A menor capacidade de transmitir calor pelo vidro, permite que não exista um aquecimento excessivo com a incidência solar e um arrefecimento tão grande à medida que esta deixa de existir.

Comparando o vidro instalado (linha a tracejado) com o caso de menor U e SHG, verifica-se que, apesar da melhor temperatura no inverno, no verão as temperaturas oscilam acima do limite de conforto (27 °C). Este facto torna-se inconveniente, ou seja, a alteração do vidro por outro com menor U e SHG irá tornar-se benéfico.

Na Figura 4.9 é possível observar a temperatura da cozinha que, como apresentado na Tabela 3.7, é o espaço que tem a maior quantidade de superfícies envidraçadas: uma a Norte, duas a Este e uma a Sul.

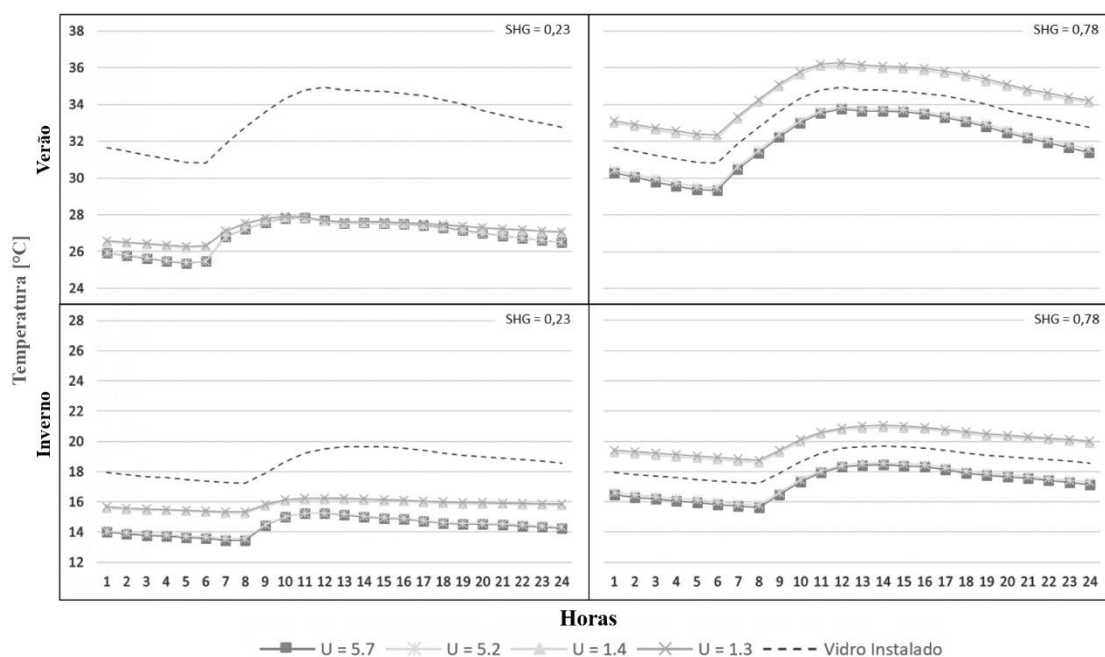


Figura 4.9 – Efeito U na temperatura interior da cozinha

Analisando os resultados apresentados na Figura 4.9, observa-se que a temperatura no espaço apresenta um aumento nas primeiras horas do dia, com uma diminuição progressiva à medida que o sol deixa de incidir nas superfícies envidraçadas. Também se verifica que quanto mais baixo for o U e o SHG, melhor é a temperatura registada no verão, permitindo uma temperatura próxima dos parâmetros de conforto (18 – 27 °C). Apesar de no inverno a temperatura ficar fora destes parâmetros, a diferença é menor face aos vidros com um U maior. Tal acontece devido à melhor capacidade de isolamento, que

impede a perda térmica para o exterior. Por exemplo, no inverno, a temperatura apresenta uma oscilação de 0,9 °C, enquanto com um U maior a diferença térmica é de 1,7 °C. Com o aumento do SHG, a temperatura aumenta tornando-se benéfico no inverno, mas inconveniente no verão. Enquanto no inverno, a temperatura apresenta uma oscilação de 2,3 °C, sempre dentro dos limites de conforto, no verão a oscilação duplica, aproximadamente, registrando temperaturas acima do limite de conforto (27 °C).

A temperatura da casa de banho, que apenas tem uma superfície envidraçada, de pequenas dimensões, orientada a oeste (Tabela 3.7), é apresentada na Figura 4.10. Neste espaço é benéfico instalar um vidro com um U e SHG baixo porque, apesar da temperatura no inverno ser inferior aos parâmetros de conforto, permite um diferencial térmico reduzido e uma temperatura dentro dos parâmetros de conforto no verão.

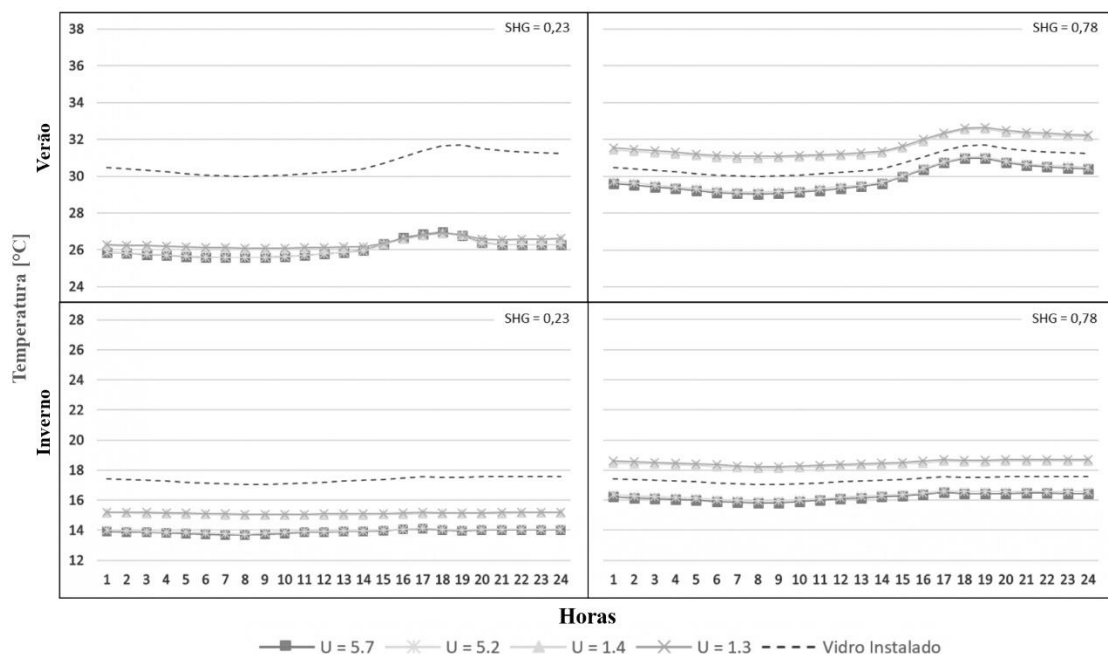


Figura 4.10 – Efeito U na temperatura interior da casa de banho

Analisando os resultados dos estudos anteriormente apresentados, conclui-se que a melhor escolha será a aplicação de um vidro com um U de 1,3 W/m².°C e um SHG baixo. Apesar de, como referido anteriormente, a menor capacidade de ganho de calor poder aumentar as necessidades de aquecimento, a temperatura interior no verão em qualquer espaço é próxima da temperatura de conforto. Devido ao melhor isolamento, proporcionado pelo baixo U, no inverno obtém-se uma temperatura mais elevada e com um diferencial térmico menor, face aos outros valores de U. Além disto, quando comparado com o vidro já instalado (linha a tracejado), observa-se que apesar de no inverno se obter menos ganhos térmicos, também será possível obter menos perdas em

ambas as épocas e menores ganhos no verão. Ao comparar as temperaturas interiores obtidas nos diversos espaços, observa-se que a diferença térmica obtida no verão é maior comparativamente à de inverno, tornando-se um vidro melhor. Conclusões semelhantes foram obtidas no trabalho de Steinar Grynning [84], no qual são estudadas as necessidades de arrefecimento e de aquecimento, perante a variação do U e do fator solar.

4.2.Efeito do fator solar

O fator solar, tal como visto na secção 2.2.2.3, corresponde à quantidade de energia total que atravessa o envidraçado. Quanto mais alto for o seu valor, significa que maior será o ganho de calor solar através do envidraçado. Este ganho tem um efeito positivo no inverno, por reduzir o consumo de energia para aquecimento, mas negativo no verão, pois aumenta a energia consumida em arrefecimento.

Este estudo tem o objetivo de estudar o efeito que a variação do SHG apresenta no comportamento térmico do edifício, considerando os valores de SHG = {0,61; 0,47; 0,35; 0,23} e o mesmo U de 2,7 W/m². °C. Todas as simulações foram realizadas para o dia de projeto do sistema de aquecimento (18 de janeiro) e de arrefecimento (8 de agosto), por serem os dias que em existem maiores perdas e ganhos energéticos, respetivamente.

Na Figura 4.11 é possível observar o fluxo de calor transferido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Norte.

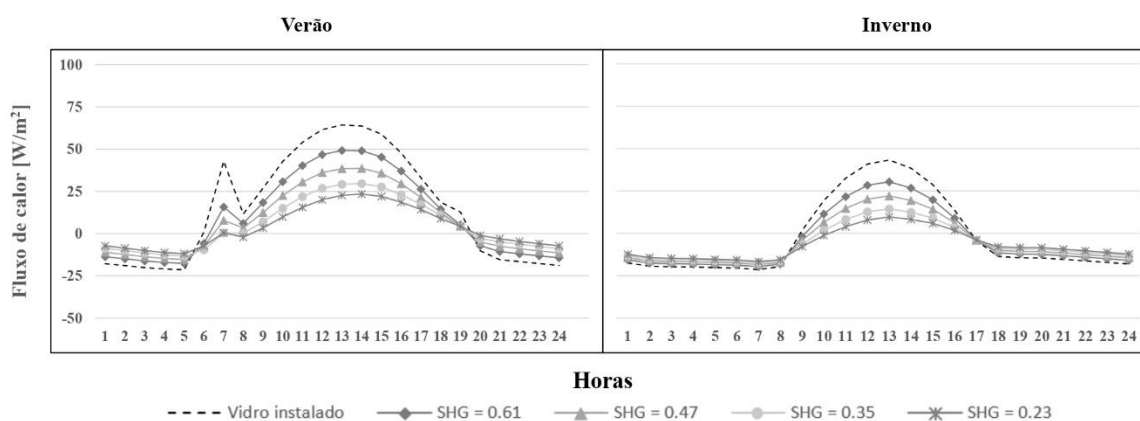


Figura 4.11 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Norte

Através da Figura 4.11, verifica-se que quanto mais alto for o SHG, maior é o ganho de calor, tanto no verão como no inverno. Observa-se ainda que no verão, ao contrário do inverno, existe um aumento do ganho às 7h. Como o nascer do sol ocorre na orientação nordeste nesta estação do ano, permite que a superfície envidraçada possua um curto espaço de tempo com radiação solar direta de reduzida intensidade. Nas restantes horas,

a radiação passa a ser difusa, existindo um maior ganho de transmissão de radiação térmica para o espaço quando o SHG é maior. Dando como exemplo, às 14h, comparando o SHG = 0,78 do vidro instalado com o SHG = 0,23, existe uma diminuição de 64% no ganho de calor no verão e de 78% no inverno. Assim, um SHG baixo torna-se benéfico no verão, mas bastante desvantajoso no inverno.

Na Figura 4.12 é possível observar o fluxo de calor transferido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Nor-Nordeste.

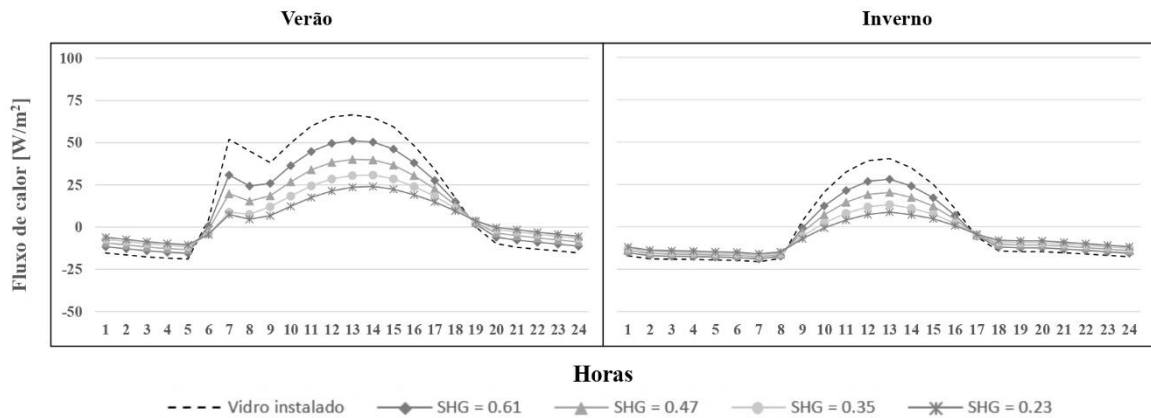


Figura 4.12 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Nor-Nordeste

Analisando a Figura 4.12 observa-se que uma superfície envidraçada a Nor-Nordeste apresenta um comportamento ligeiramente diferente no verão face a uma orientada a Norte. Como o sol no verão nasce na orientação Nordeste e, estando a superfície envidraçada ligeiramente orientada a Este, permite que às 8h exista um aumento de 301% de ganho de calor face à superfície envidraçada orientada a Norte com SHG = 0,61. No inverno, como o nascer do sol ocorre próximo da orientação Sudeste, o comportamento irá ser igual à superfície envidraçada a Norte. Observa-se ainda que a perda de calor é maior quanto mais alto for o SHG, pois permite que exista uma maior transferência de calor por radiação térmica. Às 5h, existe um aumento de 48% da perda de calor do SHG = 0,23 para o SHG = 0,61.

Tendo em conta que esta superfície envidraçada se encontra no hall e é de grandes dimensões, tal como pode-se observar na Tabela 3.7, apresenta-se na Figura 4.13 a temperatura do espaço. A Figura 4.13 apresenta a temperatura do hall, onde é possível verificar que quanto mais alto for o fator solar maior será a temperatura interior, tanto no verão como no inverno.

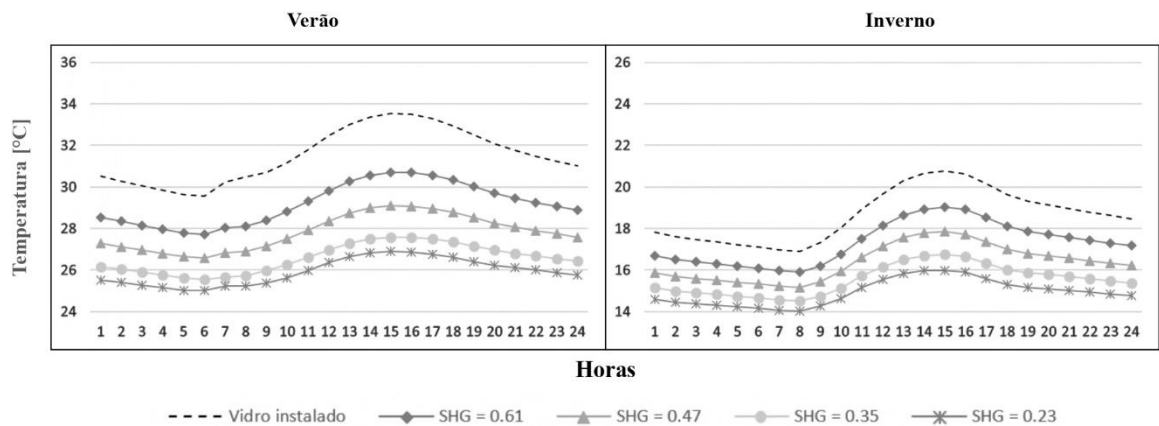


Figura 4.13 – Efeito SHG na temperatura interior no hall

Analisando a Figura 4.13, inverno observa-se que apesar de não existir radiação solar direta nesta orientação, como a superfície envidraçada tem uma grande área e um alto fator solar será possível uma maior absorção da radiação difusa, tornando-se importante no inverno. No entanto, a diferença de temperatura diária obtida no espaço também aumenta. Com um $SHG = 0,23$, a diferença de temperatura diminui 36% e 43% no verão e inverno, respectivamente, face ao $SHG = 0,61$, causando desta forma um melhor conforto térmico.

Na Figura 4.14 apresenta-se o fluxo de calor transmitido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Este, onde é possível observar que a diminuição do SHG faz com que o fluxo de calor seja menor. No verão, com o $SHG = 0,23$ é possível obter uma diminuição de 70% no valor máximo do ganho de calor face ao vidro instalado ($SHG = 0,78$), tornando-se benéfico. A diminuição do período de radiação solar incidente no inverno, origina uma diminuição de 55% do fluxo de calor máximo face ao verão, tornando-se desfavorável.

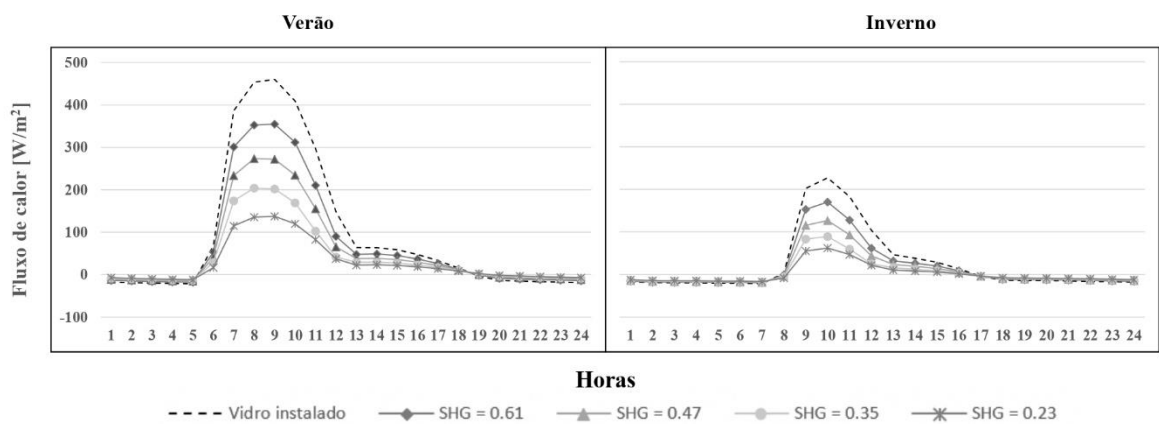


Figura 4.14 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Este

Na Figura 4.15 apresenta-se o fluxo de calor transmitido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Sul. Observa-se que a incidência mais perpendicular nas

superfícies envidraçadas no inverno, permite um aumento de 78% de ganho de calor face ao verão. Este aspeto torna-se importante porque nessa altura do ano, os ganhos de calor por fenómenos naturais ajudam a minimizar o consumo energético. Neste caso torna-se benéfico possuir um vidro com um alto SHG, pois apesar deste permitir um aumento de 34% nas perdas de calor face ao SHG baixo, permite um aumento de 229% nos ganhos.

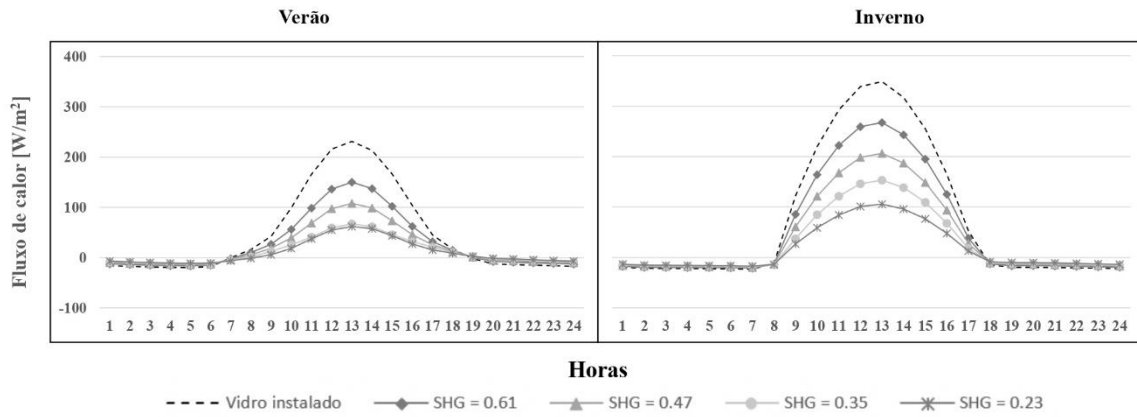


Figura 4.15 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Sul

Na Figura 4.16 apresenta-se o fluxo de calor transmitido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Oeste, onde é possível observar que, tal como esperado, quanto maior for o valor do fator solar, maior será o ganho de calor pelo envidraçado.

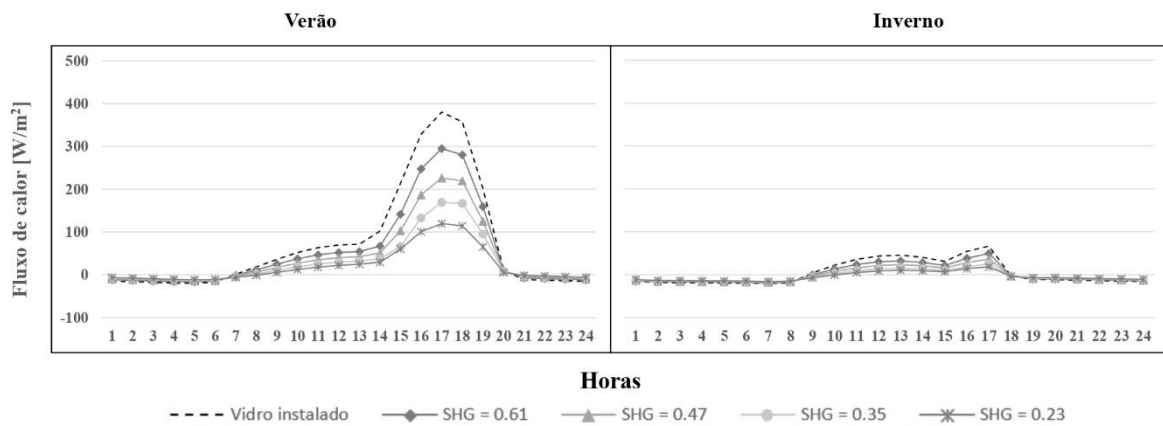


Figura 4.16 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Oeste

Analisando a Figura 4.16 verifica-se que a diminuição do SHG no verão permite uma diminuição de 69% no ganho de calor máximo, tornando-se benéfico. No entanto, tal como acontece na superfície envidraçada orientada a Este, o ganho de calor é maior no verão do que no inverno, devido à maior intensidade de radiação e ao maior período de tempo de incidência solar. No inverno, como estas recebem pouca radiação, existe uma redução no valor do ganho máximo de, aproximadamente, 85%, tornando-se desfavorável.

Como visto, um alto fator solar irá aumentar e diminuir as necessidades de arrefecimento e de aquecimento, respetivamente. Conclusões semelhantes foram obtidas no trabalho de Steinar Grynning [84]. No que diz respeito à perda de calor, observa-se que quanto menor for o SHG menor são as perdas térmicas. Como o fator solar tem a capacidade de controlar a quantidade de energia que atravessa o envidraçado, significa que quanto mais pequeno for o seu valor, menor é a troca de calor por radiação.

A Figura 4.17 apresenta a influência do fator solar na temperatura interior da sala, que tem duas superfícies envidraçadas: uma a Este e outra a Sul (Tabela 3.7).

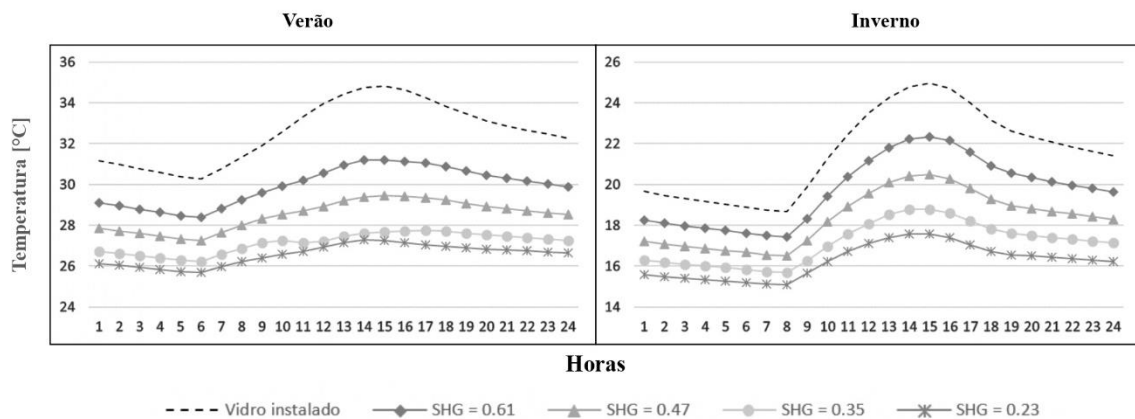


Figura 4.17 – Efeito SHG na temperatura interior na sala

Analisando a Figura 4.17, observa-se que a superfície envidraçada orientada a Sul permite que entre as 14 e as 15 horas a temperatura atinga o seu valor máximo. Este aumento é maior no inverno devido à incidência da radiação solar ser mais perpendicular na superfície envidraçada, tal como visto na Figura 4.15. No verão, como a incidência solar é mais tangencial à superfície envidraçada, o aumento da temperatura já não é tão repentino, permitindo obter menores diferenciais térmicos. Por exemplo, com um vidro de $SHG = 0,61$, o diferencial térmico é de $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ no verão e $4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ no inverno. Por consequente, esta diferença de temperatura diminui para metade, aproximadamente, quanto mais baixo for o SHG.

Na Figura 4.18 apresenta-se a influência do fator solar na temperatura interior do escritório, tem apenas uma superfície envidraçada orientada a Sul (Tabela 3.7).

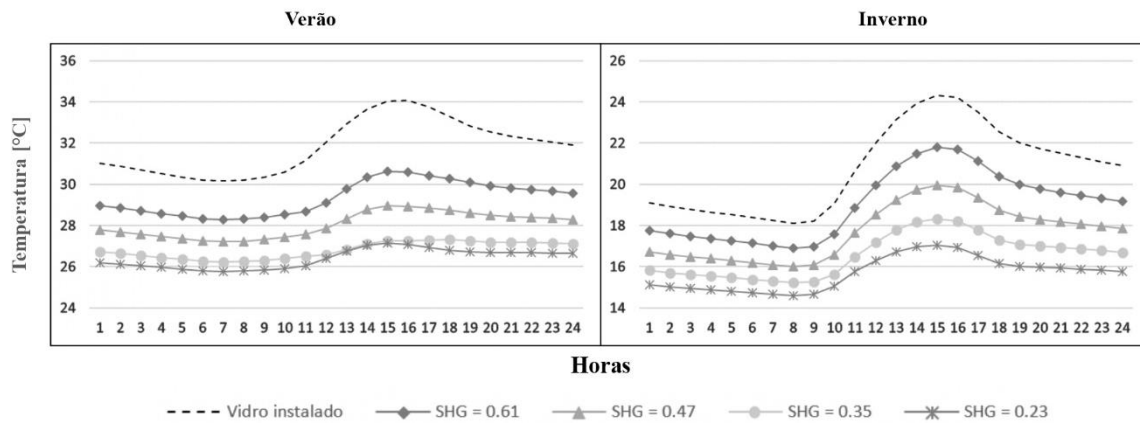


Figura 4.18 – Efeito SHG na temperatura interior no escritório

Analisando a Figura 4.18 verifica-se que, tal como aconteceu na sala, existe um maior aumento da temperatura no período em que radiação solar incide diretamente na superfície envidraçada. Tendo em conta que a incidência solar na superfície envidraçada é mais perpendicular no inverno, existe um maior aumento da temperatura nesta estação do ano.

Na Figura 4.19 apresenta-se a influência do fator solar na temperatura interior da cozinha, que tem quatro superfícies envidraçadas: uma a Norte, duas a Este e outra a Sul (Tabela 3.7).

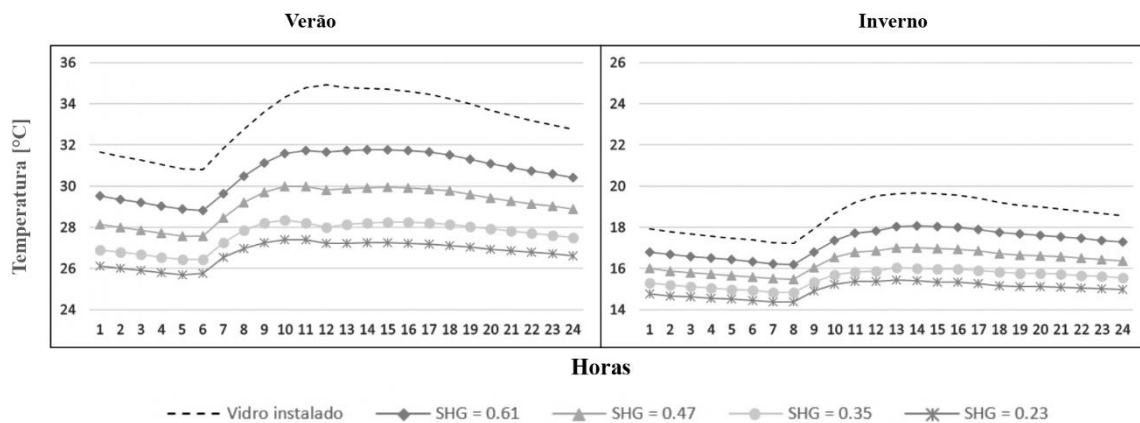


Figura 4.19 – Efeito SHG na temperatura interior na cozinha

Analisando a Figura 4.19, observa-se que devido às superfícies envidraçadas orientadas a Este, a radiação solar direta permite o aumento da temperatura nas primeiras horas do dia (a partir das 8h). Assim, quanto mais alto for o SHG, maior será a temperatura no espaço, tornando-se desfavorável no verão, mas benéfico no inverno. Além disso, observa-se que o diferencial térmico se torna mais reduzido quanto menor for o SHG pois, tal como visto anteriormente, esta redução impede que exista um grande ganho e perda de calor.

Na Figura 4.20 apresenta-se a influência do fator solar na temperatura interior da casa de banho, que tem apenas uma superfície envidraçada de pequenas dimensões orientada a Oeste (Tabela 3.7). Devido à sua dimensão reduzida e só ter radiação solar no período da tarde, a diferença de temperatura do espaço é menor que nos restantes, em ambas as estações. Observa-se ainda que, no verão, o maior período de incidência solar permite um maior aumento da temperatura entre as 16h e as 20h.

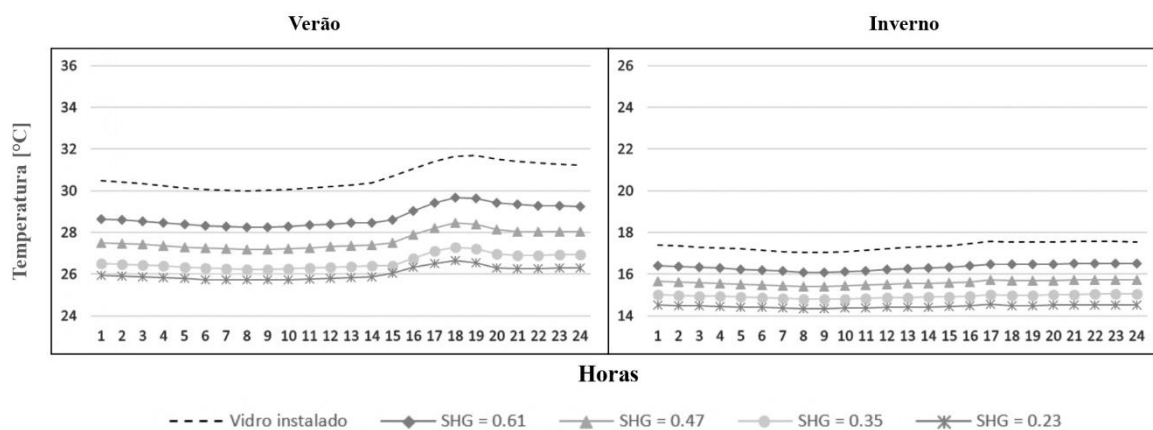


Figura 4.20 – Efeito SHG na temperatura interior na casa de banho

Tendo em conta as análises realizadas aos resultados destas simulações, conclui-se que a escolha do melhor valor de fator solar recai no 0,35. Desta forma, obtêm-se temperaturas próximas dos parâmetros de conforto no verão. No inverno permite uma melhor temperatura face ao SHG = 0,23, sendo necessário o uso de climatização para obter uma temperatura de conforto. Assim, e tendo em conta o valor escolhido no estudo do coeficiente de transmissão térmica, o melhor vidro para este edifício tem as seguintes características: $U = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $SHG = 0,35$.

4.3.Efeito dos elementos construtivos

O edifício em estudo contém elementos de sombreamento fixos, também designados como palas, horizontais e verticais, que permitem a existência de sombreamento em algumas superfícies envidraçadas. Como foi abordado na secção 2.2.5, os elementos de sombreamento externos fixados na horizontal apresentam uma maior eficácia nas superfícies envidraçadas orientadas a Sul, enquanto os colocados na vertical são mais destinados à orientação Este e Oeste.

Na Figura 4.21 é possível observar os elementos de sombreamento (assinalados a roxo) existentes no edifício. Tendo em conta a planta apresentada na Figura 3.1, foi realizado um estudo da incidência solar às superfícies envidraçadas colocadas na janela

da cozinha (1), na porta da cozinha (2), ambas orientadas a este, e na janela da sala (3), orientada a sul. As superfícies envidraçadas 1 e 2 permitem estudar a influência de um elemento vertical e horizontal, respectivamente, enquanto a da sala (3), orientada a sul possui um elemento de sombreamento horizontal. Para este estudo foi definido que todos os vidros das superfícies envidraçadas possuem as seguintes características: $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $\text{SHG} = 0,78$.

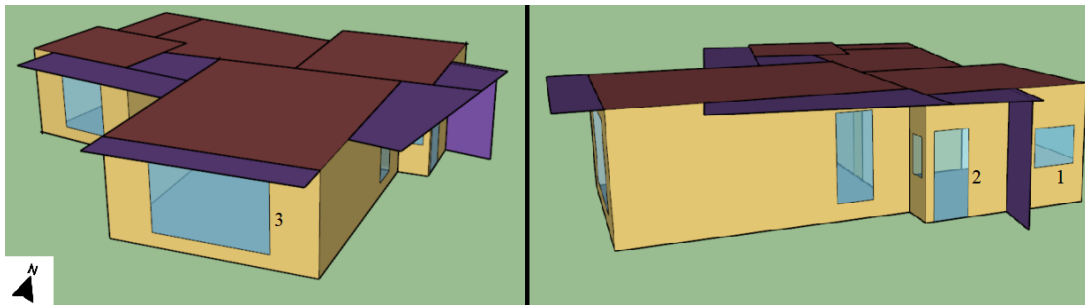


Figura 4.21 – Elementos de sombreamento exteriores existentes no edifício

Foi estudado o efeito que estes elementos têm no comportamento das superfícies envidraçadas assinaladas, ao longo das 24 horas dos dois dias de projeto definidos (8 de agosto e 18 de janeiro). Como nos estudos anteriores, estudou-se os ganhos e perdas térmicas, bem como a influência que estes apresentam na temperatura dos espaços.

Na Figura 4.22 e Figura 4.23 apresenta-se a influência dos elementos de sombreamento nas superfícies envidraçadas 1 e 2, sendo posteriormente relacionados com a temperatura da cozinha (Figura 4.24).

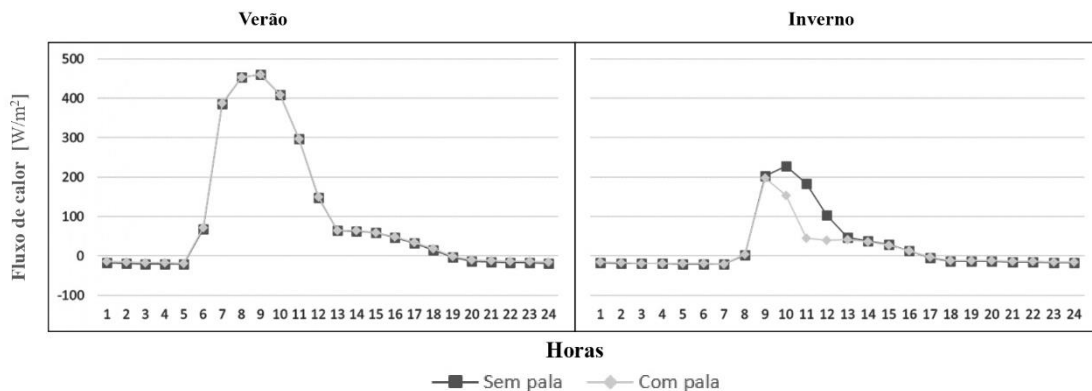


Figura 4.22 – Efeito do elemento de sombreamento vertical na orientação Este

Analisando a Figura 4.22, observa-se que a colocação de um elemento de sombreamento vertical junto a uma superfície envidraçada com orientação a Este apenas influencia negativamente os ganhos térmicos no inverno. Como nesta altura do ano o sol apresenta-se com um alto ângulo de incidência, o elemento construtivo vertical irá impedir que a radiação solar incida na superfície envidraçada entre as 9 e as 13 horas. A

maior diferença ocorre pelas 11 horas, onde existe uma diminuição de cerca de 75,6% do ganho de calor.

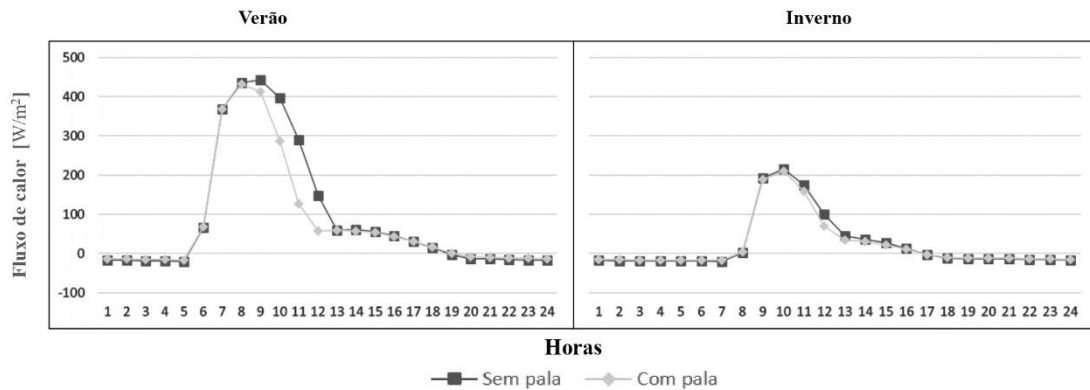


Figura 4.23 – Efeito do elemento de sombreamento horizontal na orientação Este

Analisando a Figura 4.23, que representa o efeito na troca térmica numa superfície envidraçada orientada a Este com uma pala horizontal, observa-se o comportamento oposto ao verificado na Figura 4.22. A existência do elemento construtivo horizontal permite uma diminuição de 30,3% no dia mais crítico de inverno e de 61,6% no de verão. Conclui-se que os elementos de sombreamento horizontais diminuem mais o efeito no ganho de calor no verão que no inverno. O efeito do sombreamento horizontal na superfície envidraçada é maior no verão porque os raios de sol têm uma incidência mais perpendicular, em relação à superfície terrestre. Assim, apesar de existir uma intensidade de radiação superior no verão, a existência de sombreamento diminui os ganhos de calor pelas superfícies envidraçadas, atenuando o aumento da temperatura no espaço. Ao contrário do que foi referido inicialmente nesta secção, as palas horizontais apresentam uma melhor contribuição nas superfícies orientadas a Este do que as palas verticais.

Como apresentado no início desta secção, estes dois elementos de sombreamento encontram-se nas superfícies envidraçadas da cozinha. Foram analisadas as temperaturas nesta divisão da habitação, que se apresentam na Figura 4.24.

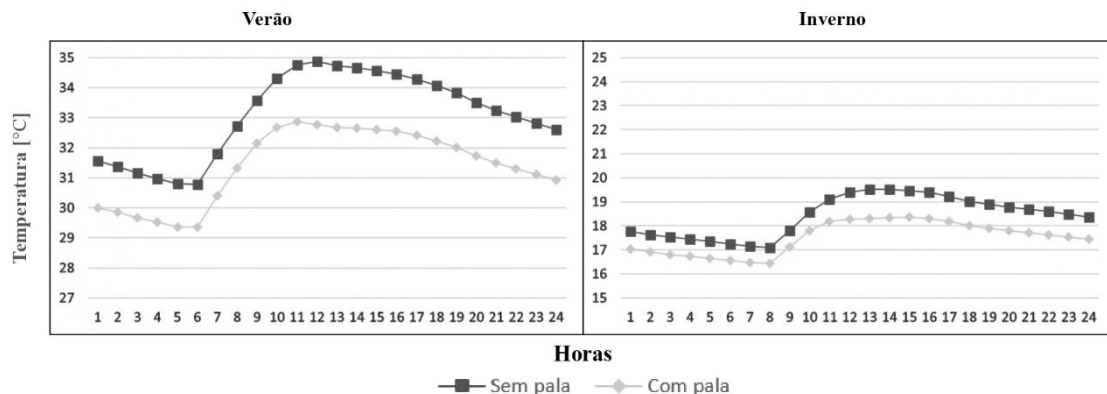


Figura 4.24 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura da cozinha

Através da Figura 4.24 é possível concluir que a existência dos elementos construtivos permitem reduzir a temperatura em ambas as estações, permitindo uma redução de cerca de 2,1 °C no verão e de 1,2 °C no inverno. Apesar da diminuição da temperatura ser superior em valor absoluto no verão, estação com a temperatura mais elevada, a sua taxa de redução é semelhante em ambas, registando-se uma diminuição máxima de 6% e de 6,3% no verão e no inverno, respetivamente. Esta diminuição de ganho de calor no inverno torna-se inconveniente, sendo que uma solução poderia passar por retirar a pala vertical presente na orientação Este, que tal como visto, apenas influencia o fluxo de calor no inverno.

Na Figura 4.25 apresenta-se o efeito da pala horizontal na superfície envidraçada orientada a Sul, sendo posteriormente analisado o efeito na temperatura da sala (Figura 4.26).

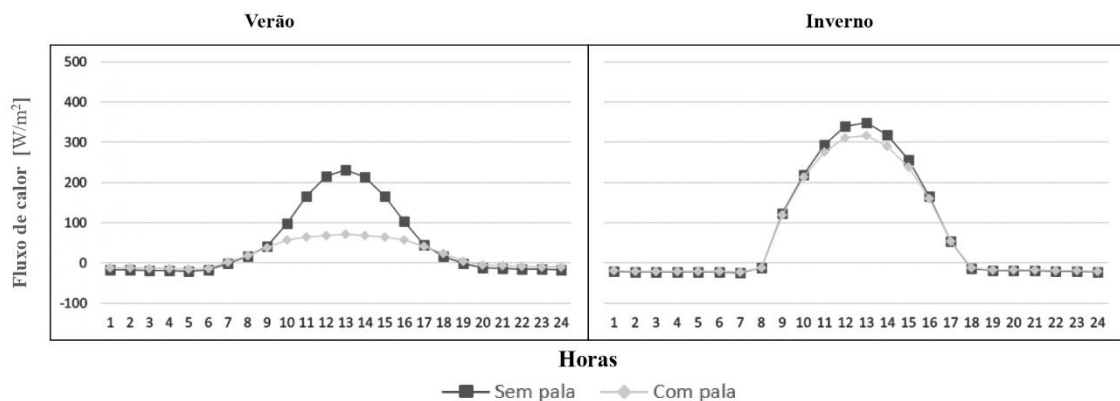


Figura 4.25 – Efeito do elemento de sombreamento horizontal na orientação Sul

Observando a Figura 4.25, relativamente à superfície envidraçada orientada a Sul, é visível o seu contributo no verão. Este comportamento já era expectável, pois tal como referido anteriormente, o sol encontra-se mais elevado, sendo que o elemento construtivo assegura que os raios solares não incidam no envidraçado. Por outro lado, no inverno, o sol apresenta-se mais baixo e, apesar de alguns raios serem bloqueados pelo elemento construtivo, possibilita que os restantes incidam no envidraçado, sendo benéfico. Desta forma, numa superfície orientada a Sul com um elemento construtivo horizontal, obtém-se uma diminuição do ganho de calor, às 13 horas, de 69,3% no verão e de 9,3% no inverno.

A Figura 4.26 apresenta a temperatura da sala, onde se observa uma diminuição máxima na temperatura de 13,4% no verão e 4,5% no inverno. A forte contribuição da pala horizontal permite obter temperaturas no verão ligeiramente acima do limite de conforto (27 °C), e uma boa temperatura no inverno, apesar da redução obtida.

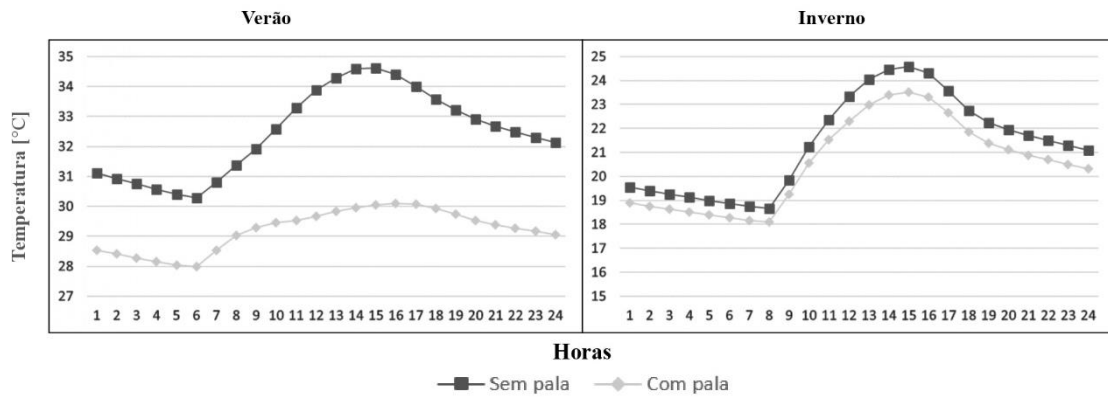


Figura 4.26 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura da sala

Para além da existência da pala horizontal nas superfícies envidraçadas anteriormente apresentadas, esta também se encontra presente nas superfícies envidraçadas do hall e do escritório, na orientação Sul. Assim, na Figura 4.27 e Figura 4.28, apresenta-se a influência deste elemento de sombreamento na temperatura destes dois espaços.

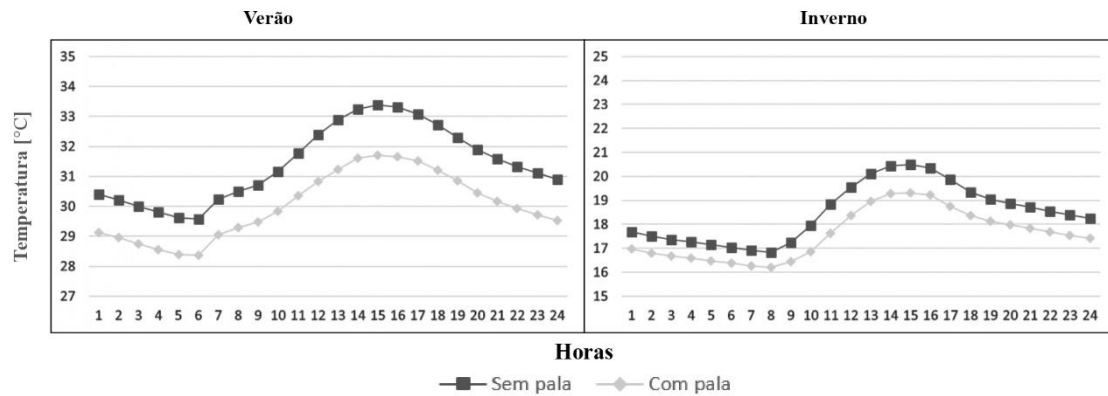


Figura 4.27 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura do hall

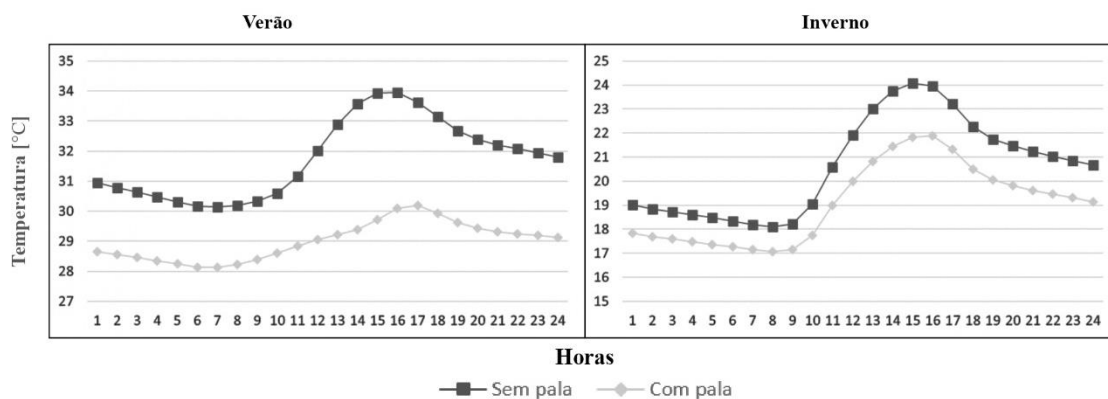


Figura 4.28 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura do escritório

O hall possui um envidraçado a Norte, sem elementos construtivos, e outro a Sul, de pequenas dimensões e com um elemento construtivo horizontal de grandes dimensões, que impede a radiação solar incidente. Assim, e de forma negativa, a maior diferença de temperatura no interior é registada durante o inverno com uma diminuição de 6,4%, sendo

que no verão diminui 5%. Desta forma, este espaço deverá ter vidros isolantes, que impeçam a perda térmica para o exterior, permitindo uma melhor temperatura no espaço. Por fim, o escritório com apenas uma superfície envidraçada com um elemento construtivo horizontal, tem uma maior diminuição no verão (12,4%) face ao inverno (9,7%), tornando-se benéfico. Conclusões semelhantes às realizadas neste estudo podem ser observados no artigo [85].

4.4.Simulação com Carrier HAP

O *Hourly Analysis Program* (HAP) será utilizado com o objetivo de recorrer a diferentes ferramentas de simulação disponíveis no mercado para estudar cargas térmicas e para observar se a utilização de diferentes programas pode afetar os valores obtidos. Os resultados das simulações numéricas serão apresentados e comparados com os do *EnergyPlus*, mais concretamente, da troca térmica das superfícies envidraçadas, paredes e cobertura.

4.4.1. Desenvolvimento do modelo

Esta secção apresenta o desenvolvimento do modelo em HAP, considerando os mesmos parâmetros do edifício enunciados na secção 3.1 e utilizados no *OpenStudio* para ser possível a comparação dos resultados obtidos. Desde modo, o modelo considerou a mesma carga horária de ocupação e iluminação e o mesmo tipo de constituição das superfícies opacas e envidraçadas. Neste último foi parametrizada o mesmo vidro na superfície envidraçada já instalado na moradia ($U = 2,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $\text{SHG} = 0,78$), considerado o caso de referência nos estudos anteriores.

A definição dos parâmetros meteorológicos do local em estudo no software HAP requer a introdução de dados adicionais, além da importação do ficheiro *weather* (*.epw), tais como: a latitude, longitude, elevação, os perfis de temperatura de bolbo seco e húmido mensal, perfil de radiação solar mensal, entre outras.

4.4.1.1. Perfis de temperatura do local

O *software* HAP requer ainda a definição de perfis da temperatura mensais parametrizado com valores típicos, cujos dados são obtidos a partir das tabelas climatológicas [83]. Estes dados contêm as temperaturas de bolbo seco máximas e mínimas mensais, e num registo em 3 horas diferentes, as temperaturas de bolbo seco, a

humidade relativa, nebulosidade, insolação e precipitação. A Tabela 4.1 apresenta a tabela das temperaturas e humidade relativa para o mês de janeiro.

Tabela 4.1 – Temperatura e humidade relativa para o mês de janeiro
(Adaptado de: [83])

| Temperatura do ar [°C] | | | | | | Humidade relativa do ar (%) | | |
|------------------------|------|------|--------|------|------|-----------------------------|-----|-----|
| 6h | 12h | 18h | Mensal | Máx. | Min. | 6h | 12h | 18h |
| 8,7 | 12,1 | 11,6 | 10,7 | 14,2 | 7,2 | 87 | 76 | 79 |

O Carrier HAP requer a definição dos valores mensais da temperatura, máxima e mínima, de bolbo seco e húmido. Enquanto as temperaturas de bolbo seco são possíveis retirar da Tabela 4.1, as temperaturas de bolbo húmido foram obtidas através da carta psicrométrica, mais concretamente do *software Munters HD PsyChart* [86].

Assim, através da temperatura de bolbo seco e da humidade relativa do local às 9h e 18h, irá determinar-se qual possui o maior valor de humidade específica (condição desfavorável). A Figura 4.29 apresenta os resultados com os parâmetros psicrométricos obtidos.

| Current Point | | Current Point | |
|---------------|----------|---------------|----------|
| DB | 8.700 | DB | 11.600 |
| RH | 87.00000 | RH | 79.00000 |
| Air Flow | 472 | Air Flow | 472 |
| DB | 8.700 | DB | 11.600 |
| WB | 7.647 | WB | 9.695 |
| RH | 87.00 | RH | 79.00 |
| W | 6.09 | W | 6.72 |
| v | 0.806 | v | 0.815 |
| h | 23.998 | h | 28.538 |
| DP | 6.656 | DP | 8.083 |
| d | 1.2483 | d | 1.2351 |
| vp | 7.3395 | vp | 8.0927 |
| AW | 7.557 | AW | 8.247 |

Figura 4.29 – Parâmetros psicrométricos do local em janeiro às 6h e 18h.

Analisando a Figura 4.29 é possível observar que o maior valor de humidade específica corresponde a 6,72 g/kg, sendo obtido às 18h. Com este valor e, juntamente com o valor da temperatura máxima de bolbo seco (14,2 °C), tal como é possível observar na Tabela 4.1, irá obter-se o valor da temperatura de bolbo húmido máxima. Contudo, se realizarmos o mesmo processo para a marcação do ponto da temperatura de bolbo húmido mínima, observa-se que o ponto ultrapassa o ponto de saturação. Desta forma será necessário marcar o ponto assumindo que este irá ficar na linha de saturação (HR = 100%). Na Figura 4.30 é possível observar a marcação destes dois pontos.

| Current Point | | Current Point | |
|---------------|---------------|---------------|--------------|
| DB | 14.200 | DB | 7.200 |
| W | 6.72000 | RH | 99.99999 |
| Air Flow | 472 | Air Flow | 472 |
| DB | 14.200 | DB | 7.200 |
| WB | 10.832 | WB | 7.200 |
| RH | 66.61 | RH | 100.00 |
| W | 6.72 | W | 6.32 |
| v | 0.823 | v | 0.802 |
| h | 31.178 | h | 23.059 |
| DP | 8.078 | DP | 7.200 |
| d | 1.2240 | d | 1.2548 |
| vp | 8.0897 | vp | 7.6191 |
| AW | 8.170 | AW | 7.885 |

Máximo Mínimo

Figura 4.30 – Características dos pontos de temperatura máxima e mínima

Como é possível observar pela Figura 4.30, a temperatura de bolbo húmido é de 10,8 °C e 7,2 °C às 6h e 18h, respetivamente. Estes valores foram considerados como os valores máximo e mínimo para o mês de janeiro na parametrização do *software* HAP. Todo o processo foi repetido para os restantes meses, tendo-se obtido as temperaturas mensais de bolbo seco e húmido, máximas e mínimas, ao longo do ano. A Figura 4.31 apresenta a tabela de parametrização implementada no HAP.

| Month | Dry Bulb | | Wet Bulb | |
|-------|----------|------|----------|------|
| | Max | Min | Max | Min |
| jan | 14.2 | 7.2 | 10.8 | 7.2 |
| fev | 15.0 | 7.7 | 11.3 | 7.7 |
| mar | 17.0 | 8.7 | 12.1 | 8.7 |
| abr | 19.2 | 10.2 | 13.3 | 10.2 |
| mai | 21.9 | 12.3 | 15.2 | 12.3 |
| jun | 24.8 | 14.8 | 17.3 | 14.8 |
| jul | 27.5 | 16.5 | 19.1 | 16.5 |
| ago | 27.8 | 16.8 | 19.1 | 16.8 |
| set | 26.2 | 16.0 | 18.6 | 16.0 |
| out | 22.4 | 13.6 | 16.5 | 13.6 |
| nov | 17.5 | 9.9 | 13.1 | 9.9 |
| dez | 14.6 | 7.6 | 10.9 | 7.6 |

Figura 4.31 – Perfis de temperatura implementados no software HAP.

4.4.1.2. Perfis de radiação do local

A caracterização dos perfis de radiação no HAP requer a definição dos coeficientes de multiplicação mensais, tendo sido implementada a seguinte metodologia para os obter.

Com recurso ao *View Input Reports* realizou-se uma simulação do perfil de exposição solar no HAP. Tal acontece através da simulação o ficheiro *weather* implementado, no qual obtém-se a potência média instantânea de radiação [W/m^2], para cada hora. O valor da potência média instantânea de radiação mensal é obtida multiplicando a potência média instantânea de radiação do dia pelo número de dias do mês.

O valor da radiação solar global incidente no local em estudo é obtido através da linha da radiação mais próxima observada no mapa da Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica [87], como é possível observar na Figura 4.32.



Figura 4.32 – Mapa de radiação no local (ponto verde) no mês de janeiro

Analisando a Figura 4.32, observa-se que o local em estudo (Mafra), identificado com um ponto verde, está sujeito a uma radiação solar aproximada de 65 kWh/m² no mês de janeiro. O coeficiente de multiplicação a implementar no HAP foi obtido a partir do quociente entre o valor obtido no mapa e o valor obtido nas simulações no HAP (Figura 4.33).

| Design Day Maximum Solar Heat Gains W/m ² | | | | | | | | | | |
|--|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Month | Multiplier | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S |
| Jan | 0.88 | 55.7 | 55.7 | 55.7 | 235.2 | 434.3 | 577.1 | 675.1 | 704.6 | 702 |
| Feb | 0.85 | 65.4 | 65.4 | 151.0 | 330.7 | 521.3 | 627.6 | 670.1 | 656.1 | 636 |
| Mar | 0.85 | 78.3 | 78.3 | 268.9 | 460.8 | 575.8 | 644.8 | 623.2 | 571.0 | 541 |
| Apr | 0.96 | 103.0 | 221.1 | 421.9 | 585.7 | 679.4 | 669.4 | 608.2 | 503.7 | 451 |
| May | 0.99 | 116.5 | 323.7 | 516.6 | 630.1 | 688.5 | 643.6 | 537.1 | 400.0 | 334 |
| Jun | 1.03 | 155.4 | 375.4 | 559.0 | 663.8 | 703.2 | 638.0 | 514.0 | 360.4 | 292 |
| Jul | 1.14 | 137.2 | 376.1 | 577.7 | 723.2 | 778.4 | 717.0 | 602.2 | 444.6 | 372 |
| Aug | 1.12 | 126.0 | 256.4 | 467.7 | 665.5 | 763.0 | 755.2 | 683.3 | 565.8 | 508 |
| Sept | 1.12 | 107.3 | 107.3 | 313.9 | 570.8 | 730.6 | 803.3 | 795.6 | 729.9 | 694 |
| Oct | 1.00 | 79.8 | 79.8 | 150.5 | 400.5 | 573.7 | 712.8 | 754.3 | 744.6 | 730 |
| Nov | 1.06 | 68.4 | 68.4 | 68.4 | 265.6 | 513.4 | 632.0 | 796.9 | 828.6 | 835 |
| Dec | 1.01 | 58.0 | 58.0 | 58.0 | 206.4 | 443.3 | 615.8 | 748.7 | 799.6 | 808 |

Figura 4.33 – Coeficientes de multiplicação implementar no modelo de radiação

4.4.1.3. Modelo do edifício

A modelação do edifício no HAP tem uma abordagem diferente da implementada previamente no *OpenStudio*. Enquanto no *OpenStudio*, o modelo do edifício é obtido através de modelação 3D, no HAP, os espaços são introduzidos individualmente, sendo necessário especificar para cada um: área do piso, volume, orientação, área e constituição das envolventes opacas exteriores e quantidade de superfícies envidraçadas, portas e sombreamento.

No HAP não é necessário definir as paredes interiores, pois como todos os espaços vão estar climatizados, não irá existir trocas térmicas entre os espaços. Para além disto, e

tendo em conta que o programa apenas permite introduzir sombreamento em janelas, será necessário assumir que a porta de vidro da cozinha é considerada uma janela.

4.4.1.4. Cargas térmicas interiores

A parametrização das cargas térmicas devido à iluminação e ocupação é realizada de forma semelhante no HAP e no *OpenStudio*, divergindo apenas na forma de definir a energia transmitida pelo metabolismo. Enquanto no HAP é necessário definir o calor sensível e latente de acordo com o nível de atividade das pessoas, no *OpenStudio* é definido o metabólico. Na Tabela 4.2 apresenta-se os valores implementados, considerando uma temperatura de 24 °C no espaço.

Tabela 4.2 – Calor sensível e latente da atividade em cada espaço (HAP) [74]

| Espaço | Nível de atividade [W] | |
|---------------|---------------------------|---------|
| | Sensível | Latente |
| Casa de banho | 67 | 33 |
| Cozinha | 80 | 80 |
| Escritório | 70 | 50 |
| Hall | 76 | 74 |
| Sala | 70 | 50 |

4.4.1.5. Sistemas de climatização

Neste estudo considerou-se que o edifício está climatizado com um piso radiante elétrico na casa de banho e um sistema VRF nos restantes espaços. Ambos os sistemas terão um horário de utilização de 24 horas, de modo a estarem sempre disponíveis para controlar a temperatura dentro dos valores desejados.

Uma vez que o HAP não tem disponível o sistema de piso radiante foi necessário realizar uma adaptação, considerando-se um *Packaged Vertical Units*, de zona única, apenas com a função de aquecimento, através de uma resistência elétrica. Em ambos os programas, este sistema terá uma temperatura de *set-point* de 20 °C, com uma tolerância (*throttling range*) de +/- 2 °C, ou seja, a temperatura interior poderá oscilar entre os 18 °C e os 22 °C.

O sistema VRF utilizado nos restantes 4 espaços foi definido com uma temperatura de *set-point* de 20 °C para o aquecimento e de 25 °C para o arrefecimento, com uma tolerância de 2 °C. No *OpenStudio*, como não é possível indicar a tolerância, será considerado uma temperatura de *set-point* de 18 °C para o aquecimento e de 27 °C para

o arrefecimento. Em ambos, o sistema irá ter temperaturas de insuflação de 16 °C e 35 °C nas estações de arrefecimento e de aquecimento, respetivamente. A unidade terminal terá uma pressão total estática de 300 Pa. No que diz respeito à unidade exterior, este terá uma potência de 12,1 kW e 13,6 kW de arrefecimento e aquecimento, respetivamente, com um EER e um COP de 4,17 e 4,86, respetivamente.

4.4.2. Resultados das simulações

Esta secção apresenta os resultados da simulação realizadas com os *softwares* HAP e *OpenStudio*. De modo a se obter uma comparação o mais realista possível, de seguida descreve-se os métodos de análise realizados por cada um.

Tal como visto na secção 2.3.2, o *OpenStudio* permite simular a transferência de calor com um tempo de discretização definido pelo utilizador e apresentar os resultados com intervalos inferiores a uma hora. Por outro lado, o HAP apenas fornece os resultados da carga térmica para o mês e hora crítica.

Tendo em conta os parâmetros definidos em ambos os programas, a carga térmica dos espaços é influenciada pela iluminação, pessoas, superfícies envidraçadas e pelas superfícies opacas. Observou-se que a acumulação de calor causada pela iluminação e pessoas é mais notável no *OpenStudio*. Este acontecimento foi possível observar no período em que não havia ocupação ou iluminação (definido nos horários), no qual o programa apresenta um valor de potência menor ao implementado, indicando acumulação de calor no espaço. No entanto, tendo em conta os objetivos do presente trabalho, pretende-se comparar o calor transferido pelas superfícies envidraçadas e opacas (paredes e cobertura). Enquanto no HAP estes parâmetros são obtidos automaticamente, no *OpenStudio* é necessário indicar quais são as variáveis que se pretende simular. Assim, neste estudo serão simuladas, com uma frequência horária as seguintes variáveis [88]:

- *Surface Window Heat Gain Rate* [W]: indica o fluxo de calor total para zona proveniente do vidro e caixilharia, de cada janela exterior, quando o fluxo é positivo;
- *Surface Window Heat Loss Rate* [W]: indica o fluxo de calor total através de cada janela exterior, quando o fluxo é negativo;
- *Surface Average Face Conduction Heat Transfer Rate* [W]: descreve a transferência de calor por condução de cada superfície opaca, combinando a

da face interna e externa. Tem ainda em conta o processo de convecção, no qual a coeficiente de convecção da face exterior possui o sinal inverso, coincidindo deste modo com a face interna. Com isto, valores com sinal positivo indicam que o calor está a fluir para o espaço.

Tendo em conta que o *OpenStudio* fornece resultados com uma frequência horária, será necessário obter uma média dos valores na mesma hora e mês do que os considerados como projeto no HAP. Os resultados da simulação podem ser observados na Tabela 4.3, na Tabela 4.4 e Tabela 4.5.

Tabela 4.3 – Potência calorífica transmitida pelas superfícies envidraçadas: HAP vs *OpenStudio*

| | Casa de banho | Cozinha | Escritório | Hall | Sala |
|-----------------------|------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | [W] | | | | |
| HAP | 219 | 985 | 1121 | 735 | 2936 |
| OpenStudio | 216 | 483 | 884 | 122 | 2264 |
| Mês e hora de pico | Julho 19h | Julho 14h | Novembro 15h | Julho 19h | Novembro 14h |

Na Tabela 4.3 observa-se que os valores obtidos no HAP são maiores face aos do *OpenStudio*. Realça-se que a maior diferença é obtida na sala, registando uma diferença de 672 W, sendo que a casa de banho é o espaço que os valores são mais próximos, com uma diferença de 3 W.

Tabela 4.4 – Potência calorífica transmitida pelas paredes: HAP vs *OpenStudio*

| | Casa de banho | Cozinha | Escritório | Hall | Sala |
|-----------------------|------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | [W] | | | | |
| HAP | -66 | -30 | -122 | -9 | -244 |
| OpenStudio | 93 | 244 | 516 | -34 | 761 |
| Mês e hora de pico | Julho 19h | Julho 14h | Novembro 15h | Julho 19h | Novembro 14h |

Analisando a Tabela 4.4, observa-se que os valores obtidos pelo HAP indicam que todos os espaços estão a perder calor pelas paredes, sendo que este acontecimento no *OpenStudio* apenas ocorre no hall. Tal como obteve-se nas superfícies envidraçadas, a maior diferença entre valores é registada na sala (1005 W). Contudo, o hall é o espaço onde se regista a menor diferença entre valores (43 W).

Tabela 4.5 – Potência calorífica transmitida pela cobertura: HAP vs OpenStudio

| | Casa de banho | Cozinha | Escritório | Hall | Sala |
|-----------------------|------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | [W] | | | | |
| HAP | 0 | 65 | -31 | 61 | -108 |
| OpenStudio | -20 | 240 | -23 | -26 | -16 |
| Mês e hora de pico | Julho 19h | Julho 14h | Novembro 15h | Julho 19h | Novembro 14h |

Analisando os resultados da Tabela 4.5, observa-se que ao contrário das paredes, existe uma maior concordância no sentido da troca de calor. A maior diferença de valores é registada na cozinha, sendo que a menor regista-se no escritório.

Como foi possível observar, existem diferenças nos resultados obtidos entre os 2 *softwares*, no qual pode ser justificada pelo diferente método de cálculo utilizado.

Salienta-se o facto de que, para o cálculo da troca térmica, o *software* Carrier HAP apenas utiliza os perfis de temperatura e de radiação definidos pelo utilizador, apresentados na Figura 4.31 e Figura 4.33 [89]. O ficheiro comum ao *OpenStudio* apenas é utilizado quando se pretende simular os consumos energéticos. Esta limitação é um condicionante que se deve ter em conta, uma vez que influencia as temperaturas exteriores e a radiação solar e, conseqüentemente, a energia que é transmitida para o interior do edifício pelas superfícies envidraçadas.

Na troca térmica pelas superfícies envidraçadas existem diferenças dos valores obtidos com ambos os programas, sendo o hall e a sala aqueles que registam a maior disparidade. Para além da diferença apresentada anteriormente, esta discrepância pode ser justificada pela diferença na modelação do edifício, mais concretamente da posição da superfície envidraçada na parede. No HAP, a modelação da superfície envidraçada é realizada através da indicação da sua área, características e superfície opaca em que esta se encontra. O *OpenStudio* difere por permitir a modelação geométrica, no qual é possível indicar a posição desta na superfície opaca. Assim, o sombreamento causado pela parede não é tido em conta no HAP, influenciando o valor da troca térmica. Dando como exemplo, na sala a superfície envidraçada orientada a Este encontra-se posicionada junto à parede exterior a Sul da cozinha. Como está junto a uma esquina, irá sofrer um pouco de sombreamento em determinada do dia, influenciando a troca térmica.

Relativamente às superfícies opacas, as diferenças são mais significativas, tanto numericamente como na indicação do sentido da transferência de calor, que pode ser justificada pelo método de cálculo de transferência de calor utilizado por cada *software*.

No caso do *OpenStudio*, a transferência de calor pelas superfícies opacas exteriores é influenciado pela troca de calor por condução, convecção e radiação solar [79].

Para o cálculo da troca de calor por condução, o programa tem em conta o coeficiente global de transmissão térmica das superfícies opacas.

No cálculo da transferência de calor por convecção, o valor do coeficiente de convecção é influenciado pelo algoritmo escolhido pelo utilizador, quer para a convecção exterior quer interior. Em todo o trabalho utilizou-se os algoritmos pré-definidos pelo *software*, no qual para a convecção exterior tem em conta correlações provenientes da medição em superfícies rugosas, sendo que para a convecção interior tem em conta a diferença de temperatura entre a superfície e o ar do espaço [79, 90].

No que diz respeito à radiação, tem em conta a radiação solar direta e difusa, no qual depende da localização, do ângulo da superfície exterior exposta à radiação solar, materiais que constituem a superfície opaca, condições exteriores, entre outros, disponível no ficheiro *weather* importado [79].

Para o cálculo no Carrier HAP, este tem em conta os coeficientes de transmissão de calor por condução, tendo em conta a constituição das envolventes opacas, a temperatura do ar interior, a área da parede e a temperatura causada pela radiação solar na superfície opaca exterior. No entanto, o HAP considera a existência de um atraso no tempo entre o ganho de calor ocorrido na superfície exterior (parede ou cobertura) e a sua transmissão para o espaço interior, mais concretamente a inércia térmica. Desta forma, o cálculo do ganho de calor deve considerar a transferência de calor transiente. Para além disto, o termo da temperatura causada pela radiação solar, não representa a temperatura real da superfície, mas uma temperatura que daria o ganho real de calor externo, quando 100% do ganho de calor fosse convecção [91].

Analisando os métodos de modelação e cálculo do *OpenStudio* e do HAP é possível concluir que ambos são diferentes. O *OpenStudio*, apresenta um método de cálculo mais complexo, que difere do HAP por ter em conta, a radiação solar direta que penetra a superfície envidraçada e incide nas paredes interiores, a acumulação de calor dentro do espaço e a convecção interior [92]. A acumulação de calor deve-se à capacidade do

programa em simular a troca térmica, considerando que os materiais absorvem, armazenam e libertam calor.

Como visto, estes dois programas diferem no método de cálculo e nas considerações que têm em conta. Assim, o *OpenStudio* é um programa que permite estudar e visualizar dinamicamente o comportamento térmico nos espaços ao longo do dia, enquanto o HAP, com a sua rápida resposta, torna-se vantajoso quando se pretende um dimensionamento do sistema de AVAC.

4.5. Estudo comparativo de diferentes superfícies envidraçadas

Nesta secção pretende-se analisar o impacto que a alteração dos vidros das superfícies envidraçadas existentes na habitação por outras soluções existentes no mercado apresentam na eficiência energética, mais concretamente no consumo energético. Neste estudo serão considerados três vidros duplos existentes no mercado com o objetivo de se comparar os ganhos e perdas térmicas das diferentes soluções. Esta análise irá permitir estimar os custos em climatização com as três soluções e realizar uma análise que compare os custos de investimento e de climatização das diferentes soluções.

4.5.1. Estudo dos ganhos e perdas energéticas anuais

Para realização deste estudo foram selecionadas três soluções de vidros com características e indicações diferentes. A solução Climalit é a solução de vidro mais simples, sendo apenas constituída por uma estrutura de vidro duplo incolor. É a solução que apresenta o coeficiente de transmissão de calor e o fator solar mais elevado. O vidro Climaguard P possui uma capa na face exterior do vidro interior que permite um elevado ganho solar e uma boa transmissão de luz. Desta forma irá permitir uma redução do consumo de aquecimento e um melhor conforto no inverno, sendo esperado que o consumo de arrefecimento seja maior, devido ao seu alto fator solar. Finalmente, o vidro GuardianSun tem uma capa na face interior do vidro exterior, permitindo conforto em qualquer estação do ano e entrada de luz natural. Esta solução é a que apresenta os valores mais baixos do coeficiente de transmissão de calor e do fator solar, sendo esperado que proporcione um consumo mais baixo na época de arrefecimento [93].

Tendo em conta a importância de se evitar as necessidades de aquecimento no verão e de arrefecimento no inverno no interior da habitação, neste estudo será feita uma análise aos ganhos e perdas térmicas anuais.

A Tabela 4.6 apresenta as principais características das superfícies envidraçadas, cujos dados foram retirados do CalumenLive (Saint-Gobain), e do Performance Calculator (Guardian Glass). Para além disto é ainda possível observar que será estudado um vidro com as características iguais às do vidro já instalado (Climalit), outro com as características mais próximas às do vidro ótimo escolhidas do estudo do U e do SHG (GuardianSun), e um outro com um SHG ligeiramente maior a este último (Climaguard P).

Tabela 4.6 – Tipos de vidros em análise [94, 95]

| Modelo | Fabricante | Caraterísticas [mm] | U [W/m ²] | Fator solar |
|--------------|--------------|---------------------|-----------------------|-------------|
| Climalit | Saint Gobain | 4 / 16 (ar) / 4 | 2,7 | 0,8 |
| GuardianSun | Guardian | 4 / 16 (ar) / 6 | 1,3 | 0,43 |
| Climaguard P | Glass | 6 / 16 (ar) / 4 | 1,4 | 0,63 |

Foi realizado um estudo para análise dos ganhos e perdas térmicas, ocorridas nas superfícies envidraçadas de cada divisão do edifício. A Figura 4.34 e Figura 4.35 apresentam os ganhos e perdas máximos na estação de arrefecimento e de aquecimento, respetivamente, por espaço, para as diferentes soluções.

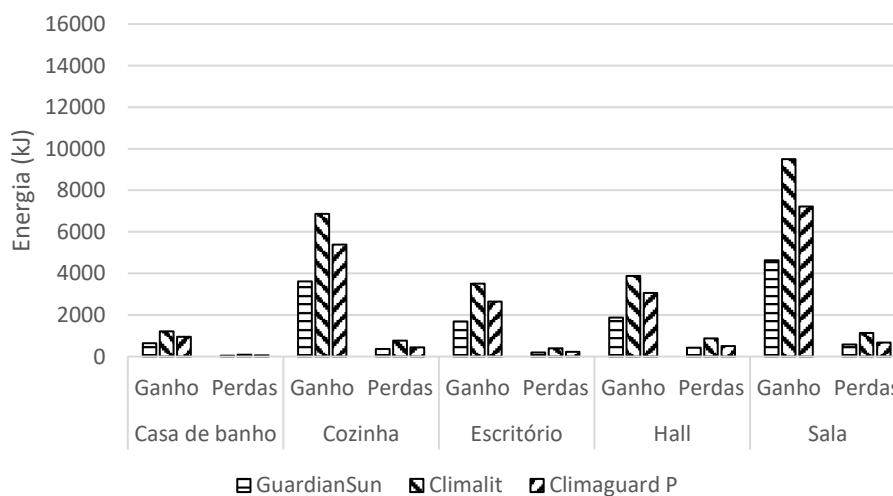


Figura 4.34 – Tipos de vidros vs Ganho e perda no verão em cada espaço

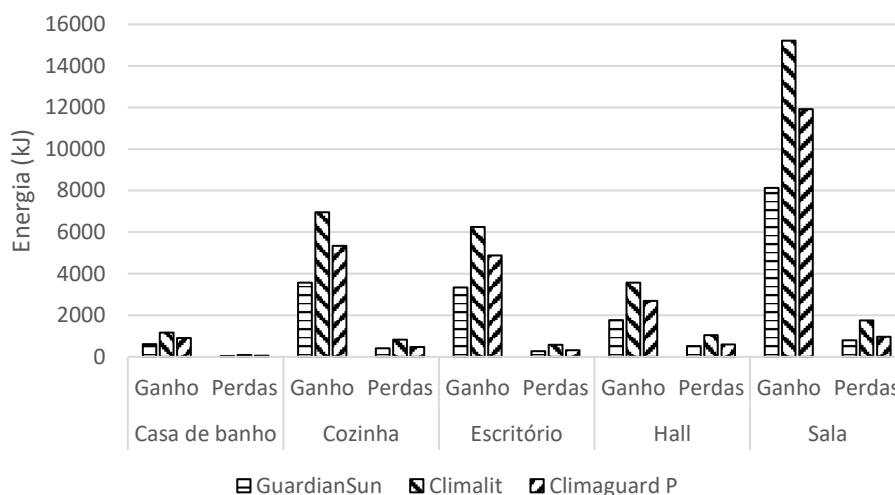


Figura 4.35 – Tipos de vidros vs Ganho e perda no inverno em cada espaço

Analisando a Figura 4.34 e Figura 4.35 observa-se que o Climalit é a superfície envidraçada que se destaca, tanto nos ganhos como nas perdas. Esta conclusão já era expectável por se tratar do vidro que apresenta os maiores valores de coeficiente de transmissão de calor e de fator solar, permitindo mais trocas de calor com o interior do espaço. Além disto, destaca-se ainda o facto de as perdas com o vidro do GuardianSun e do Climaguard P serem praticamente iguais. Tendo em conta que este último apresenta um maior ganho de calor, é expectável que se torne mais vantajoso no inverno do que no verão, uma vez que foi projetado para proporcionar um melhor conforto no inverno.

Comparando a troca térmica nos espaços no verão e inverno, observa-se que a sala e a cozinha apresentam um aumento significativo nos ganhos na estação de aquecimento. Como ambos possuem uma superfície envidraçada na orientação Sul e devido à incidência solar perpendicular nelas, os ganhos por radiação solar aumentam, sendo vantajoso nesta estação do ano.

4.5.2. Custos de exploração das diferentes soluções

Esta secção apresenta uma análise económica sobre os custos associados à instalação das diferentes soluções de superfícies envidraçadas, com o objetivo de saber se é economicamente rentável o investimento na substituição do vidro por outro com melhores características. Para tal, serão calculados os custos energéticos associados à necessidade de climatizar o edifício com uma temperatura de conforto, no qual as necessidades de aquecimento e de arrefecimento podem ser facilmente entendidas na Figura 4.36.

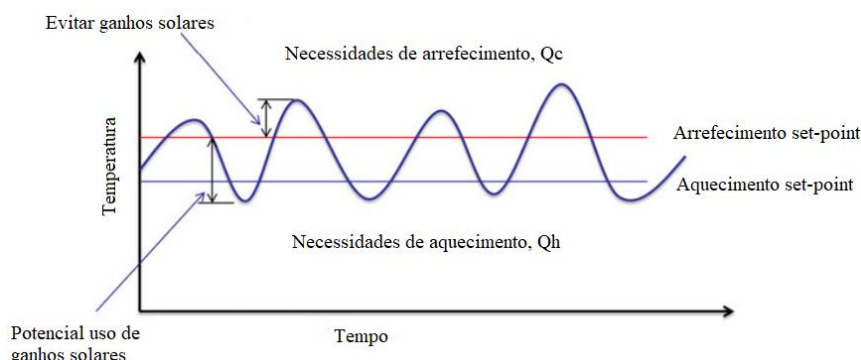


Figura 4.36 – Necessidades de aquecimento e de arrefecimento
[Adaptado de: [84]]

Analisando a Figura 4.36 é possível observar quando é que existe necessidade de aquecimento e de arrefecimento, quando esta está abaixo ou acima, respetivamente, dos valores de conforto. Este controlo é feito através da definição de valores de referência (usualmente conhecidos por *set-point*) implementados no controlador do sistema de climatização. Assim, se a temperatura se mantiver dentro dos valores de conforto estabelecidos, os gastos em climatização serão menores. A redução e o aumento do ganho de calor são uma forma de se reduzir os gastos em climatização no verão e no inverno, respetivamente.

Para além dos gastos energéticos, também é importante analisar o custo do investimento inicial, ou seja, o preço das superfícies envidraçadas a instalar na habitação, cuja área total é de 23,68 m². Através de um estudo de mercado, foi possível saber os preços praticados no mercado atualmente com os 3 vidros em análise, os quais podem ser observados na Tabela 4.7. Apesar de a caixilharia estar modelada no programa, salienta-se que neste estudo não se irá ter em conta o seu preço, uma vez que o coeficiente de transmissão térmica desta não foi alterada ao longo deste trabalho. Desta forma, a sua influência não foi estudada no âmbito do trabalho, fazendo com este estudo foque apenas o custo do vidro.

Tabela 4.7 – Investimento inicial dos diferentes tipos de vidros

| Vidro | Custo [€/m ²] | Custo de investimento [€] |
|--------------|---------------------------|---------------------------|
| GuardianSun | 69,48 | 1645,29 |
| Climalit | 46,54 | 1102,07 |
| Climaguard P | 61,60 | 1458,69 |

Foi realizado um cálculo do custo de exploração, para cada uma das soluções. Recorrendo à ADENE, observa-se que este custo engloba a energia para aquecimento,

para arrefecimento, para os ventiladores e águas quentes sanitárias. No entanto, este estudo não inclui a energia gasta nas águas quentes sanitárias. Assim, o custo de exploração de cada uma das soluções foi calculado através da equação (4.2) [96]:

$$C_{\text{exp}} = C_{\text{energia}} \times (EF_{\text{ic}} + EF_{\text{vc}} + W_{\text{vm}}) \quad (4.2)$$

no qual:

C_{exp} – Custo de exploração [€/ano];

C_{energia} – Custo da energia elétrica [€/kWh];

EF_{ic} – Energia elétrica necessária para o aquecimento [kWh/ano];

EF_{vc} – Energia elétrica necessária para o arrefecimento [kWh/ano];

W_{vm} – Energia elétrica necessária para o funcionamento dos ventiladores [kWh/ano].

No *OpenStudio*, através da implementação de um sistema de piso radiante elétrico na casa de banho e um sistema VRF nos restantes espaços, obtém-se os diferentes consumos de energia anuais de arrefecimento, aquecimento e dos ventiladores, tal como é possível observar na Tabela 4.8. Para estes valores não foi necessário definir nenhuma variável de *output*, visto que estes parâmetros são simulados automaticamente pelo programa.

Tabela 4.8 – Necessidades energéticas anuais para garantir as temperaturas de conforto para cada vidro

| Vidro | Necessidades energéticas anuais [kWh/ano] | | | Total |
|--------------|---|---------------|--------------|---------|
| | Aquecimento | Arrefecimento | Ventiladores | |
| Climalit | 916,67 | 1244,44 | 847,22 | 3008,33 |
| GuardianSun | 1169,44 | 616,67 | 586,11 | 2372,22 |
| Climaguard P | 947,22 | 927,78 | 686,11 | 2561,11 |

Através da Tabela 4.8 é possível observar as diferentes necessidades energéticas para os 3 tipos de vidros em estudo. O caso em que é necessário um maior gasto energético em climatização é o Climalit. Tal já era expectável, pois comparando com a Figura 4.34 e Figura 4.35, é o vidro que apresenta os maiores valores de ganho e de perda de calor. No entanto, realça-se o facto de este ser o vidro que apresenta um menor gasto energético anual em aquecimento. Apesar de registar o maior valor de perdas, a diferença para os restantes não é tão significativa como no ganho, pois devido à sua forte capacidade de permitir a transmissão de radiação solar para o espaço, permite obter temperaturas perto das de conforto no inverno, reduzindo as necessidades de aquecimento.

Seguindo o mesmo princípio, se o Climalit devido à sua forte capacidade de permitir o ganho de calor apresenta um bom desempenho no inverno, o GuardianSun, com a sua reduzida capacidade de permitir ganho de calor, é um vidro pouco eficaz na estação de aquecimento, mas bastante eficaz na estação de arrefecimento. A análise aos resultados apresenta o GuardianSun como a solução que permite um menor gasto energético total.

Por fim, o vidro Climaguard P é a solução que apresenta, aproximadamente as mesmas necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento. No entanto, apesar de apresentar necessidades energéticas aproximadas, é o vidro que apresenta o segundo maior consumo energético total anual.

4.5.3. Estudo de análise económica das diferentes soluções

Foi realizado um estudo de análise económica para comparar os custos de investimento e de exploração ao longo de 20 anos (tempo de vida útil de um sistema de climatização), considerando 2 cenários distintos. No primeiro cenário, considerou-se que se trataria de uma instalação nova e, portanto, foram contabilizados os custos de investimento e de exploração das 3 superfícies envidraçadas. No segundo cenário, considerou-se que se trataria da análise económica para equacionar a substituição da solução Climalit, por uma das outras soluções em análise.

Recorreu-se ao site da Pordata [97] para analisar o preço da eletricidade, onde se observou que, em 2021, foi de 0,2089 [€/kWh]. Desta forma, através da equação (4.2), obtém-se os seguintes custos de exploração, tal como é visível na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Custo de exploração anual e mensal de cada vidro

| Vidro | Custo de exploração | |
|--------------|---------------------|---------|
| | [€/ano] | [€/mês] |
| Climalit | 628,44 | 52,37 |
| GuardianSun | 495,56 | 41,30 |
| Climaguard P | 535,02 | 44,58 |

Tendo o custo de exploração anual e o investimento inicial de cada solução de superfície envidraçada (Tabela 4.7), foram contabilizados os custos acumulados ao longo de 20 anos para todas as soluções, que se apresentam na Figura 4.37 e na Figura 4.38.

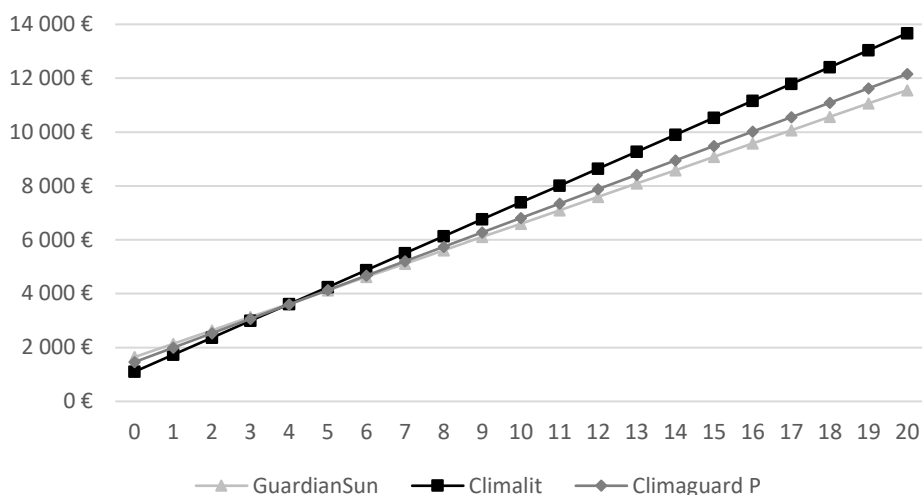


Figura 4.37 – Custo total investimento: implementação de raiz

Através da Figura 4.37 é possível observar o custo total do investimento durante 20 anos, para as diferentes superfícies envidraçadas. Apesar do investimento inicial do GuardianSun e do Climaguard P serem mais elevados que o do Climalit, o baixo custo de exploração destes, permite que ao fim de 5 e 4 anos, respetivamente, o custo total de investimento dos 3 vidros sejam iguais. Este período, conhecido como período de retorno, é o que permite recuperar a diferença do investimento inicial face ao investimento inicial mais baixo: o Climalit.

Analisando o custo total ao fim de 20 anos (investimento inicial mais o custo de exploração), observa-se que o GuardianSun é a solução mais económica, seguida pelo Climaguard P. Comparando a solução mais dispendiosa (Climalit) com o GuardianSun verifica-se que é possível poupar 2114,45 € ao fim de 20 anos, correspondendo a 100,69 €/mês. Fazendo a comparação entre o Climalit e o Climaguard P, verifica-se uma poupança de 1511,87 €, correspondendo a 71,99 €/mês. Desta forma, apesar de o investimento do GuardianSun ser mais alto que o Climaguard P, o baixo custo de exploração permite poupar 602,58€ ao fim de 20 anos.

Este estudo foi realizado com o pressuposto de que o preço da eletricidade se manteria constante ao longo dos anos. Recorrendo ao site da Pordata [97], observa-se que o preço da eletricidade tem apresentado uma tendência negativa nos últimos 5 anos, apresentando uma flutuação média de 2,32%. Neste sentido, consideram-se 2 possibilidades de flutuação de anual do preço da eletricidade:

- Se for assumida a tendência negativa de 2,32% no preço da eletricidade, a solução do GuardianSun será 1908,81€ mais barata, correspondendo a uma

diminuição de 16,5%, aproximadamente. Comparado com o Climalit, será ainda possível obter uma poupança de 1602,6€, correspondendo a uma diminuição de 24%, aproximadamente. Desta forma, não será possível recuperar os 1645,29 € investidos inicialmente com o GuardianSun ao fim de 20 anos;

- Se o preço tiver uma tendência positiva, tal como esperado, o custo total do GuardianSun irá aumentar 2521,86€, correspondente a um aumento de 22%, aproximadamente. Neste caso, a poupança irá ser de 2790,68€ face ao caso mais desfavorável, sendo possível recuperar os 1645,29€ do investimento inicial ao fim de 20 anos.

Como é possível observar, para a flutuação imposta, o GuardianSun continua a ser o vidro economicamente mais favorável dos 3 estudados. No primeiro caso, apesar de não ser possível recuperar o investimento inicial com a poupança obtida, a diferença entre estes é baixa, não sendo desta forma um caso crítico.

Relativamente ao segundo cenário em análise, a alteração do vidro da superfície envidraçada Climalit por uma das outras em análise, foi realizado sem ser contabilizado o custo de investimento na solução Climalit, por se tratar de uma instalação já existente e adquirida previamente. A Figura 4.38 apresenta os custos comparativos das 3 soluções de superfícies envidraçadas.

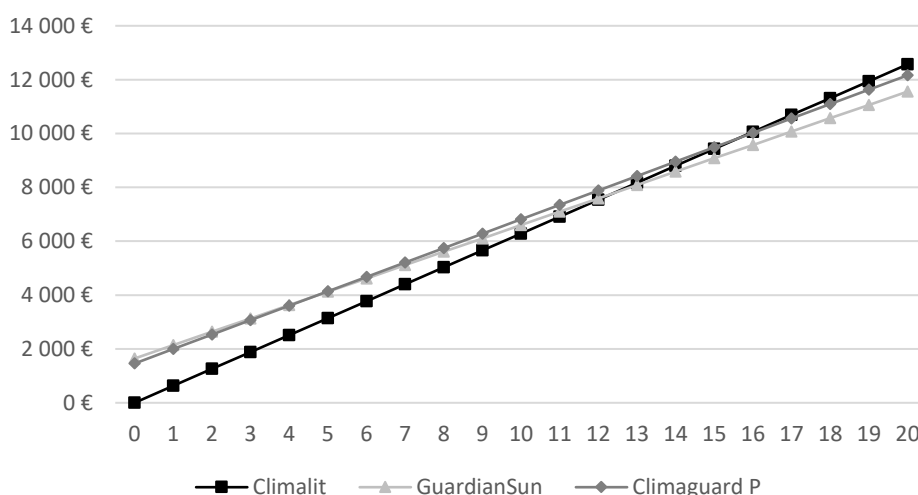


Figura 4.38 – Custo total investimento: substituição

Analisando os resultados da Figura 4.38 é possível visualizar que, no caso em que se pretende realizar a substituição do vidro já instalado, as diferenças ao fim de 20 anos já são mais reduzidas, fazendo com que os custos acumulados só sejam iguais ao fim de

13 anos com o GuardianSun e 16 anos com o Climaguard P, sendo esses os períodos de retorno de investimento pela alteração das superfícies envidraçadas.

Apesar do alto período de retorno, verifica-se que, ao fim de 20 anos, ainda é possível obter uma poupança de 1012,39€ com o GuardianSun e de 409,81€ com o Climaguard P, face ao Climalit. Comparando este cenário com o primeiro, referente à instalação nova, o investimento da alteração das superfícies envidraçadas não é tão vantajoso economicamente.

Se forem consideradas as mesmas flutuações do preço da eletricidade do primeiro cenário, as variações do custo total serão da mesma grandeza percentual. No entanto, a poupança obtida do melhor vidro (GuardianSun) comparado com o Climalit, irão ser:

- Se o preço permanecer com uma tendência negativa será possível obter uma poupança de 500,53€, ao fim de 20 anos, ou seja, a poupança obtida irá ser 50% menor, aproximadamente, face ao caso em que o preço se mantém constante. Neste caso, apenas é possível recuperar 30% do investimento inicial;
- Se o preço tiver uma tendência positiva, regista-se um valor de 1688,61€, ou seja, aumentava 67% face ao caso do preço constante.

Com a tendência do preço negativa, será possível obter uma poupança igual a 500€ com a alteração do Climatic para o GuardianSun. Desta forma, o investimento não se torna economicamente vantajoso. Contudo, verifica-se que, no caso do aumento do preço, seria possível recuperar na totalidade o investimento inicial, tornando-se, desta forma, um investimento economicamente vantajoso dentro dos 3 apresentados.

No entanto, existem outros aspetos a ter em conta na alteração das superfícies envidraçadas além da análise económica, sendo o conforto um dos mais importantes.

O conforto gerado por um ar condicionado não é igual ao gerado por uma boa envolvente. Se observarmos a Figura 4.34 e Figura 4.35, correspondente aos ganhos e perdas no verão e no inverno de cada vidro, o Climalit é o que apresenta maiores ganhos e perdas em ambos os casos. Por outro lado, o GuardianSun, é aquele que mais impede as perdas e ganhos térmicos. Na Figura 4.39 é possível observar o contributo que cada um tem na temperatura interior média horária para os meses de projeto (janeiro e agosto), quando o edifício não se encontra climatizado.

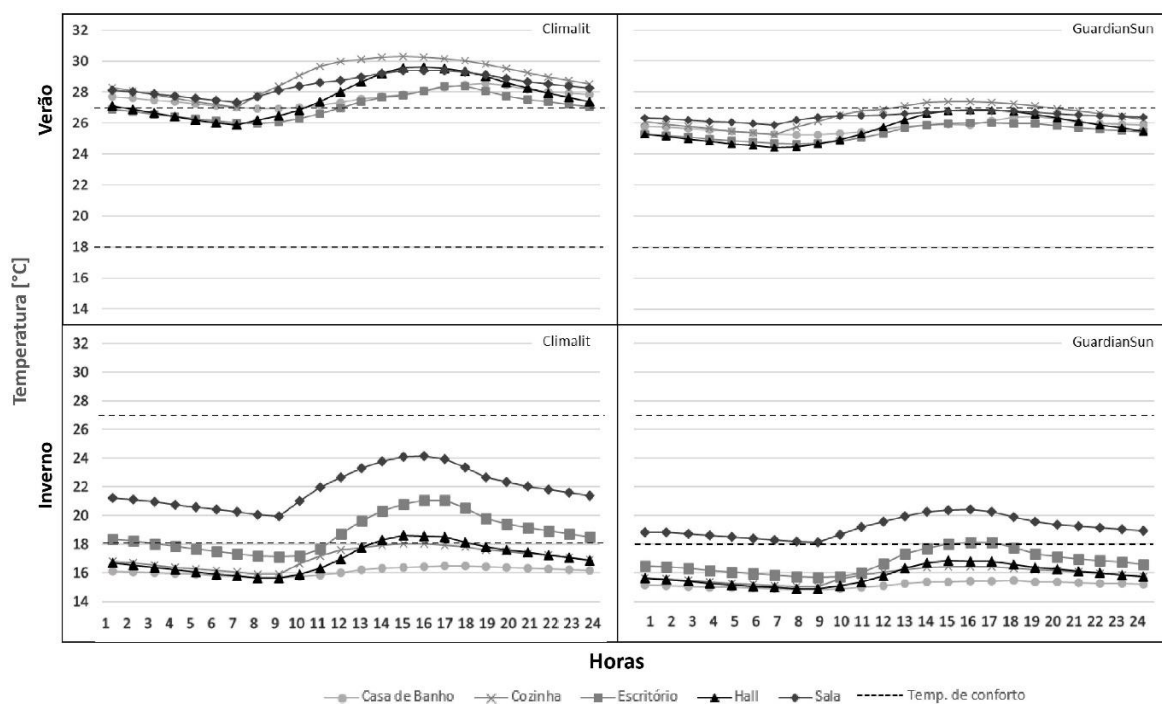


Figura 4.39 – Temperatura média horária nos espaços: Climalit vs GuardianSun

Analisando a Figura 4.39, observa-se que a diferença de temperaturas entre espaços é menor com o GuardianSun, tanto no verão como no inverno. Desta forma, o edifício irá apresentar uma temperatura quase homogénea, não havendo grandes diferenciais térmicos entre os espaços.

No verão, observa-se que, ao contrário do Climalit em que apresenta uma temperatura média horária superior à de conforto em todos os espaços, o GuardianSun permite que estejam todos dentro da temperatura de conforto, limitando o uso de climatização.

No inverno, observa-se que o alto fator solar do Climalit permite obter uma maior temperatura. No entanto, o insuficiente isolamento térmico permite uma grande variação de temperatura no espaço, registando-se diferenças menores ou iguais a 5 °C. No caso do GuardianSun, apesar de apresentar grande parte dos espaços com temperaturas médias horárias fora dos parâmetros de conforto, a boa capacidade de isolamento térmico faz com que a oscilação em cada espaço apresente uma variação máxima de 2 °C, aproximadamente.

Desta forma, num edifício com as superfícies envidraçadas sem a presença de estores e com o objetivo de se obter um equilíbrio de conforto e económico, o GuardianSun seria uma boa escolha.

Esta página foi deixada em branco propositadamente
This page was left in blank intentionally

5. Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1. Conclusões

Esta dissertação analisou a influência das superfícies envidraçadas nos ganhos térmicos dos edifícios, usando-se, como caso de estudo, uma moradia unifamiliar localizada no concelho de Mafra, distrito de Lisboa. Esta moradia tem superfícies envidraçadas nas várias direções e elementos construtivos que permitem fazer sombreamento em algumas horas do dia ou ano.

Os estudos foram realizados com recurso à simulação dinâmica, utilizando como motor de cálculo o programa *EnergyPlus*. A moradia foi modelada em 3D com recurso ao programa *SketchUp*. Neste processo, foram incluídas todas as superfícies opacas e envidraçadas, pisos e coberturas da moradia e definidos os espaços a simular. O modelo energético foi desenvolvido no programa *OpenStudio*, tendo sido definidas as características térmicas dos elementos construtivos, as cargas térmicas existentes no edifício devido a iluminação e pessoas, e os sistemas de AVAC a utilizar para a análise económica. As simulações realizadas no programa *EnergyPlus* pretenderam analisar a influência que das principais características das superfícies envidraçadas, nomeadamente o coeficiente de transmissão térmica (U) e fator solar (SHG). Os estudos consideraram diferentes valores de U, SHG e orientações, variando cada parâmetro individualmente, de modo a avaliar a influência que cada um tem no comportamento térmico do edifício.

Assim, foi realizado um estudo para analisar o efeito que o U tem no comportamento térmico do edifício considerando diferentes valores: 5,7; 5,2; 1,4 e 1,3 W/m².°C, para um alto (0,78) e baixo fator solar (0,23). Os resultados permitiram concluir que os vidros com U = 1,3 W/m².°C são mais benéficos para o comportamento térmico da moradia. Estes vidros permitem reduzir os ganhos no verão, obtendo-se a maior diminuição dos ganhos energéticos numa superfície envidraçada orientada a Sul. Em contrapartida, estes vidros apresentam uma influência negativa nos ganhos solares no inverno mas, mesmo assim, permitem que as perdas diminuam pelo menos 50%, tornando-se benéfico para um menor diferencial térmico no espaço. Foi ainda possível observar que uma superfície envidraçada orientada a Sul permite um aumento de 85% dos ganhos no inverno face ao verão, reduzindo as necessidades de aquecimento.

Foram realizadas simulações para analisar a influência do fator solar. Consideraram-se fatores SHG = {0,61; 0,47; 0,35 e 0,23}, mantendo-se um coeficiente de transmissão térmica de $2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Os resultados da simulação permitiram concluir que existe um melhor comportamento térmico do edifício com o fator solar igual a 0,35. Foi ainda possível analisar que a diminuição do SHG permite uma redução de, pelo menos, 70% do ganho de calor no verão, o que se traduz uma redução nas necessidades de arrefecimento, evitando o sobreaquecimento dos espaços e, conseqüentemente, o desconforto térmico nas pessoas e o aumento da necessidade de arrefecimento. Por outro lado, a utilização de vidros com SHG = 0,35 reduz, pelo menos, 55% do fluxo de calor máximo no inverno em relação ao verão, tornando-se desfavorável. Os resultados de simulação permitiram concluir que, quanto menor é o SHG, menor é o ganho no inverno.

A análise do efeito que os elementos construtivos presentes no edifício apresentam nas trocas térmicas permitiu concluir que se torna vantajoso possuir elementos construtivos horizontais nas superfícies envidraçadas orientadas a Sul e Este. Foi possível observar que estas apresentam uma redução do ganho no verão de 69% e 62%, respetivamente. Em contrapartida, observou-se que um elemento construtivo vertical numa superfície envidraçada a Este apresenta apenas influência no inverno. Esta influência é bastante negativa, visto que nesta altura do ano os ganhos de calor são bastante benéficos para reduzir as necessidades de aquecimento.

O modelo da moradia foi implementado no programa Carrier HAP com o objetivo de comparar as cargas térmicas com um programa de simulação dinâmica amplamente utilizado no mercado. Desta análise foi possível concluir que, devido aos diferentes métodos de cálculo e considerações aplicadas por cada programa, o resultado das simulações diferem. O cálculo do *OpenStudio* é realizado com a variação das variáveis interiores e exteriores, de forma dinâmica ao longo do tempo, permitindo estudar e visualizar o comportamento térmico nos espaços ao longo do dia. No HAP consegue obter-se um dimensionamento do sistema AVAC através de uma modelação mais simples e rápida.

Como além do conforto térmico também é importante ter em conta os gastos despendidos, foi realizada uma análise económica a 3 vidros, com características diferentes, existentes no mercado. Os resultados permitiram concluir que, apesar da solução de vidro duplo GuardianSun ter um investimento inicial mais elevado

(1645,29 €), apresenta o menor custo de exploração (495,56 €/ano), tornando-se a mais económica.

No cenário em que se estudou a implementação de raiz e comparando com Climalit, o GuardianSun terá um período de retorno de 5 anos e será possível obter uma poupança de 2114,45 € ao fim de 20 anos. Verificou-se que, se a tendência do preço da eletricidade for tida em conta, em ambos os casos, é possível recuperar o investimento realizado.

Na análise da substituição da solução instalada na moradia (Climalit), pelo GuardianSun, verificou-se que o período de retorno aumentou para os 13 anos, sendo possível obter uma poupança de 1012,39 € ao fim de 20. No entanto, quando analisado o contributo do GuardianSun na temperatura interior, verificou-se que o diferencial térmico é menor face ao Climalit, obtendo-se uma temperatura quase homogénea no edifício. Assim, e com o objetivo de se obter um equilíbrio económico e de conforto, concluiu-se que o GuardianSun seria uma boa escolha.

No entanto, esta escolha não teve em conta a presença de estores, a possível “barreira” à perda de calor noturna ou ao aumento dos ganhos no período de altas temperaturas não foi tida em conta. A adição deste elemento nas superfícies envidraçadas poderá melhorar o conforto térmico e reduzir os custos na energia do sistema de climatização. Além disto, foi considerado que as portas interiores estão sempre fechadas. Desta forma, constitui uma “barreira” à troca de calor entre espaços. No caso em que apenas existam alguns espaços com temperaturas fora da zona de conforto, a abertura das portas interiores poderá levar a uma homogeneização da temperatura e reduzir as necessidades de climatização.

5.2.Desenvolvimentos futuros

Na sequência do trabalho descrito são apresentadas algumas propostas de desenvolvimentos futuros que podem complementar e dar continuidade a esta dissertação de mestrado.

Tendo em conta que o presente trabalho se focou apenas nas superfícies envidraças, propõe-se a realização de uma análise no comportamento térmico e económico do edifício com a presença de estores.

Propõe-se estudar o efeito da abertura e fecho dos estores, parcial ou total, em determinadas horas do dia. Esta análise pode ser considerada no desenvolvimento de um

sistema que controle a abertura e o fecho dos estores automaticamente, garantindo as condições de temperatura, conforto térmico e luminosidade adequadas.

Referências

- [1] “BCSD Portugal - Manual de boas práticas de eficiência energética,” 2005.
- [2] “Balanço Energético Sintético 2019,” Direção Geral de Energia e Geologia. [Online]. [Acedido em 10 09 2020].
- [3] “Balanço Energético Sintético 2020,” Direção Geral de Energia e Geologia. [Online]. [Acedido em 29 12 2020].
- [4] “Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE),” *Diário da República*, nº 80, pp. 2468-2513, 2006.
- [5] “Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações”.*Decreto-Lei nº79/2006 de 4 de Abril*.
- [6] “Ministério da Economia e da Inovação”.*Decreto-Lei nº78/2006 de 4 de Abril*.
- [7] “Check-up: Como manter a sua casa eficiente,” EDP Comercial, [Online]. Available: <https://www.edp.pt/particulares/content-hub/check-up-como-manter-a-sua-casa-eficiente/>. [Acedido em 29 12 2020].
- [8] M. Taleghani, M. Tenpierik, S. Kurvers e A. v. d. Dobbelsesteen, “A review into thermal comfort in buildings,” *Elsevier*, vol. 26, pp. 201-215, 2013.
- [9] E. L. Kru e P. H. T. Zannin, “Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms,” *Building and Environment*, vol. 39, nº 9, pp. 1055-1063, 2004.
- [10] H. Nilsson e I. Holmér, *Comfort climate evaluation with thermal manikin methods and computer simulation models*, 2003.
- [11] G. Lamberti, “Thermal comfort in the built environment: Current solutions and future expectations,” *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020*, 2020.
- [12] C. Suárez, A. Iranzo, J. A. Salva, E. Tapia, G. Barea e J. Guerra, “Parametric investigation using computational fluid dynamics of the HVAC air distribution in a railway vehicle for representative weather and operating conditions,” *Energies*, vol. 10, nº 8, 2017.
- [13] N. Gkikas, *Automotive Ergonomics - Driver-Vehicle Interaction*, CRC Press, 2013.
- [14] E. Arens e Z. Hui, *The skin's role in human thermoregulation and comfort*, 2006.
- [15] “Thermal Comfort,” em *ASHRAE handbook Fundamentals*, 2009, pp. 9.1-9.30.
- [16] F. R. d. Alfano, B. W. Olesen e B. I. Palella, “Povl Ole Fanger's impact ten years later,” *Energy and Buildings*, vol. 152, pp. 243-249, 2017.
- [17] M. Abdallah, M. Golparvar-Fard e C. Clevenger, “Developing a Thermal Comfort Report Card for Building,” *Procedia Engineering*, vol. 118, pp. 675-682, 2015.
- [18] V. Candás, “The thermal environment and its effects on human,” *Seminar*, pp. 71-82, 1999.
- [19] J. M. Devonshire e J. R. Sayer, “The effects of infrared-reflective and antireflective glazing on thermal comfort and visual performance: a literature review,” *Control*, pp. 17-20, 2002.
- [20] M. Mathew, V. P. F. Ali, M. K. Yasir e K. Shibliyas, “Occupant comfort analysis of an educational building located in warm-humid tropical climate,” 2017

- Innovations in Power and Advanced Computing Technologies, i-PACT 2017*, pp. 1-5, 2017.
- [21] B. M. Shamsul, C. C. Sia, Y. G. Ng e K. Karmegan, “Effects of Light’s Colour Temperatures on Visual Comfort Level, Task Performances, and Alertness among Students,” *American Journal of Public Health Research*, vol. 1, nº 7, pp. 159-165, 2013.
- [22] M. Mohsenin e J. Hu, “Assessing daylight performance in atrium buildings by using Climate Based Daylight Modeling,” *Solar Energy*, vol. 119, pp. 553-560, 2015.
- [23] T. Kazanasmaz, L. O. Grobe, C. Bauer, M. Krehel e S. Wittkopf, “Three approaches to optimize optical properties and size of a South-facing window for spatial Daylight Autonomy,” *Building and Environment*, vol. 102, pp. 243-256, 2016.
- [24] J. Shaeri, A. Habibi, M. Yaghoubi e A. Chokhachian, “The optimum window-to-wall ratio in office buildings for hot-humid, hot-dry, and cold climates in Iran,” *Environments - MDPI*, vol. 6, nº 4, 2019.
- [25] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comun, “Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro,” *Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*, pp. 490 - 504, 06 02 1990.
- [26] D. Y. Goswami, *Principles of Solar Engineering*, 2015.
- [27] L. Roriz, J. Rosendo, F. Lourenço e K. Calhau, *Energia Solar em Edifícios*, Orion, 2010.
- [28] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman e A. S. Lavine, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, USA: John Wiley & Sons, 2007.
- [29] “The Engineering ToolBox,” *Conductive Heat Transfer*, [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/conductive-heat-transfer-d_428.html. [Acedido em 07 08 2020].
- [30] “The Engineering ToolBox,” *Thermal Conductivity of selected Materials and Gases*, [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html. [Acedido em 07 08 2020].
- [31] J. H. Lienhard IV e J. H. Lienhard V, *A Heat Transfer Textbook*, Massachusetts, USA: Cambridge, 2001.
- [32] “Radiation Heat Transfer,” *ScienceDirect*, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/radiation-heat-transfer>. [Acedido em 08 04 2022].
- [33] M. A. Varejão-Silva, *Meteorologia e Climatologia*, 2006.
- [34] J. A. Duffie e W. A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2013.
- [35] F. Moita, *Energia Solar Passiva*, Lisboa: Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1987.
- [36] S. A. Kalogirou, *Solar Energy Engineering - Processes and Systems*, 2014.
- [37] H. Gonçalves e J. M. Graça, *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, Lisboa, 2004.
- [38] F. J. C. Ramalheira, *Manual de boas práticas de escolha de vãos envidraçados - Exigências Funcionais de Vãos Envidraçados*, Porto, 2004.
- [39] F. S. Westphal, *Manual Técnico do Vidro Plano para Edificações*, São Paulo, 2016.

- [40] “VITROCHAVES - Indústria de vidro S.A.,” [Online]. Available: <http://www.vitrochaves.com/?p=487&lang=pt>. [Acedido em 28 08 2020].
- [41] “ScreenLine,” [Online]. Available: <http://www.screenline.com.br/comportamento-energetico.php>. [Acedido em 28 08 2020].
- [42] D. L. Marinoski, S. Güths, F. O. Pereira e R. Lamberts, “Improvement of a measurement system for solar heat gain through fenestrations,” *Energy and Buildings*, vol. 39, n° 4, pp. 478-487, 2007.
- [43] “Window Technologies: Glazing Types,” Efficient Windows, [Online]. Available: <https://www.efficientwindows.org/gtypes/>. [Acedido em 22 09 2020].
- [44] “Window Technologies: Gas Fills,” Efficient Windows Collaborative, [Online]. Available: <https://www.efficientwindows.org/gasfills.php>. [Acedido em 24 09 2020].
- [45] “Vidro duplo ou insulado: conheça as vantagens,” JOB Home Service, 01 10 2018. [Online]. Available: <https://www.jobhomeservice.pt/blog/vidro-duplo-vidro-insulado-vantagens/>. [Acedido em 03 02 2022].
- [46] J. F. d. C. Sirgado, “Análise do impacte dos vãos envidraçados no desempenho térmico dos edifícios,” Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.
- [47] Guardian Sun, “Chegou a nova geração de vidro de alta tecnologia,” [Online].
- [48] Monteiro, “Vidro duplo de isolamento térmico reforçado,” [Online].
- [49] A. J. V. Marcos, “Vãos Envidraçados em Edifícios de Habitação: Otimização, Eficiência Energética e Análise Económica,” Porto, 2013.
- [50] J. M. E. Chaves, “A Influência do Tipo de Envidraçados e da Inércia Térmica dos Materiais na Prevenção de Situações de Sobreaquecimento no Verão,” Madeira, 2014.
- [51] C. A. P. dos Santos e L. Matias, *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, Lisboa: LNEC - ITE 50, 2006.
- [52] J. Brito, “Caixilharias,” 2005.
- [53] “Sistemas de Caixilharia,” Monteiro, [Online]. Available: <https://www.monteiros.pt/tag/sistemas-de-caixilharia/>. [Acedido em 28 10 2020].
- [54] “Caixilharia em PVC,” OriginalPerfil, [Online]. Available: <https://www.originalperfil.pt/pt/materiais/pvc>. [Acedido em 30 10 2020].
- [55] I. A. M. A. Costa, “Estudo da Durabilidade de Caixilharias,” Porto, 2013.
- [56] “Isolamento Térmico,” Technal, [Online]. Available: <https://www.technal.com/pt/pt/Particulares/O-que-necessita/Isolamento-Termico/>. [Acedido em 03 11 2020].
- [57] “Séries de Batente,” SAF, [Online]. Available: <http://www.aluminiosfilipe.com/produtos.php>. [Acedido em 07 11 2020].
- [58] G. S. Forte, “Elementos de sombreamento,” 2019.
- [59] M. S. d. J. Palhinha, “Sistemas de Sombreamento em Arquitetura: Proposta de um novo método de conceção e dimensionamento,” Lisboa, 2009.
- [60] “Tipos de proteção solar,” projeteec, [Online]. Available: <http://www.mme.gov.br/projeteec/implementacao/tipos-de-protacao-solar/>. [Acedido em 26 01 2022].

- [61] E. Lee, S. Selkowitz, V. Bazjanac, V. Inkarojrit e C. Kohler, *High-Performance Commercial Building Facades*, California, 2002.
- [62] S. R. Hastings e R. W. Crenshaw, *Window Design Strategies to Conserve Energy*, Washington, 1977.
- [63] F. Hernden, “Roof Overhangs, Are They Important?,” 2015. [Online]. Available: <https://activerain.com/blogsvie/4785173/roof-overhangs--are-they-important->. [Acedido em 12 12 2020].
- [64] SuperHomes, [Online]. Available: <http://www.superhomes.org.uk/resources/energy-efficient-windows/attachment/light-shelves/>. [Acedido em 12 12 2020].
- [65] “Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto (desempenho energético dos edifícios),” *Diário da República*, vol. 159, pp. 4988-5005, 2013.
- [66] “Qualified Software for Calculating Commercial Building Tax Deductions,” Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/buildings/qualified-software-calculating-commercial-building-tax-deductions>. [Acedido em 30 01 2022].
- [67] U. D. o. Energy, “EnergyPlus,” 2020. [Online]. Available: <https://energyplus.net/>. [Acedido em 28 08 2021].
- [68] L. Berkeley e O. Ridge, “EnergyPlus Essentials,” p. 57, 30 março 2021.
- [69] Carrier, *Hourly Analysis Program - Quick Reference Guide*, 2016.
- [70] “EnergyPlus,” Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0>. [Acedido em 23 09 2021].
- [71] A. f. S. Energy, “OpenStudio,” 2020. [Online]. Available: <https://www.openstudio.net/>. [Acedido em 28 08 2021].
- [72] “DesignBuilder Software,” Outubro 2009. [Online]. Available: http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder_2.1_Users-Manual_Ltr.pdf. [Acedido em 23 09 2021].
- [73] “Produtos - SOFTLINE Batente VEKA 70MM,” Isopvc - Sistemas de Caixilharia, Lda, [Online]. Available: https://www.isopvc.com/janelas_pvc_Softline_Batente_VEKA_70mm.html. [Acedido em 25 01 2022].
- [74] T. E. ToolBox, “Metabolic Heat Gain from Persons,” 2004. [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d_706.html. [Acedido em 30 08 2021].
- [75] “Lighting Power Densities Using Space-by-Space Method,” em *ASHRAE Standard 90.1*, 2010.
- [76] D. d. República, “Portaria n.º 349-B/2013 - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)—Requisitos de conceção para edificios novos e intervenções,” *Diário da República N.º 232, 1.ª série*, vol. 11, nº 29, pp. 18-29, 2013.
- [77] “Global Geometry Rules,” Big Ladder, [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/9-1/input-output-reference/group-thermal-zone-description-geometry.html#globalgeometryrules>. [Acedido em 29 01 2022].

- [78] “Group – Surface Construction Elements,” Big Ladder, 2017. [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-7/input-output-reference/group-surface-construction-elements.html#field-roughness-000>. [Acedido em 21 01 2022].
- [79] “Outside Surface Heat Balance,” Big Ladder, 2018. [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-5/engineering-reference/outside-surface-heat-balance.html>. [Acedido em 20 01 2022].
- [80] “Emissivity Coefficients common Products,” Engineering ToolBox, 2003. [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/emissivity-coefficients-d_447.html. [Acedido em 24 05 2021].
- [81] “Absorbed Solar Radiation,” Engineering ToolBox, 2009. [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/solar-radiation-absorbed-materials-d_1568.html. [Acedido em 24 05 2021].
- [82] “Surface Output Variables/Reports,” BigLadder, [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/9-1/input-output-reference/group-thermal-zone-description-geometry.html#surface-output-variablesreports>. [Acedido em 29 01 2022].
- [83] INMG, Normais Climatológicas de Portugal Continental, 1991.
- [84] S. Grynning, A. Gustavsen, B. Time e B. P. Jelle, “Windows in the buildings of tomorrow: Energy losers or energy gainers?,” *Energy and Buildings*, vol. 61, pp. 185-192, 2013.
- [85] A. Aldawoud, “Conventional fixed shading devices in comparison to an electrochromic glazing system in hot, dry climate,” *Energy and Buildings*, vol. 59, pp. 104-110, 2013.
- [86] “Psychrometric Analysis,” Hands Down Software, 2011 - Versão 7.5.0.
- [87] M. S. Rocha, “Radiação solar global em Portugal Continental,” *Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, vol. 4, nº 3, 1981.
- [88] “Group – Thermal Zone Description/Geometry,” BigLadder Software, [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-4/input-output-reference/group-thermal-zone-description-geometry.html#surface-average-face-conduction-heat-gain-rate-w>. [Acedido em 06 01 2022].
- [89] Carrier HAP, “Wall and Roof Load Calculations (Cooling, Simulation),” 2012.
- [90] “Inside Heat Balance,” Big Ladder, 2018. [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/9-2/engineering-reference/inside-heat-balance.html>. [Acedido em 20 01 2022].
- [91] Carrier HAP, “Principles of the Transfer Function Load Method,” 2012.
- [92] D. B. Crawley, J. W. Hand , M. Kummert e B. T. Griffith, “Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs,” *Building and Environment*, vol. 43, nº 4, pp. 661-673, 2008.
- [93] “Guardian Select,” [Online]. Available: https://www.guardiansselect.es/wp-content/uploads/2020/10/201006-Catalogo-GUARDIAN_SELECT-_PT.pdf. [Acedido em 12 10 2021].
- [94] “CalumenLive,” Saint-Gobain, [Online]. Available: <https://calumenlive.com/pt/home>. [Acedido em 10 09 2021].

- [95] “Glass Analytics,” Guardian Glass, [Online]. Available: <https://www.guardianglass.com/eu/pt/tools-and-resources/tools/glass-analytics>. [Acedido em 10 09 2021].
- [96] “Certificação Energética dos Edifícios,” 13 03 2020. [Online]. Available: https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/4.5-Guia-SCE-Medidas-Melhoria-REH_V1.pdf. [Acedido em 13 10 2021].
- [97] “Pordata,” Eurostat, 04 10 2021. [Online]. Available: [https://www.pordata.pt/Europa/Pre%3%a7os+da+electricidade+para+utilizadores+dom%3%a9sticos+e+industriais+\(Euro+ECU\)-1477](https://www.pordata.pt/Europa/Pre%3%a7os+da+electricidade+para+utilizadores+dom%3%a9sticos+e+industriais+(Euro+ECU)-1477). [Acedido em 05 01 2022].

Anexos

Estudo do efeito do coeficiente de transmissão térmica (SHG = 0,23)

Sala

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | U = 5,7 | | | | U = 5,2 | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -11,837 | -12,263 | -19,297 | -19,515 | -11,120 | -11,513 | -18,525 | -18,726 |
| 02:00:00 | -13,957 | -14,424 | -22,152 | -22,444 | -13,130 | -13,559 | -21,247 | -21,517 |
| 03:00:00 | -16,228 | -16,746 | -22,813 | -23,092 | -15,282 | -15,759 | -21,870 | -22,126 |
| 04:00:00 | -17,824 | -18,365 | -23,065 | -23,301 | -16,806 | -17,304 | -22,116 | -22,331 |
| 05:00:00 | -18,801 | -19,348 | -23,711 | -23,950 | -17,753 | -18,257 | -22,735 | -22,953 |
| 06:00:00 | 13,142 | -18,964 | -24,104 | -24,344 | 13,439 | -17,869 | -23,112 | -23,331 |
| 07:00:00 | 125,068 | -13,562 | -25,377 | -25,695 | 122,844 | -12,562 | -24,337 | -24,631 |
| 08:00:00 | 148,159 | -7,830 | -14,835 | -20,105 | 145,711 | -6,942 | -14,169 | -19,298 |
| 09:00:00 | 154,007 | 2,208 | 61,495 | 32,672 | 151,332 | 2,203 | 59,842 | 31,577 |
| 10:00:00 | 139,456 | 24,658 | 71,372 | 70,397 | 136,481 | 23,009 | 69,207 | 68,174 |
| 11:00:00 | 106,513 | 55,238 | 57,416 | 100,816 | 103,658 | 52,695 | 55,398 | 97,787 |
| 12:00:00 | 56,192 | 79,579 | 28,046 | 121,638 | 53,500 | 76,511 | 26,442 | 118,029 |
| 13:00:00 | 25,555 | 88,626 | 6,962 | 127,540 | 24,984 | 85,363 | 6,771 | 123,717 |
| 14:00:00 | 26,877 | 83,694 | 3,527 | 115,635 | 26,258 | 80,453 | 3,573 | 112,190 |
| 15:00:00 | 25,453 | 66,532 | 0,618 | 91,999 | 24,836 | 63,362 | 0,780 | 89,251 |
| 16:00:00 | 21,504 | 41,099 | -4,090 | 57,143 | 21,038 | 38,561 | -3,773 | 55,392 |
| 17:00:00 | 16,401 | 19,388 | -10,307 | 14,370 | 16,094 | 18,348 | -9,781 | 13,991 |
| 18:00:00 | 9,864 | 9,740 | -14,479 | -12,731 | 9,729 | 9,618 | -13,829 | -12,145 |
| 19:00:00 | 2,337 | 1,970 | -14,771 | -15,059 | 2,422 | 2,084 | -14,127 | -14,395 |
| 20:00:00 | -2,879 | -3,407 | -14,955 | -15,173 | -2,604 | -3,095 | -14,309 | -14,511 |
| 21:00:00 | -5,009 | -5,548 | -16,183 | -16,400 | -4,621 | -5,121 | -15,484 | -15,685 |
| 22:00:00 | -7,459 | -8,005 | -17,547 | -17,762 | -6,949 | -7,456 | -16,787 | -16,985 |
| 23:00:00 | -9,714 | -10,265 | -19,049 | -19,266 | -9,078 | -9,587 | -18,221 | -18,420 |
| 00:00:00 | -11,963 | -12,510 | -20,412 | -20,633 | -11,201 | -11,706 | -19,522 | -19,725 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| U = 1,4 | | | | | U = 1,3 | | | |
| 08/ago | | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -4,342 | -4,446 | -8,819 | -8,873 | -4,106 | -4,203 | -8,386 | -8,437 |
| 02:00:00 | -5,098 | -5,212 | -9,994 | -10,078 | -4,816 | -4,919 | -9,502 | -9,581 |
| 03:00:00 | -5,934 | -6,061 | -10,238 | -10,325 | -5,603 | -5,720 | -9,740 | -9,813 |
| 04:00:00 | -6,566 | -6,698 | -10,331 | -10,383 | -6,198 | -6,320 | -9,814 | -9,862 |
| 05:00:00 | -7,012 | -7,147 | -10,601 | -10,653 | -6,620 | -6,745 | -10,070 | -10,118 |
| 06:00:00 | 20,806 | -6,596 | -10,774 | -10,826 | 21,169 | -6,184 | -10,234 | -10,282 |
| 07:00:00 | 117,687 | -1,638 | -11,359 | -11,448 | 117,918 | -1,216 | -10,793 | -10,878 |
| 08:00:00 | 139,006 | 3,202 | -3,656 | -8,383 | 139,221 | 3,611 | -3,136 | -7,849 |
| 09:00:00 | 140,169 | 9,114 | 56,278 | 29,143 | 140,295 | 9,490 | 56,591 | 29,481 |
| 10:00:00 | 120,815 | 19,263 | 61,322 | 59,920 | 120,859 | 19,468 | 61,570 | 60,165 |
| 11:00:00 | 81,596 | 35,839 | 44,789 | 84,227 | 81,500 | 35,807 | 44,984 | 84,355 |
| 12:00:00 | 36,113 | 51,082 | 20,201 | 100,463 | 35,997 | 50,867 | 20,414 | 100,491 |
| 13:00:00 | 21,259 | 56,838 | 9,643 | 104,663 | 21,189 | 56,528 | 9,884 | 104,640 |
| 14:00:00 | 21,091 | 52,351 | 7,251 | 95,216 | 20,980 | 52,016 | 7,536 | 95,221 |
| 15:00:00 | 19,672 | 39,182 | 4,755 | 75,844 | 19,560 | 38,899 | 5,027 | 75,882 |
| 16:00:00 | 16,631 | 24,075 | 0,950 | 47,783 | 16,527 | 23,916 | 1,210 | 47,894 |
| 17:00:00 | 12,666 | 13,705 | -3,781 | 14,249 | 12,578 | 13,638 | -3,507 | 14,459 |
| 18:00:00 | 7,762 | 7,868 | -6,631 | -5,363 | 7,706 | 7,822 | -6,310 | -5,047 |
| 19:00:00 | 2,336 | 2,275 | -6,883 | -6,973 | 2,323 | 2,273 | -6,560 | -6,643 |
| 20:00:00 | -0,949 | -1,102 | -6,907 | -6,972 | -0,908 | -1,048 | -6,586 | -6,649 |
| 21:00:00 | -1,798 | -1,952 | -7,400 | -7,460 | -1,716 | -1,859 | -7,045 | -7,104 |
| 22:00:00 | -2,679 | -2,832 | -7,944 | -8,000 | -2,544 | -2,686 | -7,558 | -7,612 |
| 23:00:00 | -3,479 | -3,627 | -8,541 | -8,595 | -3,295 | -3,432 | -8,121 | -8,172 |
| 00:00:00 | -4,259 | -4,400 | -9,087 | -9,139 | -4,026 | -4,157 | -8,637 | -8,686 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -16,117 | -16,335 | -19,743 | -19,847 |
| 02:00:00 | -17,230 | -17,466 | -21,473 | -21,619 |
| 03:00:00 | -18,417 | -18,677 | -21,760 | -21,889 |
| 04:00:00 | -19,218 | -19,489 | -21,853 | -21,958 |
| 05:00:00 | -19,665 | -19,939 | -22,176 | -22,281 |
| 06:00:00 | 70,990 | -17,726 | -22,339 | -22,444 |
| 07:00:00 | 391,551 | -0,475 | -23,098 | -23,254 |
| 08:00:00 | 461,931 | 15,990 | 0,858 | -11,949 |
| 09:00:00 | 470,166 | 42,349 | 198,817 | 122,572 |
| 10:00:00 | 420,167 | 99,224 | 222,024 | 219,772 |
| 11:00:00 | 307,010 | 165,731 | 176,047 | 292,727 |
| 12:00:00 | 155,288 | 215,855 | 95,080 | 339,052 |
| 13:00:00 | 60,245 | 231,137 | 35,306 | 348,560 |
| 14:00:00 | 61,330 | 213,257 | 26,103 | 317,314 |
| 15:00:00 | 56,352 | 166,105 | 16,642 | 255,048 |
| 16:00:00 | 45,860 | 103,644 | 3,026 | 164,599 |
| 17:00:00 | 32,422 | 45,172 | -12,301 | 52,508 |
| 18:00:00 | 15,935 | 16,618 | -19,607 | -14,663 |
| 19:00:00 | -2,303 | -2,249 | -19,676 | -19,825 |
| 20:00:00 | -12,158 | -12,437 | -19,499 | -19,604 |
| 21:00:00 | -13,672 | -13,973 | -20,008 | -20,113 |
| 22:00:00 | -14,793 | -15,096 | -20,648 | -20,750 |
| 23:00:00 | -15,906 | -16,203 | -21,399 | -21,501 |
| 00:00:00 | -17,075 | -17,361 | -22,074 | -22,176 |

Sala – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 31,180 | 26,021 | 26,024 | 26,475 | 26,513 | 19,655 | 14,898 | 14,973 | 16,368 | 16,445 |
| 02:00:00 | 30,986 | 25,894 | 25,903 | 26,410 | 26,450 | 19,473 | 14,751 | 14,831 | 16,281 | 16,361 |
| 03:00:00 | 30,782 | 25,743 | 25,759 | 26,332 | 26,374 | 19,320 | 14,646 | 14,729 | 16,213 | 16,294 |
| 04:00:00 | 30,582 | 25,597 | 25,620 | 26,250 | 26,294 | 19,185 | 14,567 | 14,653 | 16,158 | 16,240 |
| 05:00:00 | 30,388 | 25,460 | 25,488 | 26,167 | 26,213 | 19,042 | 14,474 | 14,562 | 16,095 | 16,178 |
| 06:00:00 | 30,267 | 25,403 | 25,432 | 26,133 | 26,180 | 18,903 | 14,384 | 14,475 | 16,032 | 16,115 |
| 07:00:00 | 30,787 | 25,887 | 25,902 | 26,452 | 26,500 | 18,752 | 14,273 | 14,367 | 15,957 | 16,042 |
| 08:00:00 | 31,351 | 26,235 | 26,243 | 26,718 | 26,768 | 18,674 | 14,240 | 14,333 | 15,920 | 16,005 |
| 09:00:00 | 31,906 | 26,504 | 26,497 | 26,894 | 26,941 | 19,871 | 15,220 | 15,268 | 16,438 | 16,515 |
| 10:00:00 | 32,600 | 26,807 | 26,768 | 27,002 | 27,045 | 21,260 | 16,078 | 16,090 | 16,982 | 17,057 |
| 11:00:00 | 33,339 | 27,236 | 27,170 | 27,137 | 27,175 | 22,453 | 16,779 | 16,767 | 17,424 | 17,495 |
| 12:00:00 | 33,981 | 27,630 | 27,547 | 27,290 | 27,322 | 23,490 | 17,325 | 17,295 | 17,784 | 17,853 |
| 13:00:00 | 34,418 | 27,895 | 27,807 | 27,449 | 27,478 | 24,269 | 17,700 | 17,660 | 18,063 | 18,130 |
| 14:00:00 | 34,762 | 28,073 | 27,978 | 27,544 | 27,571 | 24,780 | 17,861 | 17,817 | 18,205 | 18,271 |
| 15:00:00 | 34,837 | 28,055 | 27,953 | 27,507 | 27,532 | 24,945 | 17,798 | 17,758 | 18,199 | 18,265 |
| 16:00:00 | 34,651 | 27,829 | 27,727 | 27,389 | 27,416 | 24,725 | 17,496 | 17,466 | 18,040 | 18,106 |
| 17:00:00 | 34,250 | 27,528 | 27,447 | 27,286 | 27,314 | 24,001 | 16,905 | 16,901 | 17,708 | 17,775 |
| 18:00:00 | 33,834 | 27,330 | 27,272 | 27,213 | 27,242 | 23,149 | 16,351 | 16,373 | 17,388 | 17,458 |
| 19:00:00 | 33,463 | 27,160 | 27,113 | 27,137 | 27,166 | 22,636 | 16,109 | 16,142 | 17,239 | 17,311 |
| 20:00:00 | 33,131 | 27,019 | 26,981 | 27,078 | 27,108 | 22,335 | 16,027 | 16,063 | 17,190 | 17,262 |
| 21:00:00 | 32,880 | 26,928 | 26,898 | 27,049 | 27,080 | 22,080 | 15,938 | 15,979 | 17,144 | 17,217 |
| 22:00:00 | 32,669 | 26,845 | 26,821 | 27,028 | 27,061 | 21,852 | 15,851 | 15,896 | 17,095 | 17,170 |
| 23:00:00 | 32,470 | 26,749 | 26,732 | 27,001 | 27,035 | 21,635 | 15,756 | 15,805 | 17,041 | 17,116 |
| 00:00:00 | 32,270 | 26,646 | 26,636 | 26,965 | 27,001 | 21,425 | 15,657 | 15,710 | 16,983 | 17,059 |

Hall

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| U = 5,7 | | | | | U = 5,2 | | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | |
| 01:00:00 | -10,166 | -13,427 | -16,784 | -21,608 | -9,556 | -12,659 | -16,184 | -20,835 | |
| 02:00:00 | -12,224 | -16,080 | -19,604 | -25,274 | -11,508 | -15,181 | -18,877 | -24,336 | |
| 03:00:00 | -14,452 | -18,944 | -20,206 | -26,024 | -13,624 | -17,904 | -19,447 | -25,045 | |
| 04:00:00 | -16,028 | -20,941 | -20,420 | -26,262 | -15,136 | -19,819 | -19,658 | -25,281 | |
| 05:00:00 | -16,994 | -22,166 | -21,055 | -27,074 | -16,080 | -21,008 | -20,267 | -26,061 | |
| 06:00:00 | -9,102 | -21,606 | -21,443 | -27,572 | -8,417 | -20,448 | -20,642 | -26,541 | |
| 07:00:00 | 7,139 | -14,253 | -22,750 | -29,317 | 7,285 | -13,216 | -21,902 | -28,221 | |
| 08:00:00 | 3,610 | -5,479 | -21,125 | -21,836 | 3,579 | -4,668 | -20,349 | -21,082 | |
| 09:00:00 | 3,697 | 8,514 | -10,492 | 51,452 | 3,924 | 8,043 | -10,159 | 49,432 | |
| 10:00:00 | 11,131 | 39,933 | -1,969 | 104,337 | 11,232 | 36,970 | -1,959 | 100,632 | |
| 11:00:00 | 18,798 | 82,305 | 4,298 | 145,434 | 18,559 | 78,112 | 4,073 | 140,582 | |
| 12:00:00 | 25,051 | 115,169 | 8,676 | 174,463 | 24,462 | 110,295 | 8,319 | 168,757 | |
| 13:00:00 | 28,655 | 126,822 | 10,685 | 182,288 | 27,873 | 121,757 | 10,228 | 176,295 | |
| 14:00:00 | 29,755 | 119,954 | 8,694 | 166,336 | 28,893 | 114,952 | 8,324 | 160,862 | |
| 15:00:00 | 28,047 | 95,765 | 5,734 | 133,072 | 27,189 | 90,915 | 5,504 | 128,605 | |
| 16:00:00 | 23,699 | 59,436 | 0,707 | 85,944 | 23,020 | 55,519 | 0,634 | 82,883 | |
| 17:00:00 | 18,317 | 29,318 | -6,096 | 26,299 | 17,854 | 27,373 | -5,904 | 25,260 | |
| 18:00:00 | 11,839 | 15,146 | -10,787 | -11,154 | 11,555 | 14,764 | -10,420 | -10,795 | |
| 19:00:00 | 4,488 | 4,773 | -11,225 | -14,509 | 4,363 | 4,741 | -10,842 | -14,017 | |
| 20:00:00 | -0,681 | -2,030 | -11,359 | -14,624 | -0,604 | -1,822 | -10,971 | -14,127 | |
| 21:00:00 | -2,711 | -4,444 | -12,546 | -16,148 | -2,492 | -4,118 | -12,105 | -15,582 | |
| 22:00:00 | -5,144 | -7,388 | -13,851 | -17,821 | -4,804 | -6,919 | -13,352 | -17,180 | |
| 23:00:00 | -7,249 | -10,008 | -15,295 | -19,672 | -6,787 | -9,396 | -14,731 | -18,948 | |
| 00:00:00 | -9,327 | -12,653 | -16,610 | -21,359 | -8,747 | -11,902 | -15,987 | -20,559 | |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| U = 1,4 | | | | | U = 1,3 | | | |
| 08/ago | | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul |
| 01:00:00 | -3,829 | -5,094 | -8,147 | -10,306 | -3,628 | -4,817 | -7,767 | -9,802 |
| 02:00:00 | -4,565 | -6,045 | -9,332 | -11,815 | -4,313 | -5,703 | -8,892 | -11,234 |
| 03:00:00 | -5,395 | -7,105 | -9,578 | -12,116 | -5,100 | -6,704 | -9,125 | -11,518 |
| 04:00:00 | -6,042 | -7,902 | -9,649 | -12,182 | -5,710 | -7,454 | -9,185 | -11,569 |
| 05:00:00 | -6,518 | -8,466 | -9,923 | -12,525 | -6,161 | -7,986 | -9,445 | -11,893 |
| 06:00:00 | -0,685 | -7,726 | -10,102 | -12,749 | -0,341 | -7,235 | -9,615 | -12,105 |
| 07:00:00 | 10,422 | -0,970 | -10,714 | -13,545 | 10,741 | -0,470 | -10,201 | -12,868 |
| 08:00:00 | 7,818 | 5,781 | -9,934 | -9,435 | 8,153 | 6,243 | -9,447 | -8,806 |
| 09:00:00 | 9,734 | 13,676 | -3,006 | 41,933 | 10,015 | 14,082 | -2,587 | 42,309 |
| 10:00:00 | 14,094 | 27,722 | 2,541 | 84,286 | 14,287 | 27,931 | 2,893 | 84,502 |
| 11:00:00 | 17,980 | 50,605 | 6,557 | 116,847 | 18,060 | 50,486 | 6,863 | 116,902 |
| 12:00:00 | 20,548 | 71,354 | 9,145 | 139,275 | 20,518 | 70,996 | 9,351 | 139,193 |
| 13:00:00 | 21,748 | 79,074 | 10,001 | 144,817 | 21,636 | 78,597 | 10,177 | 144,663 |
| 14:00:00 | 21,809 | 72,989 | 8,586 | 132,210 | 21,655 | 72,483 | 8,760 | 132,093 |
| 15:00:00 | 20,275 | 54,687 | 6,132 | 105,152 | 20,128 | 54,260 | 6,341 | 105,080 |
| 16:00:00 | 17,152 | 33,337 | 2,208 | 67,555 | 17,016 | 33,091 | 2,385 | 67,585 |
| 17:00:00 | 13,199 | 18,980 | -2,681 | 21,471 | 13,078 | 18,869 | -2,478 | 21,647 |
| 18:00:00 | 8,322 | 11,054 | -5,609 | -5,261 | 8,230 | 10,962 | -5,352 | -4,931 |
| 19:00:00 | 2,919 | 3,595 | -5,882 | -7,478 | 2,873 | 3,556 | -5,626 | -7,135 |
| 20:00:00 | -0,337 | -0,799 | -5,912 | -7,512 | -0,333 | -0,774 | -5,668 | -7,178 |
| 21:00:00 | -1,149 | -1,806 | -6,379 | -8,090 | -1,110 | -1,732 | -6,104 | -7,725 |
| 22:00:00 | -2,014 | -2,853 | -6,896 | -8,733 | -1,923 | -2,714 | -6,589 | -8,327 |
| 23:00:00 | -2,753 | -3,791 | -7,472 | -9,454 | -2,616 | -3,593 | -7,132 | -9,006 |
| 00:00:00 | -3,467 | -4,716 | -8,003 | -10,114 | -3,281 | -4,460 | -7,629 | -9,619 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul |
| 01:00:00 | -15,381 | -19,760 | -17,078 | -21,819 |
| 02:00:00 | -16,447 | -21,161 | -18,837 | -24,095 |
| 03:00:00 | -17,593 | -22,671 | -19,130 | -24,453 |
| 04:00:00 | -18,372 | -23,685 | -19,240 | -24,575 |
| 05:00:00 | -18,804 | -24,251 | -19,594 | -25,026 |
| 06:00:00 | 4,469 | -21,436 | -19,792 | -25,279 |
| 07:00:00 | 51,959 | 1,969 | -20,612 | -26,366 |
| 08:00:00 | 45,011 | 25,615 | -18,607 | -10,836 |
| 09:00:00 | 38,199 | 63,392 | 3,467 | 175,240 |
| 10:00:00 | 49,838 | 143,724 | 20,560 | 310,201 |
| 11:00:00 | 59,877 | 236,760 | 32,402 | 408,994 |
| 12:00:00 | 65,243 | 305,554 | 39,095 | 474,029 |
| 13:00:00 | 66,434 | 326,116 | 40,247 | 486,815 |
| 14:00:00 | 64,896 | 302,591 | 34,800 | 445,255 |
| 15:00:00 | 59,400 | 237,139 | 25,025 | 358,061 |
| 16:00:00 | 48,211 | 148,360 | 10,692 | 236,220 |
| 17:00:00 | 34,145 | 68,896 | -5,852 | 81,903 |
| 18:00:00 | 17,438 | 25,160 | -14,194 | -11,095 |
| 19:00:00 | 0,140 | -0,251 | -14,650 | -18,708 |
| 20:00:00 | -9,735 | -13,802 | -14,634 | -18,639 |
| 21:00:00 | -11,952 | -15,607 | -15,276 | -19,462 |
| 22:00:00 | -13,043 | -16,965 | -16,016 | -20,409 |
| 23:00:00 | -14,097 | -18,291 | -16,856 | -21,484 |
| 00:00:00 | -15,217 | -19,699 | -17,617 | -22,457 |

Hall – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 30,516 | 25,329 | 25,345 | 25,942 | 25,988 | 17,813 | 13,723 | 13,817 | 15,513 | 15,607 |
| 02:00:00 | 30,291 | 25,157 | 25,181 | 25,856 | 25,904 | 17,625 | 13,537 | 13,639 | 15,410 | 15,507 |
| 03:00:00 | 30,058 | 24,962 | 24,995 | 25,759 | 25,810 | 17,482 | 13,414 | 13,520 | 15,336 | 15,434 |
| 04:00:00 | 29,839 | 24,782 | 24,823 | 25,665 | 25,719 | 17,365 | 13,330 | 13,439 | 15,285 | 15,384 |
| 05:00:00 | 29,635 | 24,623 | 24,669 | 25,577 | 25,633 | 17,240 | 13,230 | 13,342 | 15,224 | 15,325 |
| 06:00:00 | 29,583 | 24,591 | 24,638 | 25,556 | 25,613 | 17,121 | 13,138 | 13,252 | 15,166 | 15,268 |
| 07:00:00 | 30,243 | 25,021 | 25,048 | 25,782 | 25,838 | 16,985 | 13,018 | 13,136 | 15,093 | 15,197 |
| 08:00:00 | 30,488 | 25,049 | 25,070 | 25,825 | 25,884 | 16,904 | 12,969 | 13,088 | 15,053 | 15,157 |
| 09:00:00 | 30,710 | 25,144 | 25,164 | 25,926 | 25,982 | 17,317 | 13,374 | 13,473 | 15,268 | 15,370 |
| 10:00:00 | 31,176 | 25,497 | 25,504 | 26,151 | 26,207 | 18,029 | 13,945 | 14,018 | 15,611 | 15,710 |
| 11:00:00 | 31,815 | 26,039 | 26,029 | 26,466 | 26,517 | 18,916 | 14,612 | 14,669 | 16,092 | 16,187 |
| 12:00:00 | 32,475 | 26,555 | 26,528 | 26,783 | 26,827 | 19,689 | 15,096 | 15,142 | 16,427 | 16,515 |
| 13:00:00 | 33,007 | 26,948 | 26,908 | 27,015 | 27,055 | 20,301 | 15,465 | 15,497 | 16,681 | 16,768 |
| 14:00:00 | 33,375 | 27,205 | 27,155 | 27,159 | 27,195 | 20,658 | 15,635 | 15,662 | 16,809 | 16,894 |
| 15:00:00 | 33,557 | 27,305 | 27,248 | 27,201 | 27,235 | 20,769 | 15,645 | 15,675 | 16,820 | 16,907 |
| 16:00:00 | 33,511 | 27,238 | 27,180 | 27,147 | 27,180 | 20,622 | 15,496 | 15,527 | 16,705 | 16,790 |
| 17:00:00 | 33,282 | 27,068 | 27,018 | 27,024 | 27,056 | 20,153 | 15,076 | 15,121 | 16,419 | 16,504 |
| 18:00:00 | 32,939 | 26,850 | 26,809 | 26,861 | 26,893 | 19,637 | 14,669 | 14,728 | 16,143 | 16,231 |
| 19:00:00 | 32,520 | 26,573 | 26,540 | 26,679 | 26,712 | 19,328 | 14,486 | 14,552 | 16,014 | 16,102 |
| 20:00:00 | 32,093 | 26,322 | 26,296 | 26,521 | 26,557 | 19,143 | 14,411 | 14,478 | 15,953 | 16,041 |
| 21:00:00 | 31,754 | 26,149 | 26,132 | 26,416 | 26,453 | 18,963 | 14,304 | 14,375 | 15,883 | 15,973 |
| 22:00:00 | 31,485 | 25,990 | 25,980 | 26,329 | 26,367 | 18,795 | 14,195 | 14,270 | 15,814 | 15,905 |
| 23:00:00 | 31,239 | 25,821 | 25,819 | 26,242 | 26,282 | 18,630 | 14,078 | 14,157 | 15,743 | 15,836 |
| 00:00:00 | 31,008 | 25,661 | 25,667 | 26,162 | 26,205 | 18,471 | 13,961 | 14,044 | 15,672 | 15,766 |

Escritório

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | U = 5,7 | | U = 5,2 | | U = 1,4 | | U = 1,3 | |
| | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan |
| | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul |
| 01:00:00 | -13,500 | -19,703 | -12,659 | -18,907 | -4,800 | -8,954 | -4,532 | -8,510 |
| 02:00:00 | -15,892 | -22,849 | -14,922 | -21,902 | -5,631 | -10,226 | -5,312 | -9,718 |
| 03:00:00 | -18,452 | -23,590 | -17,343 | -22,600 | -6,548 | -10,502 | -6,173 | -9,977 |
| 04:00:00 | -20,251 | -23,855 | -19,059 | -22,857 | -7,242 | -10,578 | -6,825 | -10,041 |
| 05:00:00 | -21,354 | -24,567 | -20,125 | -23,537 | -7,732 | -10,867 | -7,289 | -10,315 |
| 06:00:00 | -20,922 | -25,001 | -19,692 | -23,954 | -7,139 | -11,053 | -6,686 | -10,491 |
| 07:00:00 | -14,155 | -26,413 | -13,125 | -25,311 | -1,696 | -11,693 | -1,250 | -11,104 |
| 08:00:00 | -7,270 | -24,649 | -6,429 | -23,625 | 3,611 | -10,840 | 4,031 | -10,275 |
| 09:00:00 | 1,652 | -8,578 | 2,134 | -8,263 | 9,287 | -0,806 | 9,622 | -0,340 |
| 10:00:00 | 13,866 | 35,026 | 13,260 | 33,724 | 15,602 | 29,681 | 15,852 | 29,967 |
| 11:00:00 | 39,754 | 94,215 | 37,128 | 90,982 | 26,322 | 75,715 | 26,371 | 75,837 |
| 12:00:00 | 72,912 | 123,598 | 69,390 | 119,652 | 44,059 | 99,611 | 43,842 | 99,612 |
| 13:00:00 | 94,975 | 137,263 | 91,242 | 133,012 | 59,342 | 110,921 | 58,979 | 110,852 |
| 14:00:00 | 100,959 | 131,057 | 97,270 | 127,075 | 64,628 | 107,036 | 64,221 | 106,996 |
| 15:00:00 | 92,211 | 110,279 | 88,612 | 106,990 | 57,506 | 90,598 | 57,122 | 90,590 |
| 16:00:00 | 69,319 | 74,235 | 66,267 | 72,063 | 41,330 | 61,840 | 41,026 | 61,903 |
| 17:00:00 | 38,834 | 23,527 | 36,602 | 22,916 | 22,271 | 22,037 | 22,097 | 22,223 |
| 18:00:00 | 14,167 | -11,482 | 13,266 | -10,932 | 9,413 | -4,407 | 9,356 | -4,095 |
| 19:00:00 | 2,567 | -14,722 | 2,674 | -14,070 | 2,621 | -6,839 | 2,606 | -6,518 |
| 20:00:00 | -3,179 | -14,897 | -2,862 | -14,244 | -0,963 | -6,869 | -0,917 | -6,553 |
| 21:00:00 | -5,587 | -16,256 | -5,139 | -15,542 | -1,900 | -7,400 | -1,810 | -7,046 |
| 22:00:00 | -8,354 | -17,767 | -7,765 | -16,984 | -2,876 | -7,990 | -2,726 | -7,600 |
| 23:00:00 | -10,927 | -19,432 | -10,190 | -18,572 | -3,765 | -8,642 | -3,559 | -8,212 |
| 00:00:00 | -13,483 | -20,949 | -12,599 | -20,018 | -4,630 | -9,238 | -4,369 | -8,775 |

(continuação)

| | Fluxo de calor [W/m ²] | |
|----------|--|---------|
| | Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | |
| | 08/ago | 18/jan |
| | Sul | Sul |
| 01:00:00 | -17,254 | -20,346 |
| 02:00:00 | -18,521 | -22,241 |
| 03:00:00 | -19,867 | -22,561 |
| 04:00:00 | -20,785 | -22,658 |
| 05:00:00 | -21,311 | -23,013 |
| 06:00:00 | -18,685 | -23,193 |
| 07:00:00 | 1,109 | -24,032 |
| 08:00:00 | 19,526 | -21,759 |
| 09:00:00 | 38,214 | 12,947 |
| 10:00:00 | 66,230 | 121,013 |
| 11:00:00 | 126,833 | 271,892 |
| 12:00:00 | 196,933 | 341,064 |
| 13:00:00 | 245,087 | 369,731 |
| 14:00:00 | 256,582 | 353,218 |
| 15:00:00 | 229,614 | 297,866 |
| 16:00:00 | 171,967 | 204,652 |
| 17:00:00 | 96,820 | 74,975 |
| 18:00:00 | 31,141 | -12,619 |
| 19:00:00 | -1,505 | -20,129 |
| 20:00:00 | -12,244 | -19,946 |
| 21:00:00 | -13,960 | -20,530 |
| 22:00:00 | -15,281 | -21,254 |
| 23:00:00 | -16,584 | -22,100 |
| 00:00:00 | -17,936 | -22,863 |

Escritório – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 31,025 | 26,125 | 26,126 | 26,550 | 26,588 | 19,104 | 14,435 | 14,506 | 15,868 | 15,944 |
| 02:00:00 | 30,865 | 26,020 | 26,027 | 26,503 | 26,542 | 18,934 | 14,301 | 14,377 | 15,787 | 15,865 |
| 03:00:00 | 30,693 | 25,894 | 25,907 | 26,442 | 26,483 | 18,791 | 14,208 | 14,286 | 15,724 | 15,804 |
| 04:00:00 | 30,522 | 25,770 | 25,789 | 26,376 | 26,419 | 18,660 | 14,133 | 14,213 | 15,672 | 15,752 |
| 05:00:00 | 30,353 | 25,652 | 25,675 | 26,306 | 26,350 | 18,523 | 14,045 | 14,127 | 15,610 | 15,692 |
| 06:00:00 | 30,196 | 25,549 | 25,576 | 26,241 | 26,286 | 18,387 | 13,958 | 14,043 | 15,549 | 15,631 |
| 07:00:00 | 30,157 | 25,546 | 25,572 | 26,229 | 26,275 | 18,238 | 13,850 | 13,938 | 15,475 | 15,559 |
| 08:00:00 | 30,208 | 25,580 | 25,603 | 26,241 | 26,287 | 18,120 | 13,787 | 13,876 | 15,419 | 15,503 |
| 09:00:00 | 30,332 | 25,670 | 25,688 | 26,271 | 26,314 | 18,231 | 13,975 | 14,052 | 15,488 | 15,569 |
| 10:00:00 | 30,592 | 25,824 | 25,823 | 26,319 | 26,362 | 19,069 | 14,641 | 14,684 | 15,807 | 15,882 |
| 11:00:00 | 31,178 | 26,281 | 26,228 | 26,447 | 26,487 | 20,635 | 15,678 | 15,678 | 16,452 | 16,522 |
| 12:00:00 | 32,035 | 26,935 | 26,864 | 26,747 | 26,780 | 22,007 | 16,436 | 16,410 | 16,960 | 17,027 |
| 13:00:00 | 32,938 | 27,482 | 27,399 | 27,070 | 27,098 | 23,145 | 17,005 | 16,963 | 17,360 | 17,424 |
| 14:00:00 | 33,649 | 27,848 | 27,756 | 27,303 | 27,329 | 23,936 | 17,298 | 17,247 | 17,596 | 17,660 |
| 15:00:00 | 34,046 | 28,008 | 27,908 | 27,390 | 27,415 | 24,318 | 17,336 | 17,285 | 17,667 | 17,730 |
| 16:00:00 | 34,075 | 27,920 | 27,818 | 27,328 | 27,352 | 24,228 | 17,083 | 17,044 | 17,546 | 17,610 |
| 17:00:00 | 33,760 | 27,608 | 27,512 | 27,162 | 27,188 | 23,493 | 16,460 | 16,448 | 17,184 | 17,250 |
| 18:00:00 | 33,305 | 27,247 | 27,170 | 27,025 | 27,052 | 22,544 | 15,836 | 15,853 | 16,822 | 16,890 |
| 19:00:00 | 32,848 | 27,020 | 26,969 | 26,952 | 26,981 | 22,026 | 15,596 | 15,624 | 16,677 | 16,747 |
| 20:00:00 | 32,542 | 26,909 | 26,868 | 26,925 | 26,954 | 21,743 | 15,530 | 15,562 | 16,642 | 16,712 |
| 21:00:00 | 32,350 | 26,856 | 26,823 | 26,932 | 26,963 | 21,508 | 15,461 | 15,497 | 16,615 | 16,685 |
| 22:00:00 | 32,201 | 26,811 | 26,784 | 26,947 | 26,979 | 21,300 | 15,393 | 15,433 | 16,587 | 16,659 |
| 23:00:00 | 32,061 | 26,755 | 26,735 | 26,956 | 26,989 | 21,104 | 15,317 | 15,361 | 16,553 | 16,626 |
| 00:00:00 | 31,918 | 26,686 | 26,673 | 26,953 | 26,988 | 20,913 | 15,234 | 15,282 | 16,511 | 16,586 |

Cozinha

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| U = 5,7 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -12,439 | -12,399 | -11,484 | -10,339 | -17,789 | -17,742 | -16,450 | -16,238 |
| 02:00:00 | -14,687 | -14,631 | -13,539 | -12,288 | -20,844 | -20,792 | -19,270 | -18,819 |
| 03:00:00 | -17,097 | -17,028 | -15,748 | -14,341 | -21,553 | -21,503 | -19,923 | -19,637 |
| 04:00:00 | -18,779 | -18,704 | -17,292 | -15,836 | -21,808 | -21,758 | -20,156 | -20,162 |
| 05:00:00 | -19,784 | -19,727 | -18,236 | -16,777 | -22,520 | -22,470 | -20,812 | -20,845 |
| 06:00:00 | -11,752 | 12,769 | 12,233 | -16,913 | -22,970 | -22,920 | -21,226 | -21,275 |
| 07:00:00 | 0,313 | 125,013 | 117,742 | -15,462 | -24,416 | -24,363 | -22,560 | -22,189 |
| 08:00:00 | -10,789 | 147,542 | 139,513 | -11,522 | -22,762 | -13,575 | -12,530 | -17,158 |
| 09:00:00 | -3,877 | 152,835 | 144,865 | -2,969 | -12,713 | 65,330 | 60,817 | 31,105 |
| 10:00:00 | 5,433 | 137,766 | 131,116 | 17,674 | -4,006 | 76,431 | 71,248 | 67,667 |
| 11:00:00 | 13,907 | 104,826 | 100,510 | 47,946 | 3,305 | 63,245 | 59,125 | 98,876 |
| 12:00:00 | 21,588 | 54,958 | 53,630 | 74,473 | 8,795 | 34,178 | 32,175 | 121,734 |
| 13:00:00 | 26,742 | 27,370 | 25,285 | 85,708 | 11,788 | 13,224 | 12,460 | 129,548 |
| 14:00:00 | 28,631 | 28,887 | 27,039 | 64,082 | 10,245 | 10,223 | 9,633 | 48,589 |
| 15:00:00 | 27,433 | 27,576 | 25,794 | 29,838 | 7,454 | 7,455 | 7,033 | 4,791 |
| 16:00:00 | 23,042 | 23,138 | 21,632 | 21,524 | 2,243 | 2,272 | 2,172 | 0,687 |
| 17:00:00 | 17,213 | 17,213 | 16,075 | 16,262 | -5,306 | -5,250 | -4,869 | -4,972 |
| 18:00:00 | 10,797 | 10,084 | 9,399 | 10,148 | -10,846 | -10,773 | -10,023 | -8,828 |
| 19:00:00 | 7,009 | 2,083 | 1,890 | 3,375 | -11,592 | -11,517 | -10,713 | -9,652 |
| 20:00:00 | -2,037 | -3,408 | -3,255 | -1,114 | -11,854 | -11,775 | -10,939 | -10,336 |
| 21:00:00 | -5,416 | -5,538 | -5,220 | -3,155 | -13,209 | -13,128 | -12,190 | -11,671 |
| 22:00:00 | -7,989 | -8,010 | -7,493 | -5,487 | -14,667 | -14,585 | -13,536 | -13,119 |
| 23:00:00 | -10,278 | -10,274 | -9,569 | -7,683 | -16,259 | -16,178 | -15,007 | -14,680 |
| 00:00:00 | -12,540 | -12,539 | -11,643 | -9,924 | -17,714 | -17,634 | -16,351 | -16,100 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| U = 5,2 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -11,666 | -11,645 | -10,813 | -9,720 | -17,102 | -17,055 | -15,838 | -15,627 |
| 02:00:00 | -13,789 | -13,754 | -12,761 | -11,565 | -20,010 | -19,958 | -18,528 | -18,083 |
| 03:00:00 | -16,068 | -16,021 | -14,856 | -13,508 | -20,675 | -20,625 | -19,144 | -18,860 |
| 04:00:00 | -17,677 | -17,618 | -16,330 | -14,934 | -20,923 | -20,873 | -19,370 | -19,360 |
| 05:00:00 | -18,660 | -18,608 | -17,245 | -15,843 | -21,603 | -21,552 | -19,998 | -20,012 |
| 06:00:00 | -11,044 | 13,082 | 12,498 | -15,944 | -22,034 | -21,983 | -20,396 | -20,424 |
| 07:00:00 | -0,002 | 122,736 | 115,702 | -14,316 | -23,423 | -23,369 | -21,679 | -21,303 |
| 08:00:00 | -9,651 | 145,031 | 137,266 | -10,414 | -21,843 | -12,979 | -12,006 | -16,517 |
| 09:00:00 | -2,869 | 150,104 | 142,411 | -2,613 | -12,168 | 63,331 | 59,057 | 29,928 |
| 10:00:00 | 6,033 | 134,698 | 128,328 | 16,400 | -3,791 | 73,788 | 68,911 | 65,288 |
| 11:00:00 | 14,085 | 101,847 | 97,755 | 45,617 | 3,221 | 60,683 | 56,837 | 95,520 |
| 12:00:00 | 21,331 | 52,191 | 50,959 | 71,367 | 8,490 | 32,025 | 30,204 | 117,596 |
| 13:00:00 | 26,123 | 26,412 | 24,579 | 82,196 | 11,302 | 12,550 | 11,845 | 125,028 |
| 14:00:00 | 27,843 | 28,007 | 26,237 | 61,393 | 9,788 | 9,765 | 9,212 | 46,857 |
| 15:00:00 | 26,587 | 26,670 | 24,971 | 28,683 | 7,105 | 7,105 | 6,711 | 4,548 |
| 16:00:00 | 22,371 | 22,410 | 20,971 | 20,782 | 2,082 | 2,113 | 2,022 | 0,584 |
| 17:00:00 | 16,798 | 16,738 | 15,644 | 15,739 | -5,156 | -5,103 | -4,739 | -4,840 |
| 18:00:00 | 10,397 | 9,868 | 9,203 | 9,852 | -10,465 | -10,395 | -9,685 | -8,536 |
| 19:00:00 | 6,414 | 2,151 | 1,954 | 3,334 | -11,172 | -11,099 | -10,340 | -9,319 |
| 20:00:00 | -1,843 | -3,133 | -3,001 | -0,988 | -11,419 | -11,343 | -10,552 | -9,973 |
| 21:00:00 | -5,024 | -5,146 | -4,862 | -2,920 | -12,709 | -12,631 | -11,746 | -11,245 |
| 22:00:00 | -7,465 | -7,489 | -7,021 | -5,129 | -14,097 | -14,018 | -13,030 | -12,625 |
| 23:00:00 | -9,614 | -9,619 | -8,980 | -7,200 | -15,612 | -15,533 | -14,432 | -14,111 |
| 00:00:00 | -11,737 | -11,751 | -10,938 | -9,313 | -16,997 | -16,918 | -15,714 | -15,463 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|---------|----------|--------|---------|---------|----------|---------|
| U = 1,4 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -4,542 | -4,582 | -4,353 | -3,943 | -8,313 | -8,282 | -7,836 | -7,701 |
| 02:00:00 | -5,316 | -5,365 | -5,089 | -4,640 | -9,563 | -9,529 | -9,016 | -8,747 |
| 03:00:00 | -6,184 | -6,221 | -5,907 | -5,386 | -9,828 | -9,793 | -9,266 | -9,067 |
| 04:00:00 | -6,854 | -6,870 | -6,520 | -5,972 | -9,901 | -9,866 | -9,330 | -9,266 |
| 05:00:00 | -7,341 | -7,328 | -6,953 | -6,391 | -10,191 | -10,155 | -9,604 | -9,546 |
| 06:00:00 | -3,092 | 20,585 | 19,472 | -6,113 | -10,383 | -10,346 | -9,785 | -9,731 |
| 07:00:00 | 4,430 | 117,076 | 111,323 | -3,006 | -11,041 | -11,002 | -10,406 | -10,146 |
| 08:00:00 | 3,252 | 137,754 | 131,541 | 0,697 | -10,255 | -3,243 | -3,078 | -7,452 |
| 09:00:00 | 7,680 | 138,477 | 132,650 | 5,779 | -3,299 | 57,207 | 54,114 | 26,315 |
| 10:00:00 | 12,919 | 118,807 | 114,313 | 14,869 | 2,415 | 62,557 | 59,292 | 55,161 |
| 11:00:00 | 16,962 | 79,682 | 77,205 | 30,528 | 6,830 | 46,286 | 43,981 | 78,908 |
| 12:00:00 | 19,906 | 35,060 | 34,249 | 46,020 | 9,712 | 22,001 | 20,974 | 95,615 |
| 13:00:00 | 21,345 | 21,385 | 20,303 | 52,346 | 10,785 | 11,692 | 11,104 | 100,504 |
| 14:00:00 | 21,567 | 21,394 | 20,255 | 38,924 | 9,405 | 9,362 | 8,882 | 38,554 |
| 15:00:00 | 20,136 | 19,995 | 18,930 | 19,517 | 6,963 | 6,939 | 6,588 | 4,643 |
| 16:00:00 | 16,999 | 16,853 | 15,950 | 14,594 | 2,985 | 2,977 | 2,836 | 1,468 |
| 17:00:00 | 12,907 | 12,735 | 12,046 | 10,972 | -2,253 | -2,236 | -2,100 | -2,394 |
| 18:00:00 | 7,976 | 7,682 | 7,256 | 6,712 | -5,484 | -5,452 | -5,154 | -4,700 |
| 19:00:00 | 3,676 | 2,092 | 1,952 | 2,118 | -5,860 | -5,827 | -5,513 | -5,077 |
| 20:00:00 | -0,634 | -1,308 | -1,270 | -0,580 | -5,941 | -5,908 | -5,593 | -5,293 |
| 21:00:00 | -2,077 | -2,143 | -2,060 | -1,374 | -6,446 | -6,411 | -6,073 | -5,822 |
| 22:00:00 | -2,982 | -3,008 | -2,877 | -2,202 | -7,009 | -6,973 | -6,600 | -6,394 |
| 23:00:00 | -3,757 | -3,789 | -3,612 | -2,968 | -7,632 | -7,594 | -7,182 | -7,011 |
| 00:00:00 | -4,500 | -4,551 | -4,332 | -3,737 | -8,203 | -8,164 | -7,718 | -7,573 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|---------|----------|--------|---------|---------|----------|---------|
| U = 1,3 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -4,297 | -4,336 | -4,122 | -3,738 | -7,916 | -7,886 | -7,466 | -7,337 |
| 02:00:00 | -5,023 | -5,066 | -4,812 | -4,393 | -9,104 | -9,071 | -8,590 | -8,326 |
| 03:00:00 | -5,840 | -5,876 | -5,583 | -5,094 | -9,353 | -9,320 | -8,826 | -8,629 |
| 04:00:00 | -6,471 | -6,487 | -6,162 | -5,647 | -9,415 | -9,381 | -8,878 | -8,816 |
| 05:00:00 | -6,932 | -6,921 | -6,571 | -6,044 | -9,690 | -9,656 | -9,138 | -9,082 |
| 06:00:00 | -2,706 | 20,954 | 19,824 | -5,753 | -9,871 | -9,836 | -9,310 | -9,256 |
| 07:00:00 | 4,828 | 117,306 | 111,555 | -2,609 | -10,501 | -10,464 | -9,906 | -9,651 |
| 08:00:00 | 3,708 | 137,973 | 131,766 | 1,098 | -9,740 | -2,752 | -2,623 | -6,995 |
| 09:00:00 | 8,099 | 138,613 | 132,800 | 6,145 | -2,843 | 57,461 | 54,365 | 26,579 |
| 10:00:00 | 13,201 | 118,867 | 114,386 | 15,090 | 2,804 | 62,730 | 59,469 | 55,331 |
| 11:00:00 | 17,132 | 79,607 | 77,144 | 30,501 | 7,162 | 46,398 | 44,097 | 78,937 |
| 12:00:00 | 19,943 | 34,965 | 34,160 | 45,788 | 9,924 | 22,128 | 21,095 | 95,518 |
| 13:00:00 | 21,280 | 21,324 | 20,246 | 52,000 | 10,953 | 11,857 | 11,263 | 100,336 |
| 14:00:00 | 21,451 | 21,280 | 20,153 | 38,621 | 9,568 | 9,523 | 9,039 | 38,587 |
| 15:00:00 | 20,020 | 19,880 | 18,827 | 19,345 | 7,113 | 7,086 | 6,722 | 4,760 |
| 16:00:00 | 16,896 | 16,752 | 15,859 | 14,455 | 3,137 | 3,136 | 2,994 | 1,602 |
| 17:00:00 | 12,824 | 12,657 | 11,976 | 10,857 | -2,062 | -2,047 | -1,926 | -2,237 |
| 18:00:00 | 7,934 | 7,639 | 7,219 | 6,630 | -5,229 | -5,199 | -4,921 | -4,499 |
| 19:00:00 | 3,666 | 2,094 | 1,957 | 2,083 | -5,598 | -5,566 | -5,269 | -4,863 |
| 20:00:00 | -0,579 | -1,250 | -1,215 | -0,569 | -5,681 | -5,650 | -5,349 | -5,062 |
| 21:00:00 | -1,981 | -2,045 | -1,967 | -1,323 | -6,163 | -6,131 | -5,811 | -5,561 |
| 22:00:00 | -2,832 | -2,858 | -2,735 | -2,097 | -6,687 | -6,654 | -6,303 | -6,101 |
| 23:00:00 | -3,559 | -3,590 | -3,425 | -2,821 | -7,270 | -7,235 | -6,851 | -6,684 |
| 00:00:00 | -4,255 | -4,306 | -4,101 | -3,543 | -7,810 | -7,774 | -7,354 | -7,215 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|--|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -17,781 | -17,653 | -16,546 | -16,284 | -17,484 | -17,427 | -16,351 | -16,388 |
| 02:00:00 | -18,928 | -18,805 | -17,627 | -17,284 | -19,369 | -19,307 | -18,115 | -17,971 |
| 03:00:00 | -20,142 | -20,032 | -18,780 | -18,324 | -19,710 | -19,648 | -18,438 | -18,421 |
| 04:00:00 | -20,948 | -20,849 | -19,548 | -19,043 | -19,843 | -19,781 | -18,560 | -18,702 |
| 05:00:00 | -21,374 | -21,296 | -19,967 | -19,438 | -20,239 | -20,176 | -18,930 | -19,081 |
| 06:00:00 | 1,005 | 68,919 | 65,592 | -18,722 | -20,469 | -20,406 | -19,146 | -19,302 |
| 07:00:00 | 42,825 | 386,147 | 368,311 | -9,258 | -21,371 | -21,305 | -19,988 | -19,855 |
| 08:00:00 | 11,603 | 453,776 | 434,890 | 2,997 | -19,532 | 2,672 | 2,681 | -10,050 |
| 09:00:00 | 26,926 | 460,132 | 442,635 | 23,854 | 1,736 | 202,153 | 191,912 | 110,466 |
| 10:00:00 | 42,767 | 409,318 | 395,898 | 74,173 | 19,394 | 227,188 | 216,108 | 201,939 |
| 11:00:00 | 54,138 | 296,974 | 289,936 | 138,594 | 32,600 | 183,043 | 174,577 | 273,905 |
| 12:00:00 | 61,573 | 147,999 | 147,749 | 191,836 | 40,877 | 103,965 | 99,586 | 322,780 |
| 13:00:00 | 64,398 | 63,888 | 58,734 | 210,536 | 43,265 | 46,584 | 44,475 | 335,392 |
| 14:00:00 | 63,719 | 63,489 | 60,422 | 148,437 | 38,409 | 38,173 | 36,369 | 131,619 |
| 15:00:00 | 58,885 | 58,645 | 55,813 | 58,995 | 28,669 | 28,494 | 27,170 | 18,677 |
| 16:00:00 | 47,685 | 47,501 | 45,227 | 38,148 | 13,609 | 13,523 | 12,959 | 7,270 |
| 17:00:00 | 33,055 | 32,935 | 31,395 | 25,486 | -4,230 | -4,215 | -3,870 | -5,813 |
| 18:00:00 | 18,593 | 15,515 | 14,854 | 10,995 | -13,651 | -13,587 | -12,753 | -12,381 |
| 19:00:00 | 12,718 | -3,591 | -3,283 | -4,410 | -14,461 | -14,391 | -13,516 | -13,080 |
| 20:00:00 | -10,114 | -13,834 | -12,999 | -12,306 | -14,570 | -14,499 | -13,609 | -13,454 |
| 21:00:00 | -15,441 | -15,371 | -14,442 | -13,682 | -15,352 | -15,280 | -14,341 | -14,229 |
| 22:00:00 | -16,569 | -16,485 | -15,481 | -14,740 | -16,209 | -16,134 | -15,141 | -15,085 |
| 23:00:00 | -17,689 | -17,592 | -16,513 | -15,852 | -17,150 | -17,074 | -16,022 | -16,012 |
| 00:00:00 | -18,868 | -18,756 | -17,596 | -17,037 | -17,998 | -17,922 | -16,817 | -16,843 |

Cozinha – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 31,664 | 25,927 | 25,940 | 26,527 | 26,572 | 17,937 | 13,999 | 14,082 | 15,579 | 15,661 |
| 02:00:00 | 31,466 | 25,796 | 25,814 | 26,458 | 26,505 | 17,794 | 13,866 | 13,954 | 15,507 | 15,592 |
| 03:00:00 | 31,257 | 25,641 | 25,667 | 26,378 | 26,427 | 17,686 | 13,782 | 13,873 | 15,456 | 15,543 |
| 04:00:00 | 31,055 | 25,495 | 25,527 | 26,297 | 26,348 | 17,593 | 13,720 | 13,814 | 15,419 | 15,506 |
| 05:00:00 | 30,861 | 25,360 | 25,397 | 26,216 | 26,268 | 17,489 | 13,643 | 13,739 | 15,372 | 15,460 |
| 06:00:00 | 30,822 | 25,469 | 25,499 | 26,273 | 26,326 | 17,389 | 13,570 | 13,668 | 15,325 | 15,414 |
| 07:00:00 | 31,851 | 26,802 | 26,783 | 27,071 | 27,123 | 17,271 | 13,472 | 13,573 | 15,264 | 15,355 |
| 08:00:00 | 32,758 | 27,248 | 27,230 | 27,487 | 27,537 | 17,222 | 13,469 | 13,569 | 15,253 | 15,343 |
| 09:00:00 | 33,601 | 27,596 | 27,571 | 27,762 | 27,812 | 17,916 | 14,443 | 14,497 | 15,745 | 15,830 |
| 10:00:00 | 34,319 | 27,808 | 27,769 | 27,887 | 27,933 | 18,675 | 15,001 | 15,030 | 16,060 | 16,142 |
| 11:00:00 | 34,794 | 27,851 | 27,800 | 27,838 | 27,881 | 19,215 | 15,233 | 15,250 | 16,171 | 16,250 |
| 12:00:00 | 34,927 | 27,688 | 27,626 | 27,638 | 27,679 | 19,532 | 15,226 | 15,236 | 16,145 | 16,221 |
| 13:00:00 | 34,799 | 27,551 | 27,501 | 27,573 | 27,612 | 19,646 | 15,166 | 15,183 | 16,156 | 16,231 |
| 14:00:00 | 34,767 | 27,583 | 27,533 | 27,581 | 27,617 | 19,672 | 15,035 | 15,062 | 16,110 | 16,184 |
| 15:00:00 | 34,698 | 27,552 | 27,502 | 27,564 | 27,599 | 19,630 | 14,912 | 14,947 | 16,056 | 16,129 |
| 16:00:00 | 34,606 | 27,498 | 27,452 | 27,540 | 27,575 | 19,568 | 14,878 | 14,917 | 16,045 | 16,119 |
| 17:00:00 | 34,464 | 27,418 | 27,377 | 27,501 | 27,536 | 19,412 | 14,750 | 14,796 | 15,982 | 16,057 |
| 18:00:00 | 34,254 | 27,296 | 27,260 | 27,435 | 27,470 | 19,220 | 14,602 | 14,656 | 15,910 | 15,987 |
| 19:00:00 | 34,007 | 27,155 | 27,120 | 27,349 | 27,385 | 19,086 | 14,543 | 14,600 | 15,880 | 15,958 |
| 20:00:00 | 33,692 | 26,995 | 26,973 | 27,270 | 27,306 | 18,999 | 14,529 | 14,588 | 15,876 | 15,953 |
| 21:00:00 | 33,428 | 26,872 | 26,857 | 27,207 | 27,245 | 18,899 | 14,480 | 14,542 | 15,857 | 15,934 |
| 22:00:00 | 33,203 | 26,759 | 26,750 | 27,152 | 27,191 | 18,796 | 14,419 | 14,484 | 15,832 | 15,910 |
| 23:00:00 | 32,985 | 26,637 | 26,634 | 27,091 | 27,132 | 18,686 | 14,347 | 14,416 | 15,799 | 15,879 |
| 00:00:00 | 32,767 | 26,511 | 26,515 | 27,028 | 27,071 | 18,572 | 14,272 | 14,344 | 15,763 | 15,844 |

Casa de Banho

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | U = 5,7 | | U = 5,2 | | U = 1,4 | | U = 1,3 | |
| | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan |
| | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste |
| 01:00:00 | -11,422 | -16,964 | -10,691 | -16,284 | -4,063 | -7,734 | -3,841 | -7,356 |
| 02:00:00 | -13,876 | -20,104 | -12,998 | -19,268 | -4,871 | -8,986 | -4,599 | -8,545 |
| 03:00:00 | -16,514 | -20,966 | -15,479 | -20,073 | -5,772 | -9,290 | -5,445 | -8,831 |
| 04:00:00 | -18,422 | -21,348 | -17,289 | -20,437 | -6,479 | -9,398 | -6,109 | -8,925 |
| 05:00:00 | -19,628 | -22,154 | -18,452 | -21,203 | -7,001 | -9,707 | -6,602 | -9,217 |
| 06:00:00 | -19,453 | -22,691 | -18,253 | -21,714 | -6,490 | -9,916 | -6,079 | -9,414 |
| 07:00:00 | -13,333 | -24,151 | -12,293 | -23,110 | -1,463 | -10,555 | -1,057 | -10,024 |
| 08:00:00 | -7,092 | -22,638 | -6,198 | -21,661 | 3,491 | -9,812 | 3,874 | -9,307 |
| 09:00:00 | 1,389 | -11,440 | 1,929 | -10,971 | 8,796 | -2,854 | 9,095 | -2,427 |
| 10:00:00 | 10,783 | -1,883 | 10,889 | -1,838 | 13,965 | 2,902 | 14,163 | 3,248 |
| 11:00:00 | 19,580 | 5,618 | 19,231 | 5,361 | 18,077 | 7,288 | 18,145 | 7,539 |
| 12:00:00 | 27,097 | 10,973 | 26,274 | 10,444 | 20,898 | 10,020 | 20,838 | 10,195 |
| 13:00:00 | 31,789 | 13,896 | 30,660 | 13,205 | 22,303 | 11,126 | 22,146 | 11,246 |
| 14:00:00 | 43,587 | 12,300 | 40,873 | 11,662 | 25,851 | 9,802 | 25,627 | 9,919 |
| 15:00:00 | 88,819 | 9,310 | 84,927 | 8,814 | 53,835 | 7,416 | 53,419 | 7,516 |
| 16:00:00 | 125,968 | 19,814 | 121,983 | 18,838 | 94,192 | 13,811 | 93,835 | 13,867 |
| 17:00:00 | 139,312 | 23,455 | 136,091 | 22,451 | 115,416 | 18,024 | 115,121 | 18,095 |
| 18:00:00 | 129,654 | -5,654 | 126,951 | -5,485 | 111,712 | -2,145 | 111,495 | -1,941 |
| 19:00:00 | 73,738 | -9,700 | 72,139 | -9,373 | 63,684 | -4,947 | 63,566 | -4,723 |
| 20:00:00 | 5,899 | -10,047 | 5,861 | -9,695 | 5,544 | -5,078 | 5,544 | -4,846 |
| 21:00:00 | -2,967 | -11,490 | -2,736 | -11,065 | -1,210 | -5,626 | -1,163 | -5,376 |
| 22:00:00 | -5,763 | -13,053 | -5,377 | -12,549 | -2,164 | -6,199 | -2,059 | -5,916 |
| 23:00:00 | -8,330 | -14,759 | -7,778 | -14,168 | -3,006 | -6,845 | -2,849 | -6,518 |
| 00:00:00 | -10,869 | -16,333 | -10,154 | -15,662 | -3,818 | -7,444 | -3,610 | -7,082 |

(continuação)

| | | Fluxo de calor [W/m ²] | |
|----------|---------|--|---------|
| | | Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | |
| | | 08/ago | 18/jan |
| | | Oeste | Oeste |
| 01:00:00 | -15,049 | | -16,210 |
| 02:00:00 | -16,384 | | -18,163 |
| 03:00:00 | -17,793 | | -18,623 |
| 04:00:00 | -18,798 | | -18,848 |
| 05:00:00 | -19,418 | | -19,319 |
| 06:00:00 | -17,191 | | -19,620 |
| 07:00:00 | 1,104 | | -20,540 |
| 08:00:00 | 18,295 | | -18,625 |
| 09:00:00 | 35,871 | | 4,020 |
| 10:00:00 | 52,176 | | 22,248 |
| 11:00:00 | 63,333 | | 35,445 |
| 12:00:00 | 69,696 | | 43,305 |
| 13:00:00 | 71,625 | | 45,367 |
| 14:00:00 | 102,394 | | 40,432 |
| 15:00:00 | 213,939 | | 30,751 |
| 16:00:00 | 328,809 | | 54,290 |
| 17:00:00 | 380,606 | | 66,487 |
| 18:00:00 | 357,417 | | -2,640 |
| 19:00:00 | 201,059 | | -11,643 |
| 20:00:00 | 10,589 | | -11,920 |
| 21:00:00 | -11,096 | | -12,854 |
| 22:00:00 | -12,535 | | -13,856 |
| 23:00:00 | -13,914 | | -14,938 |
| 00:00:00 | -15,335 | | -15,924 |

Casa de banho – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 30,491 | 25,855 | 25,853 | 26,239 | 26,273 | 17,412 | 13,942 | 14,006 | 15,160 | 15,223 |
| 02:00:00 | 30,416 | 25,817 | 25,818 | 26,225 | 26,259 | 17,356 | 13,888 | 13,956 | 15,137 | 15,201 |
| 03:00:00 | 30,332 | 25,766 | 25,770 | 26,200 | 26,235 | 17,310 | 13,855 | 13,923 | 15,120 | 15,184 |
| 04:00:00 | 30,243 | 25,710 | 25,717 | 26,169 | 26,205 | 17,264 | 13,829 | 13,898 | 15,102 | 15,167 |
| 05:00:00 | 30,151 | 25,653 | 25,661 | 26,132 | 26,169 | 17,212 | 13,794 | 13,864 | 15,079 | 15,144 |
| 06:00:00 | 30,058 | 25,598 | 25,608 | 26,095 | 26,132 | 17,157 | 13,757 | 13,828 | 15,053 | 15,118 |
| 07:00:00 | 30,011 | 25,584 | 25,594 | 26,077 | 26,114 | 17,092 | 13,706 | 13,779 | 15,019 | 15,085 |
| 08:00:00 | 30,001 | 25,580 | 25,590 | 26,066 | 26,103 | 17,040 | 13,678 | 13,752 | 14,991 | 15,057 |
| 09:00:00 | 30,019 | 25,599 | 25,607 | 26,058 | 26,094 | 17,048 | 13,743 | 13,810 | 14,997 | 15,062 |
| 10:00:00 | 30,074 | 25,636 | 25,640 | 26,059 | 26,095 | 17,091 | 13,805 | 13,867 | 15,008 | 15,072 |
| 11:00:00 | 30,144 | 25,706 | 25,705 | 26,077 | 26,113 | 17,148 | 13,853 | 13,911 | 15,017 | 15,080 |
| 12:00:00 | 30,209 | 25,804 | 25,797 | 26,106 | 26,140 | 17,212 | 13,891 | 13,945 | 15,022 | 15,084 |
| 13:00:00 | 30,270 | 25,879 | 25,867 | 26,131 | 26,163 | 17,277 | 13,929 | 13,980 | 15,029 | 15,091 |
| 14:00:00 | 30,397 | 25,985 | 25,957 | 26,152 | 26,183 | 17,329 | 13,943 | 13,993 | 15,032 | 15,093 |
| 15:00:00 | 30,693 | 26,326 | 26,288 | 26,313 | 26,340 | 17,375 | 13,951 | 14,001 | 15,036 | 15,097 |
| 16:00:00 | 31,055 | 26,649 | 26,607 | 26,585 | 26,613 | 17,460 | 14,043 | 14,087 | 15,075 | 15,136 |
| 17:00:00 | 31,409 | 26,858 | 26,818 | 26,786 | 26,814 | 17,575 | 14,126 | 14,168 | 15,129 | 15,189 |
| 18:00:00 | 31,673 | 26,956 | 26,918 | 26,896 | 26,925 | 17,540 | 13,998 | 14,048 | 15,088 | 15,149 |
| 19:00:00 | 31,701 | 26,779 | 26,745 | 26,798 | 26,827 | 17,530 | 13,981 | 14,033 | 15,089 | 15,151 |
| 20:00:00 | 31,513 | 26,383 | 26,361 | 26,558 | 26,588 | 17,549 | 14,003 | 14,054 | 15,110 | 15,171 |
| 21:00:00 | 31,395 | 26,290 | 26,273 | 26,518 | 26,549 | 17,562 | 14,013 | 14,065 | 15,128 | 15,189 |
| 22:00:00 | 31,331 | 26,290 | 26,276 | 26,541 | 26,572 | 17,568 | 14,016 | 14,069 | 15,141 | 15,203 |
| 23:00:00 | 31,280 | 26,294 | 26,282 | 26,568 | 26,599 | 17,564 | 14,010 | 14,065 | 15,150 | 15,212 |
| 00:00:00 | 31,227 | 26,291 | 26,281 | 26,589 | 26,620 | 17,551 | 13,997 | 14,053 | 15,153 | 15,216 |

Estudo do efeito do coeficiente de transmissão térmica (SHG = 0,78)

Sala

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | U = 5,7 | | | | U = 5,2 | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -25,330 | -25,837 | -28,069 | -28,322 | -24,086 | -24,546 | -27,061 | -27,290 |
| 02:00:00 | -27,147 | -27,691 | -30,790 | -31,114 | -25,809 | -26,303 | -29,650 | -29,946 |
| 03:00:00 | -29,055 | -29,645 | -31,301 | -31,610 | -27,621 | -28,157 | -30,128 | -30,409 |
| 04:00:00 | -30,225 | -30,832 | -31,411 | -31,677 | -28,748 | -29,300 | -30,239 | -30,479 |
| 05:00:00 | -30,735 | -31,342 | -31,902 | -32,170 | -29,260 | -29,813 | -30,708 | -30,950 |
| 06:00:00 | 62,131 | -29,152 | -32,138 | -32,406 | 63,170 | -27,629 | -30,935 | -31,178 |
| 07:00:00 | 390,964 | -11,716 | -33,240 | -33,584 | 390,435 | -10,245 | -31,995 | -32,310 |
| 08:00:00 | 462,735 | 5,115 | -7,778 | -20,341 | 462,101 | 6,542 | -6,784 | -19,339 |
| 09:00:00 | 473,055 | 37,683 | 199,558 | 125,618 | 472,342 | 37,661 | 199,005 | 124,914 |
| 10:00:00 | 427,174 | 110,278 | 226,245 | 224,572 | 425,997 | 107,636 | 225,136 | 223,433 |
| 11:00:00 | 323,692 | 185,860 | 184,778 | 298,578 | 321,844 | 182,846 | 183,413 | 297,128 |
| 12:00:00 | 173,257 | 239,492 | 103,364 | 346,246 | 170,217 | 236,498 | 101,299 | 344,592 |
| 13:00:00 | 53,971 | 255,396 | 29,693 | 356,178 | 54,292 | 252,512 | 29,870 | 354,456 |
| 14:00:00 | 58,560 | 236,873 | 19,685 | 323,079 | 58,899 | 233,961 | 20,276 | 321,671 |
| 15:00:00 | 53,470 | 187,929 | 9,489 | 258,332 | 53,828 | 184,695 | 10,240 | 257,374 |
| 16:00:00 | 42,206 | 118,299 | -4,941 | 165,093 | 42,734 | 115,500 | -4,023 | 164,640 |
| 17:00:00 | 28,046 | 45,739 | -21,113 | 48,468 | 28,709 | 45,032 | -20,010 | 48,815 |
| 18:00:00 | 10,784 | 11,232 | -28,780 | -23,496 | 11,513 | 11,994 | -27,611 | -22,375 |
| 19:00:00 | -8,711 | -8,970 | -28,524 | -28,843 | -7,820 | -8,028 | -27,397 | -27,687 |
| 20:00:00 | -19,464 | -20,083 | -28,180 | -28,437 | -18,456 | -19,021 | -27,088 | -27,321 |
| 21:00:00 | -21,682 | -22,328 | -28,963 | -29,222 | -20,575 | -21,167 | -27,838 | -28,073 |
| 22:00:00 | -23,381 | -24,027 | -29,958 | -30,217 | -22,203 | -22,794 | -28,788 | -29,022 |
| 23:00:00 | -25,275 | -25,917 | -31,133 | -31,395 | -23,991 | -24,577 | -29,909 | -30,145 |
| 00:00:00 | -27,332 | -27,971 | -32,186 | -32,452 | -25,921 | -26,503 | -30,913 | -31,152 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| U = 1,4 | | | | | U = 1,3 | | | |
| 08/ago | | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -10,302 | -10,400 | -13,213 | -13,257 | -9,755 | -9,843 | -12,566 | -12,606 |
| 02:00:00 | -10,960 | -11,064 | -14,307 | -14,376 | -10,365 | -10,462 | -13,599 | -13,663 |
| 03:00:00 | -11,677 | -11,796 | -14,478 | -14,532 | -11,047 | -11,156 | -13,760 | -13,826 |
| 04:00:00 | -12,186 | -12,312 | -14,532 | -14,574 | -11,529 | -11,644 | -13,811 | -13,849 |
| 05:00:00 | -12,503 | -12,632 | -14,735 | -14,777 | -11,831 | -11,949 | -14,003 | -14,041 |
| 06:00:00 | 77,683 | -10,340 | -14,842 | -14,884 | 78,323 | -9,651 | -14,105 | -14,143 |
| 07:00:00 | 396,595 | 7,202 | -15,342 | -15,418 | 397,122 | 7,914 | -14,580 | -14,650 |
| 08:00:00 | 467,040 | 23,767 | 8,015 | -4,730 | 467,572 | 24,488 | 8,718 | -4,014 |
| 09:00:00 | 474,890 | 48,306 | 203,696 | 127,337 | 475,391 | 48,896 | 204,243 | 127,863 |
| 10:00:00 | 423,713 | 101,458 | 226,300 | 223,937 | 424,116 | 101,763 | 226,802 | 224,429 |
| 11:00:00 | 308,864 | 166,440 | 179,803 | 296,494 | 309,128 | 166,618 | 180,265 | 296,954 |
| 12:00:00 | 155,278 | 215,753 | 98,318 | 342,336 | 155,391 | 215,861 | 98,738 | 342,757 |
| 13:00:00 | 63,667 | 230,544 | 41,132 | 351,593 | 64,007 | 230,605 | 41,742 | 351,992 |
| 14:00:00 | 64,539 | 212,435 | 32,608 | 320,939 | 64,857 | 212,476 | 33,267 | 321,385 |
| 15:00:00 | 59,630 | 165,071 | 23,176 | 259,148 | 59,942 | 165,098 | 23,832 | 259,625 |
| 16:00:00 | 49,259 | 103,230 | 9,591 | 169,160 | 49,615 | 103,292 | 10,244 | 169,658 |
| 17:00:00 | 35,918 | 47,274 | -5,698 | 58,172 | 36,271 | 47,506 | -5,046 | 58,770 |
| 18:00:00 | 19,601 | 20,412 | -12,896 | -7,973 | 19,966 | 20,787 | -12,237 | -7,310 |
| 19:00:00 | 1,744 | 1,949 | -13,163 | -13,234 | 2,139 | 2,356 | -12,519 | -12,586 |
| 20:00:00 | -7,710 | -7,829 | -13,023 | -13,067 | -7,279 | -7,385 | -12,382 | -12,422 |
| 21:00:00 | -8,835 | -8,979 | -13,337 | -13,381 | -8,374 | -8,506 | -12,679 | -12,719 |
| 22:00:00 | -9,527 | -9,668 | -13,728 | -13,770 | -9,022 | -9,151 | -13,047 | -13,085 |
| 23:00:00 | -10,172 | -10,312 | -14,190 | -14,230 | -9,632 | -9,760 | -13,483 | -13,520 |
| 00:00:00 | -10,837 | -10,970 | -14,607 | -14,647 | -10,255 | -10,376 | -13,877 | -13,913 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -16,117 | -16,335 | -19,743 | -19,847 |
| 02:00:00 | -17,230 | -17,466 | -21,473 | -21,619 |
| 03:00:00 | -18,417 | -18,677 | -21,760 | -21,889 |
| 04:00:00 | -19,218 | -19,489 | -21,853 | -21,958 |
| 05:00:00 | -19,665 | -19,939 | -22,176 | -22,281 |
| 06:00:00 | 70,990 | -17,726 | -22,339 | -22,444 |
| 07:00:00 | 391,551 | -0,475 | -23,098 | -23,254 |
| 08:00:00 | 461,931 | 15,990 | 0,858 | -11,949 |
| 09:00:00 | 470,166 | 42,349 | 198,817 | 122,572 |
| 10:00:00 | 420,167 | 99,224 | 222,024 | 219,772 |
| 11:00:00 | 307,010 | 165,731 | 176,047 | 292,727 |
| 12:00:00 | 155,288 | 215,855 | 95,080 | 339,052 |
| 13:00:00 | 60,245 | 231,137 | 35,306 | 348,560 |
| 14:00:00 | 61,330 | 213,257 | 26,103 | 317,314 |
| 15:00:00 | 56,352 | 166,105 | 16,642 | 255,048 |
| 16:00:00 | 45,860 | 103,644 | 3,026 | 164,599 |
| 17:00:00 | 32,422 | 45,172 | -12,301 | 52,508 |
| 18:00:00 | 15,935 | 16,618 | -19,607 | -14,663 |
| 19:00:00 | -2,303 | -2,249 | -19,676 | -19,825 |
| 20:00:00 | -12,158 | -12,437 | -19,499 | -19,604 |
| 21:00:00 | -13,672 | -13,973 | -20,008 | -20,113 |
| 22:00:00 | -14,793 | -15,096 | -20,648 | -20,750 |
| 23:00:00 | -15,906 | -16,203 | -21,399 | -21,501 |
| 00:00:00 | -17,075 | -17,361 | -22,074 | -22,176 |

Sala – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 31,180 | 30,115 | 30,240 | 32,273 | 32,381 | 19,655 | 18,155 | 18,329 | 20,992 | 21,125 |
| 02:00:00 | 30,986 | 29,883 | 30,013 | 32,096 | 32,206 | 19,473 | 17,941 | 18,120 | 20,829 | 20,964 |
| 03:00:00 | 30,782 | 29,636 | 29,772 | 31,912 | 32,023 | 19,320 | 17,770 | 17,951 | 20,686 | 20,821 |
| 04:00:00 | 30,582 | 29,400 | 29,541 | 31,729 | 31,842 | 19,185 | 17,624 | 17,807 | 20,554 | 20,690 |
| 05:00:00 | 30,388 | 29,179 | 29,323 | 31,548 | 31,663 | 19,042 | 17,469 | 17,653 | 20,419 | 20,555 |
| 06:00:00 | 30,267 | 29,040 | 29,181 | 31,436 | 31,551 | 18,903 | 17,319 | 17,505 | 20,286 | 20,423 |
| 07:00:00 | 30,787 | 29,608 | 29,743 | 31,951 | 32,067 | 18,752 | 17,152 | 17,340 | 20,144 | 20,282 |
| 08:00:00 | 31,351 | 30,147 | 30,282 | 32,538 | 32,654 | 18,674 | 17,072 | 17,258 | 20,060 | 20,198 |
| 09:00:00 | 31,906 | 30,747 | 30,863 | 33,052 | 33,166 | 19,871 | 18,464 | 18,613 | 21,182 | 21,310 |
| 10:00:00 | 32,600 | 31,648 | 31,711 | 33,658 | 33,765 | 21,260 | 19,972 | 20,107 | 22,514 | 22,640 |
| 11:00:00 | 33,339 | 32,545 | 32,591 | 34,348 | 34,450 | 22,453 | 21,235 | 21,355 | 23,690 | 23,814 |
| 12:00:00 | 33,981 | 33,315 | 33,339 | 34,949 | 35,048 | 23,490 | 22,343 | 22,449 | 24,707 | 24,830 |
| 13:00:00 | 34,418 | 33,809 | 33,834 | 35,367 | 35,465 | 24,269 | 23,142 | 23,246 | 25,482 | 25,605 |
| 14:00:00 | 34,762 | 34,211 | 34,231 | 35,694 | 35,790 | 24,780 | 23,656 | 23,761 | 25,995 | 26,118 |
| 15:00:00 | 34,837 | 34,324 | 34,332 | 35,757 | 35,851 | 24,945 | 23,808 | 23,917 | 26,165 | 26,288 |
| 16:00:00 | 34,651 | 34,110 | 34,116 | 35,572 | 35,668 | 24,725 | 23,565 | 23,681 | 25,945 | 26,068 |
| 17:00:00 | 34,250 | 33,643 | 33,671 | 35,198 | 35,294 | 24,001 | 22,764 | 22,892 | 25,256 | 25,382 |
| 18:00:00 | 33,834 | 33,121 | 33,186 | 34,827 | 34,927 | 23,149 | 21,807 | 21,954 | 24,453 | 24,583 |
| 19:00:00 | 33,463 | 32,699 | 32,777 | 34,476 | 34,578 | 22,636 | 21,262 | 21,414 | 23,952 | 24,084 |
| 20:00:00 | 33,131 | 32,325 | 32,411 | 34,154 | 34,257 | 22,335 | 20,957 | 21,111 | 23,654 | 23,786 |
| 21:00:00 | 32,880 | 32,033 | 32,126 | 33,915 | 34,019 | 22,080 | 20,688 | 20,844 | 23,402 | 23,535 |
| 22:00:00 | 32,669 | 31,781 | 31,881 | 33,719 | 33,824 | 21,852 | 20,442 | 20,600 | 23,179 | 23,312 |
| 23:00:00 | 32,470 | 31,541 | 31,646 | 33,534 | 33,641 | 21,635 | 20,203 | 20,365 | 22,970 | 23,104 |
| 00:00:00 | 32,270 | 31,292 | 31,405 | 33,353 | 33,460 | 21,425 | 19,971 | 20,136 | 22,769 | 22,904 |

Hall

| Flujo de calor [W/m ²] | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| U = 5,7 | | | | | U = 5,2 | | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | |
| 01:00:00 | -23,338 | -29,582 | -23,309 | -29,909 | -22,293 | -28,333 | -22,583 | -28,977 | |
| 02:00:00 | -25,072 | -31,847 | -26,038 | -33,461 | -23,939 | -30,486 | -25,185 | -32,363 | |
| 03:00:00 | -26,886 | -34,262 | -26,538 | -34,082 | -25,666 | -32,783 | -25,656 | -32,947 | |
| 04:00:00 | -27,960 | -35,747 | -26,658 | -34,201 | -26,709 | -34,212 | -25,778 | -33,071 | |
| 05:00:00 | -28,370 | -36,418 | -27,185 | -34,878 | -27,136 | -34,879 | -26,284 | -33,720 | |
| 06:00:00 | -3,050 | -33,672 | -27,464 | -35,237 | -2,057 | -32,136 | -26,554 | -34,068 | |
| 07:00:00 | 49,749 | -10,387 | -28,648 | -36,825 | 50,075 | -8,868 | -27,693 | -35,595 | |
| 08:00:00 | 43,616 | 14,407 | -26,092 | -18,665 | 43,435 | 15,799 | -25,214 | -17,798 | |
| 09:00:00 | 31,206 | 62,378 | -1,519 | 184,038 | 31,740 | 61,560 | -1,061 | 182,508 | |
| 10:00:00 | 44,992 | 165,705 | 17,413 | 322,751 | 45,588 | 161,119 | 17,576 | 320,223 | |
| 11:00:00 | 57,248 | 272,037 | 30,520 | 424,004 | 57,537 | 266,531 | 30,483 | 420,968 | |
| 12:00:00 | 64,537 | 345,737 | 38,147 | 491,691 | 64,550 | 340,330 | 37,972 | 488,244 | |
| 13:00:00 | 66,667 | 366,730 | 39,697 | 505,327 | 66,565 | 361,549 | 39,474 | 501,738 | |
| 14:00:00 | 65,378 | 342,548 | 33,558 | 461,366 | 65,249 | 337,325 | 33,446 | 458,193 | |
| 15:00:00 | 59,675 | 274,499 | 23,091 | 370,456 | 59,548 | 268,847 | 23,129 | 367,952 | |
| 16:00:00 | 47,381 | 175,194 | 7,788 | 244,186 | 47,442 | 170,142 | 8,008 | 242,483 | |
| 17:00:00 | 32,052 | 77,297 | -10,045 | 83,293 | 32,332 | 75,132 | -9,588 | 82,818 | |
| 18:00:00 | 14,304 | 21,896 | -19,301 | -16,967 | 14,717 | 22,227 | -18,698 | -16,303 | |
| 19:00:00 | -3,702 | -5,564 | -19,728 | -25,250 | -3,276 | -4,922 | -19,123 | -24,485 | |
| 20:00:00 | -14,532 | -20,467 | -19,673 | -25,141 | -13,948 | -19,621 | -19,084 | -24,391 | |
| 21:00:00 | -17,760 | -22,967 | -20,678 | -26,437 | -16,999 | -22,032 | -20,042 | -25,627 | |
| 22:00:00 | -19,404 | -25,053 | -21,836 | -27,929 | -18,574 | -24,026 | -21,147 | -27,050 | |
| 23:00:00 | -21,222 | -27,296 | -23,148 | -29,617 | -20,287 | -26,144 | -22,398 | -28,660 | |
| 00:00:00 | -23,227 | -29,712 | -24,330 | -31,140 | -22,164 | -28,422 | -23,527 | -30,112 | |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| U = 1,4 | | | | | U = 1,3 | | | | |
| 08/ago | | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | |
| 01:00:00 | -10,066 | -12,853 | -11,783 | -14,839 | -9,552 | -12,173 | -11,238 | -14,118 | |
| 02:00:00 | -10,689 | -13,673 | -12,901 | -16,259 | -10,137 | -12,931 | -12,297 | -15,460 | |
| 03:00:00 | -11,395 | -14,575 | -13,079 | -16,479 | -10,802 | -13,789 | -12,464 | -15,672 | |
| 04:00:00 | -11,905 | -15,214 | -13,149 | -16,548 | -11,285 | -14,391 | -12,529 | -15,728 | |
| 05:00:00 | -12,232 | -15,612 | -13,375 | -16,832 | -11,599 | -14,771 | -12,743 | -15,996 | |
| 06:00:00 | 10,837 | -12,684 | -13,506 | -16,996 | 11,460 | -11,833 | -12,868 | -16,152 | |
| 07:00:00 | 57,934 | 11,198 | -14,048 | -17,698 | 58,540 | 12,087 | -13,383 | -16,819 | |
| 08:00:00 | 50,437 | 34,622 | -12,394 | -2,991 | 50,992 | 35,491 | -11,762 | -2,176 | |
| 09:00:00 | 44,004 | 69,424 | 8,828 | 179,448 | 44,582 | 70,073 | 9,394 | 179,994 | |
| 10:00:00 | 55,068 | 144,449 | 25,254 | 312,900 | 55,595 | 144,698 | 25,766 | 313,330 | |
| 11:00:00 | 63,964 | 235,238 | 36,617 | 410,662 | 64,407 | 235,307 | 37,090 | 411,009 | |
| 12:00:00 | 68,231 | 302,940 | 42,845 | 474,680 | 68,521 | 302,918 | 43,278 | 474,943 | |
| 13:00:00 | 68,618 | 322,968 | 43,692 | 486,933 | 68,876 | 322,888 | 44,096 | 487,149 | |
| 14:00:00 | 66,816 | 299,157 | 38,489 | 446,062 | 67,049 | 299,051 | 38,913 | 446,331 | |
| 15:00:00 | 61,444 | 233,525 | 28,710 | 359,557 | 61,678 | 233,409 | 29,125 | 359,869 | |
| 16:00:00 | 50,606 | 145,801 | 14,459 | 238,581 | 50,874 | 145,751 | 14,876 | 238,949 | |
| 17:00:00 | 36,777 | 69,641 | -1,845 | 85,732 | 37,069 | 69,823 | -1,415 | 86,199 | |
| 18:00:00 | 20,309 | 28,854 | -9,829 | -5,470 | 20,617 | 29,259 | -9,367 | -4,875 | |
| 19:00:00 | 3,213 | 4,027 | -10,335 | -13,014 | 3,536 | 4,476 | -9,882 | -12,408 | |
| 20:00:00 | -6,250 | -9,005 | -10,274 | -12,904 | -5,889 | -8,505 | -9,813 | -12,295 | |
| 21:00:00 | -8,040 | -10,399 | -10,672 | -13,403 | -7,647 | -9,870 | -10,189 | -12,764 | |
| 22:00:00 | -8,698 | -11,215 | -11,128 | -13,975 | -8,268 | -10,631 | -10,619 | -13,302 | |
| 23:00:00 | -9,319 | -11,979 | -11,646 | -14,626 | -8,850 | -11,353 | -11,108 | -13,915 | |
| 00:00:00 | -9,950 | -12,779 | -12,117 | -15,220 | -9,440 | -12,100 | -11,554 | -14,475 | |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul |
| 01:00:00 | -15,381 | -19,760 | -17,078 | -21,819 |
| 02:00:00 | -16,447 | -21,161 | -18,837 | -24,095 |
| 03:00:00 | -17,593 | -22,671 | -19,130 | -24,453 |
| 04:00:00 | -18,372 | -23,685 | -19,240 | -24,575 |
| 05:00:00 | -18,804 | -24,251 | -19,594 | -25,026 |
| 06:00:00 | 4,469 | -21,436 | -19,792 | -25,279 |
| 07:00:00 | 51,959 | 1,969 | -20,612 | -26,366 |
| 08:00:00 | 45,011 | 25,615 | -18,607 | -10,836 |
| 09:00:00 | 38,199 | 63,392 | 3,467 | 175,240 |
| 10:00:00 | 49,838 | 143,724 | 20,560 | 310,201 |
| 11:00:00 | 59,877 | 236,760 | 32,402 | 408,994 |
| 12:00:00 | 65,243 | 305,554 | 39,095 | 474,029 |
| 13:00:00 | 66,434 | 326,116 | 40,247 | 486,815 |
| 14:00:00 | 64,896 | 302,591 | 34,800 | 445,255 |
| 15:00:00 | 59,400 | 237,139 | 25,025 | 358,061 |
| 16:00:00 | 48,211 | 148,360 | 10,692 | 236,220 |
| 17:00:00 | 34,145 | 68,896 | -5,852 | 81,903 |
| 18:00:00 | 17,438 | 25,160 | -14,194 | -11,095 |
| 19:00:00 | 0,140 | -0,251 | -14,650 | -18,708 |
| 20:00:00 | -9,735 | -13,802 | -14,634 | -18,639 |
| 21:00:00 | -11,952 | -15,607 | -15,276 | -19,462 |
| 22:00:00 | -13,043 | -16,965 | -16,016 | -20,409 |
| 23:00:00 | -14,097 | -18,291 | -16,856 | -21,484 |
| 00:00:00 | -15,217 | -19,699 | -17,617 | -22,457 |

Hall – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 30,516 | 29,114 | 29,278 | 31,889 | 32,027 | 17,813 | 16,159 | 16,345 | 19,339 | 19,494 |
| 02:00:00 | 30,291 | 28,842 | 29,012 | 31,687 | 31,826 | 17,625 | 15,926 | 16,118 | 19,179 | 19,337 |
| 03:00:00 | 30,058 | 28,555 | 28,734 | 31,481 | 31,623 | 17,482 | 15,756 | 15,952 | 19,051 | 19,210 |
| 04:00:00 | 29,839 | 28,293 | 28,477 | 31,284 | 31,428 | 17,365 | 15,624 | 15,823 | 18,943 | 19,103 |
| 05:00:00 | 29,635 | 28,059 | 28,247 | 31,098 | 31,243 | 17,240 | 15,480 | 15,681 | 18,829 | 18,990 |
| 06:00:00 | 29,583 | 27,996 | 28,165 | 31,051 | 31,197 | 17,121 | 15,346 | 15,549 | 18,720 | 18,882 |
| 07:00:00 | 30,243 | 28,750 | 28,911 | 31,698 | 31,845 | 16,985 | 15,185 | 15,391 | 18,598 | 18,761 |
| 08:00:00 | 30,488 | 28,994 | 29,139 | 31,966 | 32,114 | 16,904 | 15,101 | 15,307 | 18,516 | 18,679 |
| 09:00:00 | 30,710 | 29,174 | 29,326 | 32,178 | 32,325 | 17,317 | 15,596 | 15,784 | 18,901 | 19,061 |
| 10:00:00 | 31,176 | 29,715 | 29,863 | 32,605 | 32,748 | 18,029 | 16,390 | 16,560 | 19,572 | 19,729 |
| 11:00:00 | 31,815 | 30,475 | 30,603 | 33,190 | 33,330 | 18,916 | 17,366 | 17,519 | 20,421 | 20,575 |
| 12:00:00 | 32,475 | 31,263 | 31,372 | 33,787 | 33,915 | 19,689 | 18,223 | 18,365 | 21,155 | 21,306 |
| 13:00:00 | 33,007 | 31,898 | 31,997 | 34,258 | 34,386 | 20,301 | 18,891 | 19,026 | 21,739 | 21,887 |
| 14:00:00 | 33,375 | 32,333 | 32,425 | 34,594 | 34,719 | 20,658 | 19,264 | 19,397 | 22,092 | 22,240 |
| 15:00:00 | 33,557 | 32,558 | 32,643 | 34,761 | 34,884 | 20,769 | 19,369 | 19,504 | 22,205 | 22,353 |
| 16:00:00 | 33,511 | 32,516 | 32,603 | 34,724 | 34,847 | 20,622 | 19,207 | 19,348 | 22,062 | 22,210 |
| 17:00:00 | 33,282 | 32,253 | 32,352 | 34,505 | 34,630 | 20,153 | 18,692 | 18,845 | 21,608 | 21,758 |
| 18:00:00 | 32,939 | 31,861 | 31,974 | 34,181 | 34,308 | 19,637 | 18,125 | 18,288 | 21,111 | 21,262 |
| 19:00:00 | 32,520 | 31,404 | 31,523 | 33,776 | 33,903 | 19,328 | 17,792 | 17,960 | 20,809 | 20,961 |
| 20:00:00 | 32,093 | 30,947 | 31,071 | 33,361 | 33,490 | 19,143 | 17,602 | 17,770 | 20,627 | 20,779 |
| 21:00:00 | 31,754 | 30,565 | 30,698 | 33,037 | 33,167 | 18,963 | 17,406 | 17,577 | 20,460 | 20,613 |
| 22:00:00 | 31,485 | 30,255 | 30,394 | 32,785 | 32,917 | 18,795 | 17,218 | 17,392 | 20,304 | 20,458 |
| 23:00:00 | 31,239 | 29,966 | 30,111 | 32,560 | 32,693 | 18,630 | 17,029 | 17,206 | 20,151 | 20,307 |
| 00:00:00 | 31,008 | 29,679 | 29,833 | 32,352 | 32,487 | 18,471 | 16,844 | 17,025 | 20,003 | 20,161 |

Escritório

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | U = 5,7 | | U = 5,2 | | U = 1,4 | | U = 1,3 | |
| | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan |
| | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul |
| 01:00:00 | -27,680 | -29,000 | -26,247 | -27,949 | -10,890 | -13,564 | -10,297 | -12,891 |
| 02:00:00 | -29,779 | -32,010 | -28,234 | -30,810 | -11,631 | -14,748 | -10,983 | -14,010 |
| 03:00:00 | -31,976 | -32,595 | -30,316 | -31,356 | -12,433 | -14,933 | -11,745 | -14,184 |
| 04:00:00 | -33,342 | -32,712 | -31,629 | -31,473 | -13,009 | -14,991 | -12,289 | -14,237 |
| 05:00:00 | -33,964 | -33,260 | -32,249 | -31,996 | -13,374 | -15,212 | -12,636 | -14,445 |
| 06:00:00 | -31,334 | -33,527 | -29,625 | -32,253 | -10,673 | -15,328 | -9,931 | -14,556 |
| 07:00:00 | -10,371 | -34,754 | -8,851 | -33,432 | 8,959 | -15,875 | 9,689 | -15,075 |
| 08:00:00 | 9,274 | -31,865 | 10,619 | -30,627 | 27,058 | -13,993 | 27,761 | -13,230 |
| 09:00:00 | 30,409 | 7,366 | 31,387 | 7,894 | 44,794 | 19,332 | 45,425 | 19,988 |
| 10:00:00 | 66,558 | 124,854 | 65,763 | 124,014 | 70,027 | 125,123 | 70,436 | 125,611 |
| 11:00:00 | 145,136 | 281,341 | 141,421 | 279,375 | 126,188 | 274,639 | 126,256 | 275,023 |
| 12:00:00 | 224,781 | 350,747 | 220,571 | 348,651 | 194,792 | 343,566 | 194,741 | 343,930 |
| 13:00:00 | 274,137 | 379,365 | 270,478 | 377,287 | 242,960 | 372,191 | 242,905 | 372,551 |
| 14:00:00 | 283,578 | 360,857 | 280,372 | 359,085 | 254,885 | 356,380 | 254,859 | 356,798 |
| 15:00:00 | 254,689 | 302,539 | 251,548 | 301,304 | 228,221 | 301,702 | 228,222 | 302,168 |
| 16:00:00 | 193,081 | 205,451 | 190,164 | 204,915 | 171,114 | 209,253 | 171,152 | 209,772 |
| 17:00:00 | 110,093 | 70,651 | 107,752 | 70,964 | 96,755 | 80,743 | 96,840 | 81,344 |
| 18:00:00 | 31,052 | -21,646 | 30,422 | -20,511 | 33,258 | -5,774 | 33,504 | -5,099 |
| 19:00:00 | -8,430 | -29,268 | -7,444 | -28,099 | 2,601 | -13,417 | 2,998 | -12,754 |
| 20:00:00 | -20,108 | -28,899 | -18,997 | -27,769 | -7,674 | -13,269 | -7,233 | -12,608 |
| 21:00:00 | -22,657 | -29,808 | -21,431 | -28,637 | -8,930 | -13,628 | -8,454 | -12,946 |
| 22:00:00 | -24,699 | -30,954 | -23,382 | -29,729 | -9,729 | -14,069 | -9,200 | -13,362 |
| 23:00:00 | -26,942 | -32,299 | -25,496 | -31,008 | -10,480 | -14,584 | -9,909 | -13,847 |
| 00:00:00 | -29,356 | -33,509 | -27,757 | -32,160 | -11,243 | -15,051 | -10,624 | -14,288 |

(continuação)

| | Fluxo de calor [W/m ²] | |
|----------|--|---------|
| | Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | |
| | 08/ago | 18/jan |
| | Sul | Sul |
| 01:00:00 | -17,254 | -20,346 |
| 02:00:00 | -18,521 | -22,241 |
| 03:00:00 | -19,867 | -22,561 |
| 04:00:00 | -20,785 | -22,658 |
| 05:00:00 | -21,311 | -23,013 |
| 06:00:00 | -18,685 | -23,193 |
| 07:00:00 | 1,109 | -24,032 |
| 08:00:00 | 19,526 | -21,759 |
| 09:00:00 | 38,214 | 12,947 |
| 10:00:00 | 66,230 | 121,013 |
| 11:00:00 | 126,833 | 271,892 |
| 12:00:00 | 196,933 | 341,064 |
| 13:00:00 | 245,087 | 369,731 |
| 14:00:00 | 256,582 | 353,218 |
| 15:00:00 | 229,614 | 297,866 |
| 16:00:00 | 171,967 | 204,652 |
| 17:00:00 | 96,820 | 74,975 |
| 18:00:00 | 31,141 | -12,619 |
| 19:00:00 | -1,505 | -20,129 |
| 20:00:00 | -12,244 | -19,946 |
| 21:00:00 | -13,960 | -20,530 |
| 22:00:00 | -15,281 | -21,254 |
| 23:00:00 | -16,584 | -22,100 |
| 00:00:00 | -17,936 | -22,863 |

Escritório – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 31,025 | 30,063 | 30,174 | 32,074 | 32,179 | 19,104 | 17,640 | 17,809 | 20,422 | 20,554 |
| 02:00:00 | 30,865 | 29,866 | 29,982 | 31,929 | 32,036 | 18,934 | 17,441 | 17,614 | 20,268 | 20,402 |
| 03:00:00 | 30,693 | 29,653 | 29,775 | 31,776 | 31,884 | 18,791 | 17,283 | 17,458 | 20,134 | 20,268 |
| 04:00:00 | 30,522 | 29,448 | 29,575 | 31,621 | 31,730 | 18,660 | 17,144 | 17,319 | 20,007 | 20,142 |
| 05:00:00 | 30,353 | 29,253 | 29,383 | 31,465 | 31,575 | 18,523 | 16,994 | 17,172 | 19,876 | 20,011 |
| 06:00:00 | 30,196 | 29,071 | 29,205 | 31,318 | 31,429 | 18,387 | 16,849 | 17,028 | 19,745 | 19,881 |
| 07:00:00 | 30,157 | 29,019 | 29,152 | 31,285 | 31,397 | 18,238 | 16,685 | 16,865 | 19,605 | 19,742 |
| 08:00:00 | 30,208 | 29,066 | 29,198 | 31,339 | 31,451 | 18,120 | 16,566 | 16,747 | 19,486 | 19,623 |
| 09:00:00 | 30,332 | 29,215 | 29,340 | 31,453 | 31,565 | 18,231 | 16,730 | 16,898 | 19,577 | 19,712 |
| 10:00:00 | 30,592 | 29,560 | 29,656 | 31,669 | 31,776 | 19,069 | 17,715 | 17,856 | 20,324 | 20,449 |
| 11:00:00 | 31,178 | 30,337 | 30,372 | 32,154 | 32,254 | 20,635 | 19,426 | 19,543 | 21,844 | 21,966 |
| 12:00:00 | 32,035 | 31,418 | 31,424 | 32,937 | 33,031 | 22,007 | 20,873 | 20,980 | 23,196 | 23,317 |
| 13:00:00 | 32,938 | 32,437 | 32,446 | 33,817 | 33,908 | 23,145 | 22,061 | 22,161 | 24,321 | 24,441 |
| 14:00:00 | 33,649 | 33,216 | 33,226 | 34,520 | 34,610 | 23,936 | 22,870 | 22,969 | 25,111 | 25,230 |
| 15:00:00 | 34,046 | 33,667 | 33,671 | 34,906 | 34,996 | 24,318 | 23,247 | 23,348 | 25,495 | 25,615 |
| 16:00:00 | 34,075 | 33,721 | 33,720 | 34,929 | 35,019 | 24,228 | 23,136 | 23,243 | 25,407 | 25,527 |
| 17:00:00 | 33,760 | 33,384 | 33,387 | 34,622 | 34,712 | 23,493 | 22,327 | 22,445 | 24,699 | 24,820 |
| 18:00:00 | 33,305 | 32,796 | 32,813 | 34,203 | 34,296 | 22,544 | 21,260 | 21,400 | 23,802 | 23,928 |
| 19:00:00 | 32,848 | 32,220 | 32,277 | 33,803 | 33,901 | 22,026 | 20,697 | 20,844 | 23,303 | 23,432 |
| 20:00:00 | 32,542 | 31,872 | 31,940 | 33,508 | 33,606 | 21,743 | 20,402 | 20,550 | 23,024 | 23,152 |
| 21:00:00 | 32,350 | 31,639 | 31,714 | 33,325 | 33,424 | 21,508 | 20,152 | 20,302 | 22,798 | 22,927 |
| 22:00:00 | 32,201 | 31,450 | 31,532 | 33,190 | 33,290 | 21,300 | 19,930 | 20,082 | 22,600 | 22,730 |
| 23:00:00 | 32,061 | 31,270 | 31,357 | 33,066 | 33,168 | 21,104 | 19,715 | 19,870 | 22,414 | 22,545 |
| 00:00:00 | 31,918 | 31,079 | 31,174 | 32,940 | 33,043 | 20,913 | 19,505 | 19,663 | 22,234 | 22,366 |

Cozinha

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| U = 5,7 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -27,885 | -27,458 | -25,267 | -24,953 | -24,548 | -24,490 | -22,684 | -22,799 |
| 02:00:00 | -29,809 | -29,384 | -27,038 | -26,611 | -27,535 | -27,473 | -25,437 | -25,321 |
| 03:00:00 | -31,783 | -31,406 | -28,902 | -28,307 | -28,157 | -28,097 | -26,010 | -26,052 |
| 04:00:00 | -32,913 | -32,631 | -30,038 | -29,374 | -28,330 | -28,269 | -26,166 | -26,495 |
| 05:00:00 | -33,292 | -33,150 | -30,530 | -29,837 | -28,944 | -28,883 | -26,730 | -27,083 |
| 06:00:00 | -6,226 | 59,398 | 57,127 | -29,314 | -29,291 | -29,230 | -27,050 | -27,414 |
| 07:00:00 | 44,769 | 384,820 | 367,301 | -20,950 | -30,619 | -30,554 | -28,273 | -28,219 |
| 08:00:00 | -3,919 | 453,389 | 434,839 | -9,089 | -28,215 | -5,021 | -4,208 | -16,668 |
| 09:00:00 | 14,430 | 461,387 | 444,175 | 15,740 | -4,593 | 205,081 | 194,609 | 114,889 |
| 10:00:00 | 32,433 | 414,907 | 401,654 | 80,429 | 14,852 | 234,591 | 222,982 | 208,936 |
| 11:00:00 | 46,285 | 312,335 | 305,483 | 155,245 | 29,644 | 195,460 | 186,317 | 283,123 |
| 12:00:00 | 56,591 | 164,120 | 165,279 | 213,837 | 39,358 | 116,385 | 111,571 | 334,568 |
| 13:00:00 | 61,828 | 60,118 | 54,039 | 234,850 | 42,880 | 46,109 | 44,209 | 348,745 |
| 14:00:00 | 62,214 | 62,487 | 59,712 | 164,429 | 37,748 | 37,485 | 35,849 | 135,405 |
| 15:00:00 | 57,770 | 57,850 | 55,271 | 60,942 | 27,537 | 27,345 | 26,221 | 17,336 |
| 16:00:00 | 45,544 | 45,725 | 43,783 | 36,933 | 11,415 | 11,327 | 11,043 | 5,065 |
| 17:00:00 | 29,333 | 29,689 | 28,603 | 22,943 | -8,133 | -8,106 | -7,344 | -9,301 |
| 18:00:00 | 14,970 | 10,767 | 10,678 | 7,149 | -18,941 | -18,856 | -17,479 | -16,820 |
| 19:00:00 | 12,478 | -10,091 | -9,075 | -9,734 | -19,945 | -19,854 | -18,417 | -17,761 |
| 20:00:00 | -16,891 | -21,415 | -19,785 | -18,517 | -20,129 | -20,036 | -18,578 | -18,341 |
| 21:00:00 | -24,031 | -23,737 | -21,918 | -20,672 | -21,377 | -21,282 | -19,727 | -19,572 |
| 22:00:00 | -25,730 | -25,478 | -23,518 | -22,349 | -22,740 | -22,645 | -20,984 | -20,929 |
| 23:00:00 | -27,720 | -27,424 | -25,291 | -24,277 | -24,243 | -24,147 | -22,370 | -22,405 |
| 00:00:00 | -29,950 | -29,540 | -27,209 | -26,402 | -25,600 | -25,505 | -23,621 | -23,732 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| U = 5,2 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -26,513 | -26,138 | -24,119 | -23,802 | -23,693 | -23,634 | -21,931 | -22,031 |
| 02:00:00 | -28,328 | -27,956 | -25,796 | -25,368 | -26,532 | -26,468 | -24,553 | -24,427 |
| 03:00:00 | -30,197 | -29,867 | -27,562 | -26,973 | -27,114 | -27,051 | -25,090 | -25,119 |
| 04:00:00 | -31,292 | -31,042 | -28,653 | -27,998 | -27,283 | -27,221 | -25,243 | -25,541 |
| 05:00:00 | -31,693 | -31,561 | -29,143 | -28,460 | -27,869 | -27,806 | -25,783 | -26,102 |
| 06:00:00 | -5,317 | 60,512 | 58,087 | -27,927 | -28,202 | -28,139 | -26,090 | -26,420 |
| 07:00:00 | 43,615 | 384,372 | 366,826 | -19,416 | -29,475 | -29,409 | -27,266 | -27,194 |
| 08:00:00 | -2,339 | 452,888 | 434,314 | -7,497 | -27,154 | -4,136 | -3,435 | -15,900 |
| 09:00:00 | 16,092 | 460,843 | 443,602 | 16,192 | -3,966 | 204,150 | 193,761 | 114,020 |
| 10:00:00 | 33,792 | 413,800 | 400,546 | 78,200 | 15,193 | 232,952 | 221,489 | 207,413 |
| 11:00:00 | 47,307 | 310,490 | 303,651 | 152,495 | 29,744 | 193,402 | 184,429 | 281,172 |
| 12:00:00 | 57,239 | 161,178 | 162,293 | 210,853 | 39,277 | 113,831 | 109,187 | 332,241 |
| 13:00:00 | 62,141 | 59,882 | 54,103 | 231,718 | 42,648 | 45,575 | 43,711 | 346,173 |
| 14:00:00 | 62,352 | 62,505 | 59,689 | 162,254 | 37,556 | 37,301 | 35,665 | 134,501 |
| 15:00:00 | 57,811 | 57,810 | 55,202 | 60,544 | 27,461 | 27,275 | 26,142 | 17,327 |
| 16:00:00 | 45,750 | 45,848 | 43,860 | 36,980 | 11,536 | 11,451 | 11,141 | 5,215 |
| 17:00:00 | 29,813 | 30,060 | 28,906 | 23,210 | -7,712 | -7,686 | -6,976 | -8,924 |
| 18:00:00 | 15,239 | 11,369 | 11,191 | 7,617 | -18,304 | -18,222 | -16,919 | -16,296 |
| 19:00:00 | 12,066 | -9,212 | -8,310 | -9,029 | -19,277 | -19,189 | -17,830 | -17,203 |
| 20:00:00 | -15,989 | -20,391 | -18,886 | -17,695 | -19,456 | -19,365 | -17,986 | -17,757 |
| 21:00:00 | -22,859 | -22,604 | -20,926 | -19,744 | -20,643 | -20,549 | -19,081 | -18,929 |
| 22:00:00 | -24,485 | -24,262 | -22,454 | -21,338 | -21,938 | -21,845 | -20,278 | -20,219 |
| 23:00:00 | -26,354 | -26,090 | -24,124 | -23,152 | -23,366 | -23,272 | -21,597 | -21,622 |
| 00:00:00 | -28,423 | -28,066 | -25,923 | -25,140 | -24,654 | -24,561 | -22,788 | -22,882 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| U = 1,4 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -11,373 | -11,342 | -10,733 | -10,576 | -11,874 | -11,832 | -11,184 | -11,217 |
| 02:00:00 | -12,045 | -12,019 | -11,376 | -11,167 | -13,060 | -13,014 | -12,304 | -12,205 |
| 03:00:00 | -12,780 | -12,756 | -12,076 | -11,796 | -13,251 | -13,205 | -12,499 | -12,483 |
| 04:00:00 | -13,306 | -13,274 | -12,567 | -12,254 | -13,333 | -13,287 | -12,568 | -12,648 |
| 05:00:00 | -13,636 | -13,593 | -12,868 | -12,535 | -13,580 | -13,533 | -12,801 | -12,886 |
| 06:00:00 | 8,033 | 76,084 | 72,211 | -11,705 | -13,728 | -13,680 | -12,941 | -13,027 |
| 07:00:00 | 48,126 | 391,649 | 373,463 | -1,588 | -14,321 | -14,272 | -13,498 | -13,392 |
| 08:00:00 | 20,355 | 459,614 | 440,367 | 11,140 | -12,838 | 9,068 | 8,592 | -4,124 |
| 09:00:00 | 35,686 | 465,807 | 447,970 | 30,721 | 7,653 | 205,772 | 195,361 | 113,869 |
| 10:00:00 | 50,665 | 413,863 | 400,153 | 77,453 | 24,688 | 229,750 | 218,585 | 204,336 |
| 11:00:00 | 60,794 | 299,718 | 292,448 | 139,993 | 37,231 | 184,700 | 176,195 | 275,347 |
| 12:00:00 | 66,786 | 148,750 | 148,193 | 191,928 | 44,789 | 104,796 | 100,364 | 323,178 |
| 13:00:00 | 68,372 | 67,271 | 62,310 | 209,594 | 46,534 | 49,536 | 47,242 | 335,044 |
| 14:00:00 | 66,994 | 66,657 | 63,378 | 148,332 | 41,715 | 41,473 | 39,444 | 133,439 |
| 15:00:00 | 62,040 | 61,717 | 58,682 | 61,016 | 31,841 | 31,656 | 30,110 | 21,520 |
| 16:00:00 | 51,021 | 50,727 | 48,232 | 40,788 | 16,894 | 16,793 | 15,985 | 10,268 |
| 17:00:00 | 36,757 | 36,517 | 34,724 | 28,480 | -0,505 | -0,511 | -0,455 | -2,470 |
| 18:00:00 | 22,215 | 19,501 | 18,552 | 14,356 | -9,334 | -9,294 | -8,794 | -8,603 |
| 19:00:00 | 15,811 | 0,927 | 0,904 | -0,589 | -10,058 | -10,013 | -9,475 | -9,180 |
| 20:00:00 | -5,252 | -8,860 | -8,398 | -8,095 | -10,070 | -10,024 | -9,479 | -9,399 |
| 21:00:00 | -9,998 | -9,996 | -9,475 | -9,053 | -10,547 | -10,500 | -9,930 | -9,873 |
| 22:00:00 | -10,705 | -10,683 | -10,121 | -9,700 | -11,070 | -11,022 | -10,423 | -10,398 |
| 23:00:00 | -11,340 | -11,316 | -10,719 | -10,337 | -11,648 | -11,599 | -10,969 | -10,969 |
| 00:00:00 | -11,989 | -11,970 | -11,336 | -11,006 | -12,171 | -12,120 | -11,463 | -11,483 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| U = 1,3 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -10,771 | -10,747 | -10,178 | -10,031 | -11,306 | -11,266 | -10,661 | -10,692 |
| 02:00:00 | -11,402 | -11,382 | -10,774 | -10,586 | -12,431 | -12,387 | -11,723 | -11,627 |
| 03:00:00 | -12,094 | -12,075 | -11,440 | -11,180 | -12,618 | -12,574 | -11,905 | -11,891 |
| 04:00:00 | -12,593 | -12,566 | -11,906 | -11,613 | -12,689 | -12,644 | -11,969 | -12,046 |
| 05:00:00 | -12,910 | -12,870 | -12,193 | -11,882 | -12,923 | -12,878 | -12,190 | -12,271 |
| 06:00:00 | 8,713 | 76,767 | 72,852 | -11,043 | -13,063 | -13,017 | -12,323 | -12,405 |
| 07:00:00 | 48,691 | 392,218 | 374,002 | -0,873 | -13,627 | -13,580 | -12,852 | -12,751 |
| 08:00:00 | 21,161 | 460,209 | 440,932 | 11,894 | -12,179 | 9,703 | 9,187 | -3,525 |
| 09:00:00 | 36,494 | 466,392 | 448,527 | 31,386 | 8,257 | 206,207 | 195,776 | 114,272 |
| 10:00:00 | 51,406 | 414,358 | 400,622 | 77,839 | 25,241 | 230,102 | 218,923 | 204,668 |
| 11:00:00 | 61,434 | 300,067 | 292,777 | 140,233 | 37,731 | 184,980 | 176,464 | 275,602 |
| 12:00:00 | 67,322 | 148,938 | 148,352 | 192,060 | 45,228 | 105,005 | 100,561 | 323,347 |
| 13:00:00 | 68,756 | 67,567 | 62,568 | 209,643 | 46,916 | 49,900 | 47,586 | 335,149 |
| 14:00:00 | 67,314 | 66,960 | 63,661 | 148,437 | 42,098 | 41,854 | 39,801 | 133,698 |
| 15:00:00 | 62,343 | 62,032 | 58,980 | 61,268 | 32,204 | 32,017 | 30,450 | 21,850 |
| 16:00:00 | 51,387 | 51,085 | 48,570 | 41,090 | 17,257 | 17,154 | 16,326 | 10,604 |
| 17:00:00 | 37,138 | 36,891 | 35,077 | 28,802 | -0,108 | -0,116 | -0,087 | -2,110 |
| 18:00:00 | 22,589 | 19,905 | 18,931 | 14,706 | -8,890 | -8,852 | -8,378 | -8,207 |
| 19:00:00 | 16,150 | 1,376 | 1,322 | -0,203 | -9,606 | -9,564 | -9,056 | -8,772 |
| 20:00:00 | -4,778 | -8,377 | -7,944 | -7,676 | -9,606 | -9,563 | -9,049 | -8,976 |
| 21:00:00 | -9,478 | -9,480 | -8,992 | -8,599 | -10,056 | -10,012 | -9,474 | -9,424 |
| 22:00:00 | -10,140 | -10,128 | -9,600 | -9,211 | -10,549 | -10,504 | -9,940 | -9,919 |
| 23:00:00 | -10,741 | -10,721 | -10,164 | -9,808 | -11,095 | -11,048 | -10,455 | -10,458 |
| 00:00:00 | -11,347 | -11,334 | -10,742 | -10,434 | -11,589 | -11,541 | -10,923 | -10,944 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|--|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -17,781 | -17,653 | -16,546 | -16,284 | -17,484 | -17,427 | -16,351 | -16,388 |
| 02:00:00 | -18,928 | -18,805 | -17,627 | -17,284 | -19,369 | -19,307 | -18,115 | -17,971 |
| 03:00:00 | -20,142 | -20,032 | -18,780 | -18,324 | -19,710 | -19,648 | -18,438 | -18,421 |
| 04:00:00 | -20,948 | -20,849 | -19,548 | -19,043 | -19,843 | -19,781 | -18,560 | -18,702 |
| 05:00:00 | -21,374 | -21,296 | -19,967 | -19,438 | -20,239 | -20,176 | -18,930 | -19,081 |
| 06:00:00 | 1,005 | 68,919 | 65,592 | -18,722 | -20,469 | -20,406 | -19,146 | -19,302 |
| 07:00:00 | 42,825 | 386,147 | 368,311 | -9,258 | -21,371 | -21,305 | -19,988 | -19,855 |
| 08:00:00 | 11,603 | 453,776 | 434,890 | 2,997 | -19,532 | 2,672 | 2,681 | -10,050 |
| 09:00:00 | 26,926 | 460,132 | 442,635 | 23,854 | 1,736 | 202,153 | 191,912 | 110,466 |
| 10:00:00 | 42,767 | 409,318 | 395,898 | 74,173 | 19,394 | 227,188 | 216,108 | 201,939 |
| 11:00:00 | 54,138 | 296,974 | 289,936 | 138,594 | 32,600 | 183,043 | 174,577 | 273,905 |
| 12:00:00 | 61,573 | 147,999 | 147,749 | 191,836 | 40,877 | 103,965 | 99,586 | 322,780 |
| 13:00:00 | 64,398 | 63,888 | 58,734 | 210,536 | 43,265 | 46,584 | 44,475 | 335,392 |
| 14:00:00 | 63,719 | 63,489 | 60,422 | 148,437 | 38,409 | 38,173 | 36,369 | 131,619 |
| 15:00:00 | 58,885 | 58,645 | 55,813 | 58,995 | 28,669 | 28,494 | 27,170 | 18,677 |
| 16:00:00 | 47,685 | 47,501 | 45,227 | 38,148 | 13,609 | 13,523 | 12,959 | 7,270 |
| 17:00:00 | 33,055 | 32,935 | 31,395 | 25,486 | -4,230 | -4,215 | -3,870 | -5,813 |
| 18:00:00 | 18,593 | 15,515 | 14,854 | 10,995 | -13,651 | -13,587 | -12,753 | -12,381 |
| 19:00:00 | 12,718 | -3,591 | -3,283 | -4,410 | -14,461 | -14,391 | -13,516 | -13,080 |
| 20:00:00 | -10,114 | -13,834 | -12,999 | -12,306 | -14,570 | -14,499 | -13,609 | -13,454 |
| 21:00:00 | -15,441 | -15,371 | -14,442 | -13,682 | -15,352 | -15,280 | -14,341 | -14,229 |
| 22:00:00 | -16,569 | -16,485 | -15,481 | -14,740 | -16,209 | -16,134 | -15,141 | -15,085 |
| 23:00:00 | -17,689 | -17,592 | -16,513 | -15,852 | -17,150 | -17,074 | -16,022 | -16,012 |
| 00:00:00 | -18,868 | -18,756 | -17,596 | -17,037 | -17,998 | -17,922 | -16,817 | -16,843 |

Cozinha – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 31,664 | 30,278 | 30,440 | 32,979 | 33,109 | 17,937 | 16,473 | 16,639 | 19,284 | 19,420 |
| 02:00:00 | 31,466 | 30,046 | 30,212 | 32,798 | 32,930 | 17,794 | 16,297 | 16,468 | 19,161 | 19,300 |
| 03:00:00 | 31,257 | 29,801 | 29,971 | 32,610 | 32,744 | 17,686 | 16,170 | 16,343 | 19,062 | 19,202 |
| 04:00:00 | 31,055 | 29,572 | 29,745 | 32,425 | 32,560 | 17,593 | 16,065 | 16,240 | 18,974 | 19,115 |
| 05:00:00 | 30,861 | 29,359 | 29,535 | 32,243 | 32,379 | 17,489 | 15,947 | 16,124 | 18,880 | 19,021 |
| 06:00:00 | 30,822 | 29,332 | 29,494 | 32,203 | 32,339 | 17,389 | 15,833 | 16,012 | 18,786 | 18,928 |
| 07:00:00 | 31,851 | 30,497 | 30,626 | 33,214 | 33,352 | 17,271 | 15,697 | 15,879 | 18,681 | 18,824 |
| 08:00:00 | 32,758 | 31,358 | 31,505 | 34,126 | 34,262 | 17,222 | 15,647 | 15,827 | 18,627 | 18,769 |
| 09:00:00 | 33,601 | 32,219 | 32,365 | 34,955 | 35,090 | 17,916 | 16,477 | 16,629 | 19,261 | 19,396 |
| 10:00:00 | 34,319 | 32,995 | 33,124 | 35,634 | 35,765 | 18,675 | 17,331 | 17,462 | 19,974 | 20,106 |
| 11:00:00 | 34,794 | 33,538 | 33,652 | 36,067 | 36,194 | 19,215 | 17,934 | 18,049 | 20,482 | 20,612 |
| 12:00:00 | 34,927 | 33,761 | 33,855 | 36,151 | 36,275 | 19,532 | 18,310 | 18,415 | 20,767 | 20,894 |
| 13:00:00 | 34,799 | 33,654 | 33,761 | 36,026 | 36,143 | 19,646 | 18,435 | 18,547 | 20,884 | 21,011 |
| 14:00:00 | 34,767 | 33,649 | 33,758 | 35,979 | 36,097 | 19,672 | 18,446 | 18,565 | 20,916 | 21,043 |
| 15:00:00 | 34,698 | 33,592 | 33,703 | 35,921 | 36,040 | 19,630 | 18,392 | 18,516 | 20,874 | 21,001 |
| 16:00:00 | 34,606 | 33,486 | 33,600 | 35,835 | 35,958 | 19,568 | 18,324 | 18,452 | 20,813 | 20,940 |
| 17:00:00 | 34,464 | 33,310 | 33,430 | 35,698 | 35,821 | 19,412 | 18,136 | 18,272 | 20,669 | 20,797 |
| 18:00:00 | 34,254 | 33,072 | 33,195 | 35,498 | 35,622 | 19,220 | 17,906 | 18,049 | 20,497 | 20,626 |
| 19:00:00 | 34,007 | 32,816 | 32,937 | 35,256 | 35,381 | 19,086 | 17,758 | 17,904 | 20,370 | 20,500 |
| 20:00:00 | 33,692 | 32,473 | 32,607 | 34,962 | 35,089 | 18,999 | 17,664 | 17,811 | 20,282 | 20,412 |
| 21:00:00 | 33,428 | 32,179 | 32,320 | 34,710 | 34,837 | 18,899 | 17,545 | 17,694 | 20,191 | 20,322 |
| 22:00:00 | 33,203 | 31,922 | 32,067 | 34,496 | 34,624 | 18,796 | 17,419 | 17,571 | 20,100 | 20,232 |
| 23:00:00 | 32,985 | 31,670 | 31,820 | 34,291 | 34,421 | 18,686 | 17,287 | 17,442 | 20,005 | 20,138 |
| 00:00:00 | 32,767 | 31,410 | 31,566 | 34,091 | 34,221 | 18,572 | 17,154 | 17,312 | 19,906 | 20,041 |

Casa de Banho

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | U = 5,7 | | U = 5,2 | | U = 1,4 | | U = 1,3 | |
| | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan |
| | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste |
| 01:00:00 | -24,343 | -23,059 | -23,039 | -22,222 | -9,495 | -10,887 | -8,983 | -10,355 |
| 02:00:00 | -26,670 | -26,203 | -25,224 | -25,203 | -10,263 | -12,106 | -9,700 | -11,512 |
| 03:00:00 | -29,066 | -27,039 | -27,481 | -25,986 | -11,093 | -12,371 | -10,483 | -11,761 |
| 04:00:00 | -30,611 | -27,394 | -28,958 | -26,324 | -11,719 | -12,498 | -11,074 | -11,879 |
| 05:00:00 | -31,373 | -28,155 | -29,713 | -27,046 | -12,147 | -12,786 | -11,482 | -12,150 |
| 06:00:00 | -29,359 | -28,641 | -27,669 | -27,507 | -9,773 | -12,970 | -9,098 | -12,325 |
| 07:00:00 | -10,148 | -30,030 | -8,599 | -28,834 | 8,413 | -13,566 | 9,079 | -12,890 |
| 08:00:00 | 8,054 | -27,633 | 9,475 | -26,502 | 25,317 | -11,960 | 25,957 | -11,315 |
| 09:00:00 | 28,162 | -2,024 | 29,204 | -1,377 | 41,921 | 9,598 | 42,488 | 10,159 |
| 10:00:00 | 47,815 | 18,863 | 48,360 | 19,094 | 56,825 | 26,738 | 57,283 | 27,211 |
| 11:00:00 | 62,273 | 34,315 | 62,344 | 34,202 | 66,375 | 38,949 | 66,684 | 39,340 |
| 12:00:00 | 71,542 | 43,955 | 71,209 | 43,586 | 71,146 | 45,916 | 71,330 | 46,232 |
| 13:00:00 | 75,222 | 47,053 | 74,644 | 46,545 | 72,032 | 47,321 | 72,128 | 47,585 |
| 14:00:00 | 118,617 | 41,830 | 115,343 | 41,370 | 99,455 | 42,395 | 99,298 | 42,650 |
| 15:00:00 | 241,920 | 31,563 | 238,036 | 31,222 | 210,028 | 32,641 | 209,807 | 32,882 |
| 16:00:00 | 347,705 | 57,823 | 344,998 | 57,138 | 326,536 | 55,556 | 326,442 | 55,746 |
| 17:00:00 | 390,130 | 68,864 | 388,598 | 68,301 | 380,167 | 68,073 | 380,208 | 68,288 |
| 18:00:00 | 362,664 | -5,966 | 361,687 | -5,615 | 357,988 | 0,580 | 358,107 | 0,928 |
| 19:00:00 | 200,927 | -15,781 | 200,670 | -15,295 | 202,913 | -8,162 | 203,129 | -7,796 |
| 20:00:00 | 5,734 | -16,260 | 6,362 | -15,749 | 13,872 | -8,273 | 14,196 | -7,895 |
| 21:00:00 | -17,414 | -17,777 | -16,540 | -17,187 | -7,205 | -8,841 | -6,833 | -8,430 |
| 22:00:00 | -19,737 | -19,405 | -18,741 | -18,731 | -8,058 | -9,449 | -7,634 | -9,003 |
| 23:00:00 | -22,252 | -21,164 | -21,090 | -20,398 | -8,849 | -10,106 | -8,378 | -9,622 |
| 00:00:00 | -24,958 | -22,773 | -23,599 | -21,922 | -9,636 | -10,706 | -9,112 | -10,188 |

(continuação)

| | | Fluxo de calor [W/m ²] | |
|----------|---------|--|---------|
| | | Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | |
| | | 08/ago | 18/jan |
| | | Oeste | Oeste |
| 01:00:00 | -15,049 | | -16,210 |
| 02:00:00 | -16,384 | | -18,163 |
| 03:00:00 | -17,793 | | -18,623 |
| 04:00:00 | -18,798 | | -18,848 |
| 05:00:00 | -19,418 | | -19,319 |
| 06:00:00 | -17,191 | | -19,620 |
| 07:00:00 | 1,104 | | -20,540 |
| 08:00:00 | 18,295 | | -18,625 |
| 09:00:00 | 35,871 | | 4,020 |
| 10:00:00 | 52,176 | | 22,248 |
| 11:00:00 | 63,333 | | 35,445 |
| 12:00:00 | 69,696 | | 43,305 |
| 13:00:00 | 71,625 | | 45,367 |
| 14:00:00 | 102,394 | | 40,432 |
| 15:00:00 | 213,939 | | 30,751 |
| 16:00:00 | 328,809 | | 54,290 |
| 17:00:00 | 380,606 | | 66,487 |
| 18:00:00 | 357,417 | | -2,640 |
| 19:00:00 | 201,059 | | -11,643 |
| 20:00:00 | 10,589 | | -11,920 |
| 21:00:00 | -11,096 | | -12,854 |
| 22:00:00 | -12,535 | | -13,856 |
| 23:00:00 | -13,914 | | -14,938 |
| 00:00:00 | -15,335 | | -15,924 |

Casa de banho – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 | Vidro instalado | U = 5,7 | U = 5,2 | U = 1,4 | U = 1,3 |
| 01:00:00 | 30,491 | 29,614 | 29,712 | 31,432 | 31,527 | 17,412 | 16,224 | 16,360 | 18,483 | 18,590 |
| 02:00:00 | 30,416 | 29,525 | 29,626 | 31,363 | 31,458 | 17,356 | 16,151 | 16,291 | 18,436 | 18,544 |
| 03:00:00 | 30,332 | 29,424 | 29,527 | 31,285 | 31,381 | 17,310 | 16,095 | 16,236 | 18,394 | 18,502 |
| 04:00:00 | 30,243 | 29,320 | 29,425 | 31,202 | 31,298 | 17,264 | 16,045 | 16,187 | 18,350 | 18,459 |
| 05:00:00 | 30,151 | 29,215 | 29,322 | 31,114 | 31,211 | 17,212 | 15,985 | 16,128 | 18,301 | 18,410 |
| 06:00:00 | 30,058 | 29,109 | 29,218 | 31,027 | 31,124 | 17,157 | 15,925 | 16,069 | 18,248 | 18,357 |
| 07:00:00 | 30,011 | 29,055 | 29,164 | 30,986 | 31,084 | 17,092 | 15,852 | 15,996 | 18,187 | 18,296 |
| 08:00:00 | 30,001 | 29,037 | 29,147 | 30,983 | 31,081 | 17,040 | 15,801 | 15,945 | 18,133 | 18,242 |
| 09:00:00 | 30,019 | 29,064 | 29,171 | 31,001 | 31,099 | 17,048 | 15,837 | 15,976 | 18,129 | 18,238 |
| 10:00:00 | 30,074 | 29,136 | 29,239 | 31,037 | 31,133 | 17,091 | 15,907 | 16,040 | 18,161 | 18,268 |
| 11:00:00 | 30,144 | 29,240 | 29,339 | 31,082 | 31,176 | 17,148 | 15,990 | 16,118 | 18,206 | 18,313 |
| 12:00:00 | 30,209 | 29,348 | 29,442 | 31,129 | 31,221 | 17,212 | 16,078 | 16,203 | 18,260 | 18,365 |
| 13:00:00 | 30,270 | 29,435 | 29,524 | 31,178 | 31,270 | 17,277 | 16,161 | 16,284 | 18,316 | 18,421 |
| 14:00:00 | 30,397 | 29,614 | 29,679 | 31,273 | 31,363 | 17,329 | 16,223 | 16,344 | 18,365 | 18,471 |
| 15:00:00 | 30,693 | 29,973 | 30,023 | 31,544 | 31,631 | 17,375 | 16,276 | 16,396 | 18,411 | 18,516 |
| 16:00:00 | 31,055 | 30,376 | 30,430 | 31,907 | 31,995 | 17,460 | 16,378 | 16,495 | 18,486 | 18,590 |
| 17:00:00 | 31,409 | 30,727 | 30,789 | 32,270 | 32,358 | 17,575 | 16,507 | 16,623 | 18,592 | 18,695 |
| 18:00:00 | 31,673 | 30,983 | 31,050 | 32,540 | 32,629 | 17,540 | 16,446 | 16,568 | 18,570 | 18,675 |
| 19:00:00 | 31,701 | 30,989 | 31,062 | 32,573 | 32,662 | 17,530 | 16,430 | 16,552 | 18,563 | 18,668 |
| 20:00:00 | 31,513 | 30,753 | 30,834 | 32,402 | 32,493 | 17,549 | 16,448 | 16,571 | 18,584 | 18,689 |
| 21:00:00 | 31,395 | 30,596 | 30,683 | 32,300 | 32,391 | 17,562 | 16,456 | 16,580 | 18,602 | 18,707 |
| 22:00:00 | 31,331 | 30,517 | 30,607 | 32,244 | 32,336 | 17,568 | 16,455 | 16,580 | 18,612 | 18,717 |
| 23:00:00 | 31,280 | 30,457 | 30,547 | 32,192 | 32,284 | 17,564 | 16,442 | 16,568 | 18,613 | 18,719 |
| 00:00:00 | 31,227 | 30,389 | 30,482 | 32,144 | 32,236 | 17,551 | 16,421 | 16,548 | 18,605 | 18,712 |

Estudo do efeito do fator solar

Sala

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|
| | SHG = 0,61 | | | | SHG = 0,47 | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -12,312 | -12,527 | -17,468 | -17,573 | -10,052 | -10,264 | -15,786 | -15,891 |
| 02:00:00 | -13,503 | -13,737 | -19,240 | -19,386 | -11,288 | -11,519 | -17,591 | -17,738 |
| 03:00:00 | -14,778 | -15,036 | -19,564 | -19,694 | -12,613 | -12,868 | -17,942 | -18,072 |
| 04:00:00 | -15,676 | -15,945 | -19,690 | -19,795 | -13,568 | -13,835 | -18,091 | -18,196 |
| 05:00:00 | -16,225 | -16,499 | -20,050 | -20,156 | -14,180 | -14,452 | -18,477 | -18,584 |
| 06:00:00 | 55,016 | -14,945 | -20,250 | -20,356 | 41,672 | -13,328 | -18,704 | -18,811 |
| 07:00:00 | 304,688 | -2,300 | -21,052 | -21,209 | 235,936 | -3,760 | -19,537 | -19,695 |
| 08:00:00 | 358,352 | 9,914 | -2,018 | -13,499 | 277,682 | 5,554 | -4,425 | -13,883 |
| 09:00:00 | 362,188 | 26,586 | 150,629 | 85,603 | 277,340 | 18,644 | 113,367 | 60,842 |
| 10:00:00 | 320,456 | 56,197 | 166,398 | 164,230 | 240,647 | 39,236 | 123,632 | 121,579 |
| 11:00:00 | 218,767 | 98,392 | 122,756 | 222,229 | 160,918 | 68,687 | 89,202 | 167,619 |
| 12:00:00 | 95,559 | 136,440 | 55,208 | 259,196 | 68,855 | 97,114 | 38,428 | 198,445 |
| 13:00:00 | 46,962 | 150,090 | 23,779 | 267,406 | 37,741 | 107,935 | 17,519 | 206,259 |
| 14:00:00 | 48,225 | 137,087 | 17,712 | 243,222 | 38,338 | 98,668 | 12,673 | 187,148 |
| 15:00:00 | 44,580 | 102,006 | 10,943 | 195,015 | 35,518 | 73,169 | 7,648 | 148,641 |
| 16:00:00 | 36,791 | 62,287 | 1,047 | 125,081 | 29,482 | 45,833 | 0,154 | 93,941 |
| 17:00:00 | 26,577 | 31,616 | -10,342 | 38,100 | 21,633 | 25,408 | -8,737 | 27,675 |
| 18:00:00 | 14,037 | 14,459 | -16,116 | -12,660 | 12,058 | 12,313 | -13,558 | -11,040 |
| 19:00:00 | 0,233 | 0,204 | -16,269 | -16,420 | 1,371 | 1,279 | -13,783 | -13,941 |
| 20:00:00 | -7,486 | -7,766 | -16,225 | -16,331 | -4,840 | -5,123 | -13,810 | -13,918 |
| 21:00:00 | -8,957 | -9,251 | -16,840 | -16,945 | -6,258 | -6,548 | -14,502 | -14,608 |
| 22:00:00 | -10,261 | -10,556 | -17,569 | -17,671 | -7,658 | -7,950 | -15,293 | -15,396 |
| 23:00:00 | -11,479 | -11,768 | -18,399 | -18,501 | -8,930 | -9,216 | -16,180 | -16,282 |
| 00:00:00 | -12,724 | -13,005 | -19,147 | -19,249 | -10,217 | -10,494 | -16,982 | -17,084 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|
| SHG = 0,35 | | | | | SHG = 0,23 | | | |
| 08/ago | | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -8,030 | -8,239 | -14,332 | -14,436 | -6,933 | -7,140 | -13,219 | -13,323 |
| 02:00:00 | -9,305 | -9,533 | -16,167 | -16,315 | -8,228 | -8,454 | -15,077 | -15,226 |
| 03:00:00 | -10,673 | -10,925 | -16,540 | -16,670 | -9,618 | -9,869 | -15,467 | -15,597 |
| 04:00:00 | -11,679 | -11,942 | -16,708 | -16,813 | -10,650 | -10,912 | -15,648 | -15,754 |
| 05:00:00 | -12,346 | -12,615 | -17,117 | -17,224 | -11,347 | -11,614 | -16,075 | -16,182 |
| 06:00:00 | 29,906 | -11,904 | -17,367 | -17,474 | 16,849 | -11,167 | -16,342 | -16,450 |
| 07:00:00 | 175,495 | -5,163 | -18,228 | -18,387 | 115,590 | -6,251 | -17,224 | -17,384 |
| 08:00:00 | 206,701 | 1,591 | -6,528 | -14,626 | 136,964 | -1,193 | -8,951 | -13,763 |
| 09:00:00 | 205,223 | 12,331 | 81,598 | 37,295 | 139,089 | 5,681 | 53,545 | 26,787 |
| 10:00:00 | 173,482 | 25,250 | 86,864 | 84,751 | 122,313 | 18,189 | 60,128 | 58,932 |
| 11:00:00 | 106,598 | 40,864 | 56,662 | 121,422 | 85,029 | 37,370 | 44,270 | 84,111 |
| 12:00:00 | 44,111 | 58,977 | 21,370 | 146,209 | 38,588 | 54,867 | 18,788 | 101,141 |
| 13:00:00 | 29,086 | 67,011 | 11,208 | 153,005 | 22,197 | 61,875 | 7,181 | 105,843 |
| 14:00:00 | 29,823 | 61,510 | 7,578 | 138,599 | 22,867 | 57,515 | 4,693 | 96,048 |
| 15:00:00 | 27,757 | 45,814 | 4,195 | 109,308 | 21,426 | 43,486 | 2,346 | 76,389 |
| 16:00:00 | 23,278 | 31,927 | -1,015 | 67,675 | 18,226 | 26,981 | -1,466 | 47,734 |
| 17:00:00 | 17,428 | 20,837 | -7,489 | 18,087 | 14,003 | 15,184 | -6,442 | 12,779 |
| 18:00:00 | 10,325 | 10,455 | -11,373 | -9,770 | 8,646 | 8,648 | -9,747 | -8,445 |
| 19:00:00 | 2,411 | 2,268 | -11,656 | -11,810 | 2,603 | 2,425 | -10,042 | -10,202 |
| 20:00:00 | -2,474 | -2,757 | -11,741 | -11,849 | -1,322 | -1,608 | -10,163 | -10,273 |
| 21:00:00 | -3,845 | -4,130 | -12,497 | -12,603 | -2,643 | -2,928 | -10,965 | -11,073 |
| 22:00:00 | -5,326 | -5,613 | -13,340 | -13,443 | -4,160 | -4,446 | -11,847 | -11,950 |
| 23:00:00 | -6,644 | -6,926 | -14,273 | -14,375 | -5,498 | -5,779 | -12,814 | -12,917 |
| 00:00:00 | -7,966 | -8,240 | -15,119 | -15,221 | -6,835 | -7,107 | -13,693 | -13,795 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Vidro instalado (SHG = 0,78) | | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -16,117 | -16,335 | -19,743 | -19,847 |
| 02:00:00 | -17,230 | -17,466 | -21,473 | -21,619 |
| 03:00:00 | -18,417 | -18,677 | -21,760 | -21,889 |
| 04:00:00 | -19,218 | -19,489 | -21,853 | -21,958 |
| 05:00:00 | -19,665 | -19,939 | -22,176 | -22,281 |
| 06:00:00 | 70,990 | -17,726 | -22,339 | -22,444 |
| 07:00:00 | 391,551 | -0,475 | -23,098 | -23,254 |
| 08:00:00 | 461,931 | 15,990 | 0,858 | -11,949 |
| 09:00:00 | 470,166 | 42,349 | 198,817 | 122,572 |
| 10:00:00 | 420,167 | 99,224 | 222,024 | 219,772 |
| 11:00:00 | 307,010 | 165,731 | 176,047 | 292,727 |
| 12:00:00 | 155,288 | 215,855 | 95,080 | 339,052 |
| 13:00:00 | 60,245 | 231,137 | 35,306 | 348,560 |
| 14:00:00 | 61,330 | 213,257 | 26,103 | 317,314 |
| 15:00:00 | 56,352 | 166,105 | 16,642 | 255,048 |
| 16:00:00 | 45,860 | 103,644 | 3,026 | 164,599 |
| 17:00:00 | 32,422 | 45,172 | -12,301 | 52,508 |
| 18:00:00 | 15,935 | 16,618 | -19,607 | -14,663 |
| 19:00:00 | -2,303 | -2,249 | -19,676 | -19,825 |
| 20:00:00 | -12,158 | -12,437 | -19,499 | -19,604 |
| 21:00:00 | -13,672 | -13,973 | -20,008 | -20,113 |
| 22:00:00 | -14,793 | -15,096 | -20,648 | -20,750 |
| 23:00:00 | -15,906 | -16,203 | -21,399 | -21,501 |
| 00:00:00 | -17,075 | -17,361 | -22,074 | -22,176 |

Sala – Temperatura interior

| Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | SHG | | | | Vidro instalado | SHG | | | |
| | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 |
| 01:00:00 | 31,180 | 29,106 | 27,858 | 26,734 | 26,120 | 19,655 | 18,258 | 17,215 | 16,307 | 15,606 |
| 02:00:00 | 30,986 | 28,957 | 27,736 | 26,636 | 26,035 | 19,473 | 18,102 | 17,078 | 16,185 | 15,497 |
| 03:00:00 | 30,782 | 28,794 | 27,599 | 26,522 | 25,933 | 19,320 | 17,974 | 16,969 | 16,093 | 15,416 |
| 04:00:00 | 30,582 | 28,634 | 27,463 | 26,407 | 25,830 | 19,185 | 17,863 | 16,877 | 16,017 | 15,353 |
| 05:00:00 | 30,388 | 28,479 | 27,330 | 26,295 | 25,728 | 19,042 | 17,745 | 16,776 | 15,931 | 15,279 |
| 06:00:00 | 30,267 | 28,386 | 27,261 | 26,241 | 25,680 | 18,903 | 17,629 | 16,677 | 15,847 | 15,206 |
| 07:00:00 | 30,787 | 28,804 | 27,643 | 26,581 | 25,978 | 18,752 | 17,499 | 16,563 | 15,747 | 15,118 |
| 08:00:00 | 31,351 | 29,234 | 28,010 | 26,878 | 26,219 | 18,674 | 17,424 | 16,502 | 15,690 | 15,079 |
| 09:00:00 | 31,906 | 29,611 | 28,339 | 27,139 | 26,417 | 19,871 | 18,318 | 17,269 | 16,253 | 15,653 |
| 10:00:00 | 32,600 | 29,909 | 28,543 | 27,249 | 26,569 | 21,260 | 19,440 | 18,169 | 16,973 | 16,238 |
| 11:00:00 | 33,339 | 30,221 | 28,712 | 27,165 | 26,736 | 22,453 | 20,376 | 18,923 | 17,570 | 16,713 |
| 12:00:00 | 33,981 | 30,572 | 28,932 | 27,219 | 26,940 | 23,490 | 21,156 | 19,566 | 18,088 | 17,107 |
| 13:00:00 | 34,418 | 30,948 | 29,212 | 27,456 | 27,149 | 24,269 | 21,815 | 20,105 | 18,537 | 17,412 |
| 14:00:00 | 34,762 | 31,193 | 29,405 | 27,623 | 27,280 | 24,780 | 22,221 | 20,414 | 18,769 | 17,563 |
| 15:00:00 | 34,837 | 31,206 | 29,452 | 27,679 | 27,261 | 24,945 | 22,344 | 20,476 | 18,796 | 17,561 |
| 16:00:00 | 34,651 | 31,119 | 29,411 | 27,726 | 27,152 | 24,725 | 22,165 | 20,291 | 18,625 | 17,403 |
| 17:00:00 | 34,250 | 31,047 | 29,350 | 27,770 | 27,056 | 24,001 | 21,588 | 19,813 | 18,230 | 17,061 |
| 18:00:00 | 33,834 | 30,895 | 29,239 | 27,709 | 26,983 | 23,149 | 20,927 | 19,271 | 17,816 | 16,711 |
| 19:00:00 | 33,463 | 30,679 | 29,083 | 27,620 | 26,897 | 22,636 | 20,547 | 18,978 | 17,610 | 16,551 |
| 20:00:00 | 33,131 | 30,467 | 28,925 | 27,525 | 26,825 | 22,335 | 20,330 | 18,825 | 17,514 | 16,497 |
| 21:00:00 | 32,880 | 30,307 | 28,814 | 27,461 | 26,783 | 22,080 | 20,140 | 18,684 | 17,417 | 16,435 |
| 22:00:00 | 32,669 | 30,171 | 28,720 | 27,405 | 26,745 | 21,852 | 19,970 | 18,557 | 17,327 | 16,374 |
| 23:00:00 | 32,470 | 30,037 | 28,623 | 27,342 | 26,698 | 21,635 | 19,805 | 18,431 | 17,235 | 16,309 |
| 00:00:00 | 32,270 | 29,900 | 28,521 | 27,272 | 26,642 | 21,425 | 19,642 | 18,305 | 17,140 | 16,238 |

Hall

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|--|
| SHG = 0,61 | | | | | SHG = 0,47 | | | | |
| 08/ago | | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | |
| 01:00:00 | -11,605 | -15,052 | -15,252 | -19,497 | -9,280 | -12,148 | -13,923 | -17,814 | |
| 02:00:00 | -12,750 | -16,550 | -17,045 | -21,824 | -10,474 | -13,707 | -15,743 | -20,174 | |
| 03:00:00 | -13,991 | -18,169 | -17,365 | -22,215 | -11,771 | -15,391 | -16,081 | -20,588 | |
| 04:00:00 | -14,877 | -19,301 | -17,497 | -22,365 | -12,724 | -16,597 | -16,228 | -20,756 | |
| 05:00:00 | -15,426 | -19,994 | -17,878 | -22,850 | -13,348 | -17,371 | -16,628 | -21,265 | |
| 06:00:00 | 0,791 | -17,965 | -18,103 | -23,136 | -1,559 | -15,863 | -16,872 | -21,576 | |
| 07:00:00 | 30,817 | -0,494 | -18,956 | -24,266 | 19,795 | -2,568 | -17,748 | -22,735 | |
| 08:00:00 | 24,327 | 17,189 | -17,299 | -13,700 | 15,367 | 10,883 | -16,316 | -14,827 | |
| 09:00:00 | 25,940 | 40,695 | -0,626 | 123,181 | 18,586 | 29,128 | -3,176 | 87,950 | |
| 10:00:00 | 36,460 | 82,199 | 12,401 | 231,892 | 26,868 | 57,650 | 7,194 | 172,063 | |
| 11:00:00 | 44,810 | 140,635 | 21,510 | 310,389 | 33,964 | 98,099 | 14,523 | 234,190 | |
| 12:00:00 | 49,636 | 192,512 | 26,896 | 362,083 | 38,328 | 136,656 | 19,070 | 277,147 | |
| 13:00:00 | 51,159 | 210,946 | 28,141 | 373,176 | 40,141 | 151,285 | 20,383 | 287,713 | |
| 14:00:00 | 50,358 | 193,628 | 24,139 | 341,068 | 39,873 | 138,810 | 17,351 | 262,334 | |
| 15:00:00 | 46,258 | 144,753 | 17,169 | 273,640 | 36,755 | 103,280 | 12,206 | 208,552 | |
| 16:00:00 | 38,065 | 88,291 | 6,794 | 179,493 | 30,484 | 64,508 | 4,404 | 135,038 | |
| 17:00:00 | 27,662 | 46,333 | -5,431 | 59,876 | 22,584 | 36,723 | -5,010 | 43,720 | |
| 18:00:00 | 15,120 | 21,030 | -11,923 | -10,276 | 13,024 | 17,732 | -10,305 | -9,515 | |
| 19:00:00 | 1,721 | 2,000 | -12,346 | -15,786 | 2,712 | 3,065 | -10,691 | -13,706 | |
| 20:00:00 | -5,995 | -8,471 | -12,364 | -15,776 | -3,556 | -5,303 | -10,734 | -13,721 | |
| 21:00:00 | -7,634 | -10,212 | -13,058 | -16,663 | -5,041 | -6,966 | -11,461 | -14,650 | |
| 22:00:00 | -8,902 | -11,770 | -13,840 | -17,662 | -6,412 | -8,640 | -12,270 | -15,683 | |
| 23:00:00 | -10,033 | -13,200 | -14,717 | -18,783 | -7,587 | -10,130 | -13,172 | -16,834 | |
| 00:00:00 | -11,201 | -14,688 | -15,514 | -19,801 | -8,782 | -11,665 | -13,993 | -17,882 | |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|
| SHG = 0,35 | | | | | SHG = 0,23 | | | |
| 08/ago | | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul |
| 01:00:00 | -7,208 | -9,560 | -12,766 | -16,356 | -6,012 | -8,063 | -11,908 | -15,269 |
| 02:00:00 | -8,443 | -11,169 | -14,611 | -18,740 | -7,272 | -9,703 | -13,764 | -17,665 |
| 03:00:00 | -9,789 | -12,910 | -14,965 | -19,173 | -8,645 | -11,476 | -14,128 | -18,113 |
| 04:00:00 | -10,800 | -14,180 | -15,124 | -19,357 | -9,690 | -12,784 | -14,297 | -18,308 |
| 05:00:00 | -11,489 | -15,024 | -15,541 | -19,887 | -10,417 | -13,669 | -14,725 | -18,853 |
| 06:00:00 | -4,049 | -14,030 | -15,801 | -20,218 | -4,257 | -13,054 | -14,997 | -19,198 |
| 07:00:00 | 8,799 | -4,431 | -16,698 | -21,404 | 7,463 | -6,297 | -15,909 | -20,404 |
| 08:00:00 | 7,631 | 5,309 | -15,475 | -16,314 | 4,722 | 0,971 | -14,818 | -15,537 |
| 09:00:00 | 12,142 | 20,137 | -5,571 | 54,933 | 6,780 | 10,363 | -7,008 | 40,024 |
| 10:00:00 | 18,457 | 37,744 | 2,367 | 120,475 | 12,389 | 27,369 | -0,632 | 84,497 |
| 11:00:00 | 24,470 | 58,624 | 8,053 | 169,931 | 17,599 | 53,757 | 4,028 | 118,256 |
| 12:00:00 | 28,557 | 82,819 | 11,811 | 204,331 | 21,451 | 77,418 | 7,319 | 141,800 |
| 13:00:00 | 30,621 | 93,568 | 13,174 | 213,536 | 23,630 | 86,716 | 8,748 | 148,017 |
| 14:00:00 | 30,816 | 86,055 | 11,005 | 194,395 | 24,120 | 80,770 | 7,159 | 134,950 |
| 15:00:00 | 28,529 | 64,140 | 7,539 | 153,497 | 22,474 | 61,198 | 4,750 | 107,459 |
| 16:00:00 | 24,004 | 44,529 | 2,114 | 97,520 | 19,148 | 37,821 | 0,806 | 69,007 |
| 17:00:00 | 18,292 | 30,025 | -4,713 | 29,217 | 14,959 | 21,552 | -4,393 | 20,842 |
| 18:00:00 | 11,233 | 14,896 | -8,915 | -9,015 | 9,664 | 12,477 | -7,902 | -8,162 |
| 19:00:00 | 3,685 | 4,002 | -9,266 | -11,916 | 3,665 | 4,228 | -8,229 | -10,607 |
| 20:00:00 | -1,332 | -2,492 | -9,318 | -11,937 | -0,249 | -0,948 | -8,278 | -10,628 |
| 21:00:00 | -2,738 | -4,080 | -10,073 | -12,900 | -1,471 | -2,484 | -9,050 | -11,612 |
| 22:00:00 | -4,193 | -5,848 | -10,904 | -13,961 | -2,970 | -4,306 | -9,896 | -12,690 |
| 23:00:00 | -5,404 | -7,390 | -11,827 | -15,138 | -4,202 | -5,876 | -10,831 | -13,883 |
| 00:00:00 | -6,622 | -8,963 | -12,668 | -16,211 | -5,432 | -7,471 | -11,686 | -14,973 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Vidro instalado (SHG = 0,78) | | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul |
| 01:00:00 | -15,381 | -19,760 | -17,078 | -21,819 |
| 02:00:00 | -16,447 | -21,161 | -18,837 | -24,095 |
| 03:00:00 | -17,593 | -22,671 | -19,130 | -24,453 |
| 04:00:00 | -18,372 | -23,685 | -19,240 | -24,575 |
| 05:00:00 | -18,804 | -24,251 | -19,594 | -25,026 |
| 06:00:00 | 4,469 | -21,436 | -19,792 | -25,279 |
| 07:00:00 | 51,959 | 1,969 | -20,612 | -26,366 |
| 08:00:00 | 45,011 | 25,615 | -18,607 | -10,836 |
| 09:00:00 | 38,199 | 63,392 | 3,467 | 175,240 |
| 10:00:00 | 49,838 | 143,724 | 20,560 | 310,201 |
| 11:00:00 | 59,877 | 236,760 | 32,402 | 408,994 |
| 12:00:00 | 65,243 | 305,554 | 39,095 | 474,029 |
| 13:00:00 | 66,434 | 326,116 | 40,247 | 486,815 |
| 14:00:00 | 64,896 | 302,591 | 34,800 | 445,255 |
| 15:00:00 | 59,400 | 237,139 | 25,025 | 358,061 |
| 16:00:00 | 48,211 | 148,360 | 10,692 | 236,220 |
| 17:00:00 | 34,145 | 68,896 | -5,852 | 81,903 |
| 18:00:00 | 17,438 | 25,160 | -14,194 | -11,095 |
| 19:00:00 | 0,140 | -0,251 | -14,650 | -18,708 |
| 20:00:00 | -9,735 | -13,802 | -14,634 | -18,639 |
| 21:00:00 | -11,952 | -15,607 | -15,276 | -19,462 |
| 22:00:00 | -13,043 | -16,965 | -16,016 | -20,409 |
| 23:00:00 | -14,097 | -18,291 | -16,856 | -21,484 |
| 00:00:00 | -15,217 | -19,699 | -17,617 | -22,457 |

Hall – Temperatura interior

| Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | SHG | | | | Vidro instalado | SHG | | | |
| | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 |
| 01:00:00 | 30,516 | 28,526 | 27,286 | 26,173 | 25,526 | 17,813 | 16,690 | 15,868 | 15,147 | 14,604 |
| 02:00:00 | 30,291 | 28,343 | 27,131 | 26,042 | 25,410 | 17,625 | 16,522 | 15,712 | 15,003 | 14,469 |
| 03:00:00 | 30,058 | 28,150 | 26,963 | 25,897 | 25,279 | 17,482 | 16,397 | 15,601 | 14,903 | 14,377 |
| 04:00:00 | 29,839 | 27,968 | 26,805 | 25,759 | 25,154 | 17,365 | 16,299 | 15,517 | 14,831 | 14,313 |
| 05:00:00 | 29,635 | 27,798 | 26,658 | 25,632 | 25,039 | 17,240 | 16,192 | 15,422 | 14,747 | 14,238 |
| 06:00:00 | 29,583 | 27,723 | 26,597 | 25,559 | 25,005 | 17,121 | 16,090 | 15,332 | 14,668 | 14,167 |
| 07:00:00 | 30,243 | 28,038 | 26,838 | 25,647 | 25,224 | 16,985 | 15,969 | 15,223 | 14,569 | 14,075 |
| 08:00:00 | 30,488 | 28,121 | 26,909 | 25,724 | 25,245 | 16,904 | 15,898 | 15,163 | 14,516 | 14,032 |
| 09:00:00 | 30,710 | 28,411 | 27,166 | 25,984 | 25,371 | 17,317 | 16,208 | 15,443 | 14,733 | 14,266 |
| 10:00:00 | 31,176 | 28,818 | 27,515 | 26,275 | 25,627 | 18,029 | 16,769 | 15,931 | 15,132 | 14,636 |
| 11:00:00 | 31,815 | 29,307 | 27,932 | 26,602 | 25,984 | 18,916 | 17,520 | 16,603 | 15,723 | 15,169 |
| 12:00:00 | 32,475 | 29,830 | 28,370 | 26,970 | 26,368 | 19,689 | 18,152 | 17,138 | 16,174 | 15,548 |
| 13:00:00 | 33,007 | 30,260 | 28,740 | 27,290 | 26,659 | 20,301 | 18,655 | 17,561 | 16,528 | 15,842 |
| 14:00:00 | 33,375 | 30,555 | 28,991 | 27,503 | 26,845 | 20,658 | 18,940 | 17,789 | 16,708 | 15,981 |
| 15:00:00 | 33,557 | 30,693 | 29,099 | 27,591 | 26,911 | 20,769 | 19,030 | 17,847 | 16,747 | 15,995 |
| 16:00:00 | 33,511 | 30,686 | 29,078 | 27,586 | 26,872 | 20,622 | 18,916 | 17,735 | 16,649 | 15,895 |
| 17:00:00 | 33,282 | 30,564 | 28,963 | 27,513 | 26,766 | 20,153 | 18,531 | 17,377 | 16,341 | 15,603 |
| 18:00:00 | 32,939 | 30,342 | 28,775 | 27,354 | 26,604 | 19,637 | 18,112 | 17,007 | 16,028 | 15,308 |
| 19:00:00 | 32,520 | 30,037 | 28,535 | 27,163 | 26,408 | 19,328 | 17,868 | 16,804 | 15,866 | 15,169 |
| 20:00:00 | 32,093 | 29,710 | 28,268 | 26,966 | 26,230 | 19,143 | 17,728 | 16,696 | 15,786 | 15,109 |
| 21:00:00 | 31,754 | 29,464 | 28,070 | 26,812 | 26,109 | 18,963 | 17,583 | 16,575 | 15,688 | 15,027 |
| 22:00:00 | 31,485 | 29,257 | 27,901 | 26,679 | 25,999 | 18,795 | 17,445 | 16,459 | 15,591 | 14,943 |
| 23:00:00 | 31,239 | 29,064 | 27,741 | 26,548 | 25,886 | 18,630 | 17,308 | 16,342 | 15,492 | 14,856 |
| 00:00:00 | 31,008 | 28,883 | 27,591 | 26,427 | 25,781 | 18,471 | 17,175 | 16,227 | 15,393 | 14,769 |

Escritório

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | SHG = 0,61 | | SHG = 0,47 | | SHG = 0,35 | | SHG = 0,23 | |
| | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan |
| | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul | Sul |
| 01:00:00 | -13,182 | -17,967 | -10,858 | -16,192 | -8,770 | -14,661 | -7,777 | -13,456 |
| 02:00:00 | -14,527 | -19,904 | -12,246 | -18,163 | -10,195 | -16,667 | -9,217 | -15,486 |
| 03:00:00 | -15,962 | -20,263 | -13,730 | -18,549 | -11,720 | -17,076 | -10,760 | -15,912 |
| 04:00:00 | -16,980 | -20,394 | -14,805 | -18,704 | -12,845 | -17,250 | -11,906 | -16,101 |
| 05:00:00 | -17,613 | -20,787 | -15,500 | -19,125 | -13,596 | -17,695 | -12,682 | -16,564 |
| 06:00:00 | -15,798 | -21,006 | -14,223 | -19,372 | -12,798 | -17,966 | -12,196 | -16,855 |
| 07:00:00 | -1,319 | -21,889 | -3,334 | -20,290 | -5,086 | -18,913 | -6,593 | -17,825 |
| 08:00:00 | 12,368 | -20,027 | 7,115 | -18,697 | 2,529 | -17,565 | -0,901 | -16,634 |
| 09:00:00 | 26,568 | 5,073 | 18,254 | 0,587 | 10,979 | -3,802 | 5,734 | -5,313 |
| 10:00:00 | 44,343 | 85,272 | 32,507 | 61,277 | 23,027 | 38,752 | 13,711 | 27,918 |
| 11:00:00 | 75,162 | 204,085 | 53,748 | 152,426 | 36,025 | 107,546 | 27,200 | 76,451 |
| 12:00:00 | 119,702 | 259,932 | 84,667 | 197,202 | 51,838 | 143,994 | 47,844 | 101,096 |
| 13:00:00 | 157,793 | 283,547 | 113,234 | 218,172 | 70,119 | 161,688 | 65,073 | 112,738 |
| 14:00:00 | 169,883 | 271,639 | 123,292 | 210,294 | 77,762 | 156,527 | 70,922 | 108,429 |
| 15:00:00 | 149,952 | 229,166 | 108,655 | 177,205 | 68,138 | 131,920 | 63,332 | 91,533 |
| 16:00:00 | 107,227 | 157,014 | 77,087 | 120,151 | 48,090 | 88,802 | 45,923 | 61,943 |
| 17:00:00 | 57,229 | 56,761 | 41,752 | 42,370 | 28,307 | 30,175 | 25,233 | 20,720 |
| 18:00:00 | 20,705 | -10,791 | 17,066 | -9,465 | 14,674 | -8,378 | 10,694 | -7,391 |
| 19:00:00 | 1,160 | -16,570 | 2,155 | -13,965 | 3,081 | -11,733 | 2,930 | -9,991 |
| 20:00:00 | -7,292 | -16,522 | -4,661 | -13,976 | -2,283 | -11,805 | -1,372 | -10,092 |
| 21:00:00 | -8,963 | -17,215 | -6,264 | -14,747 | -3,826 | -12,639 | -2,847 | -10,975 |
| 22:00:00 | -10,472 | -18,027 | -7,861 | -15,624 | -5,500 | -13,569 | -4,542 | -11,944 |
| 23:00:00 | -11,878 | -18,951 | -9,314 | -16,604 | -6,995 | -14,595 | -6,048 | -13,006 |
| 00:00:00 | -13,304 | -19,787 | -10,775 | -17,494 | -8,486 | -15,528 | -7,547 | -13,973 |

(continuação)

| | Fluxo de calor [W/m ²] | |
|----------|--|---------|
| | Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | |
| | 08/ago | 18/jan |
| | Sul | Sul |
| 01:00:00 | -17,254 | -20,346 |
| 02:00:00 | -18,521 | -22,241 |
| 03:00:00 | -19,867 | -22,561 |
| 04:00:00 | -20,785 | -22,658 |
| 05:00:00 | -21,311 | -23,013 |
| 06:00:00 | -18,685 | -23,193 |
| 07:00:00 | 1,109 | -24,032 |
| 08:00:00 | 19,526 | -21,759 |
| 09:00:00 | 38,214 | 12,947 |
| 10:00:00 | 66,230 | 121,013 |
| 11:00:00 | 126,833 | 271,892 |
| 12:00:00 | 196,933 | 341,064 |
| 13:00:00 | 245,087 | 369,731 |
| 14:00:00 | 256,582 | 353,218 |
| 15:00:00 | 229,614 | 297,866 |
| 16:00:00 | 171,967 | 204,652 |
| 17:00:00 | 96,820 | 74,975 |
| 18:00:00 | 31,141 | -12,619 |
| 19:00:00 | -1,505 | -20,129 |
| 20:00:00 | -12,244 | -19,946 |
| 21:00:00 | -13,960 | -20,530 |
| 22:00:00 | -15,281 | -21,254 |
| 23:00:00 | -16,584 | -22,100 |
| 00:00:00 | -17,936 | -22,863 |

Escritório – Temperatura interior

| Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | SHG | | | | Vidro instalado | SHG | | | |
| | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 |
| 01:00:00 | 31,025 | 28,971 | 27,786 | 26,714 | 26,202 | 19,104 | 17,742 | 16,715 | 15,826 | 15,117 |
| 02:00:00 | 30,865 | 28,852 | 27,690 | 26,639 | 26,137 | 18,934 | 17,596 | 16,588 | 15,713 | 15,017 |
| 03:00:00 | 30,693 | 28,719 | 27,579 | 26,548 | 26,054 | 18,791 | 17,478 | 16,488 | 15,629 | 14,944 |
| 04:00:00 | 30,522 | 28,585 | 27,467 | 26,455 | 25,969 | 18,660 | 17,371 | 16,399 | 15,556 | 14,884 |
| 05:00:00 | 30,353 | 28,453 | 27,354 | 26,360 | 25,883 | 18,523 | 17,256 | 16,301 | 15,473 | 14,813 |
| 06:00:00 | 30,196 | 28,328 | 27,250 | 26,273 | 25,804 | 18,387 | 17,143 | 16,205 | 15,391 | 14,743 |
| 07:00:00 | 30,157 | 28,287 | 27,220 | 26,243 | 25,784 | 18,238 | 17,014 | 16,093 | 15,292 | 14,655 |
| 08:00:00 | 30,208 | 28,313 | 27,241 | 26,251 | 25,794 | 18,120 | 16,916 | 16,010 | 15,223 | 14,598 |
| 09:00:00 | 30,332 | 28,399 | 27,313 | 26,301 | 25,838 | 18,231 | 16,977 | 16,079 | 15,272 | 14,683 |
| 10:00:00 | 30,592 | 28,538 | 27,442 | 26,418 | 25,911 | 19,069 | 17,582 | 16,590 | 15,634 | 15,063 |
| 11:00:00 | 31,178 | 28,685 | 27,584 | 26,502 | 26,049 | 20,635 | 18,865 | 17,635 | 16,466 | 15,756 |
| 12:00:00 | 32,035 | 29,118 | 27,869 | 26,572 | 26,399 | 22,007 | 19,965 | 18,520 | 17,195 | 16,302 |
| 13:00:00 | 32,938 | 29,789 | 28,338 | 26,834 | 26,773 | 23,145 | 20,873 | 19,259 | 17,793 | 16,730 |
| 14:00:00 | 33,649 | 30,349 | 28,769 | 27,126 | 27,042 | 23,936 | 21,497 | 19,754 | 18,177 | 16,981 |
| 15:00:00 | 34,046 | 30,624 | 28,965 | 27,267 | 27,150 | 24,318 | 21,790 | 19,964 | 18,325 | 17,057 |
| 16:00:00 | 34,075 | 30,600 | 28,944 | 27,276 | 27,098 | 24,228 | 21,705 | 19,849 | 18,209 | 16,935 |
| 17:00:00 | 33,760 | 30,404 | 28,843 | 27,294 | 26,936 | 23,493 | 21,123 | 19,346 | 17,786 | 16,562 |
| 18:00:00 | 33,305 | 30,265 | 28,755 | 27,323 | 26,802 | 22,544 | 20,376 | 18,737 | 17,309 | 16,168 |
| 19:00:00 | 32,848 | 30,099 | 28,623 | 27,258 | 26,721 | 22,026 | 19,983 | 18,433 | 17,090 | 16,008 |
| 20:00:00 | 32,542 | 29,930 | 28,508 | 27,204 | 26,682 | 21,743 | 19,782 | 18,295 | 17,006 | 15,969 |
| 21:00:00 | 32,350 | 29,827 | 28,448 | 27,187 | 26,677 | 21,508 | 19,614 | 18,177 | 16,931 | 15,930 |
| 22:00:00 | 32,201 | 29,748 | 28,403 | 27,175 | 26,676 | 21,300 | 19,460 | 18,067 | 16,859 | 15,889 |
| 23:00:00 | 32,061 | 29,669 | 28,355 | 27,157 | 26,667 | 21,104 | 19,313 | 17,957 | 16,782 | 15,839 |
| 00:00:00 | 31,918 | 29,582 | 28,297 | 27,126 | 26,645 | 20,913 | 19,168 | 17,847 | 16,701 | 15,783 |

Cozinha

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| SHG = 0,61 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -13,680 | -13,618 | -12,776 | -12,336 | -15,641 | -15,588 | -14,623 | -14,585 |
| 02:00:00 | -14,902 | -14,844 | -13,927 | -13,407 | -17,552 | -17,495 | -16,415 | -16,191 |
| 03:00:00 | -16,211 | -16,156 | -15,161 | -14,529 | -17,916 | -17,859 | -16,759 | -16,665 |
| 04:00:00 | -17,128 | -17,070 | -16,017 | -15,339 | -18,068 | -18,011 | -16,900 | -16,966 |
| 05:00:00 | -17,678 | -17,620 | -16,533 | -15,835 | -18,489 | -18,431 | -17,293 | -17,370 |
| 06:00:00 | -5,811 | 53,467 | 50,856 | -15,282 | -18,745 | -18,687 | -17,533 | -17,615 |
| 07:00:00 | 15,739 | 301,158 | 287,085 | -8,081 | -19,678 | -19,617 | -18,404 | -18,196 |
| 08:00:00 | 6,074 | 352,539 | 337,688 | 0,816 | -18,113 | -0,576 | -0,415 | -11,573 |
| 09:00:00 | 18,394 | 354,807 | 341,163 | 14,109 | -1,961 | 153,250 | 145,444 | 77,115 |
| 10:00:00 | 30,791 | 312,072 | 301,744 | 39,589 | 11,467 | 170,340 | 162,023 | 151,140 |
| 11:00:00 | 40,254 | 210,800 | 205,936 | 79,913 | 21,697 | 127,890 | 122,112 | 208,467 |
| 12:00:00 | 46,802 | 90,217 | 89,971 | 119,638 | 28,379 | 61,983 | 59,555 | 247,477 |
| 13:00:00 | 49,294 | 47,639 | 44,749 | 135,265 | 30,410 | 32,115 | 30,723 | 257,944 |
| 14:00:00 | 49,063 | 48,777 | 46,372 | 97,002 | 26,780 | 26,627 | 25,395 | 100,003 |
| 15:00:00 | 45,348 | 45,102 | 42,878 | 43,493 | 19,862 | 19,752 | 18,854 | 12,852 |
| 16:00:00 | 37,098 | 36,874 | 35,061 | 30,299 | 8,988 | 8,941 | 8,593 | 4,575 |
| 17:00:00 | 26,353 | 26,135 | 24,861 | 20,936 | -4,193 | -4,170 | -3,852 | -5,116 |
| 18:00:00 | 14,476 | 13,142 | 12,526 | 10,097 | -11,523 | -11,463 | -10,764 | -10,230 |
| 19:00:00 | 5,231 | -1,143 | -1,034 | -1,454 | -12,213 | -12,149 | -11,413 | -10,874 |
| 20:00:00 | -7,242 | -9,137 | -8,610 | -7,694 | -12,343 | -12,277 | -11,524 | -11,278 |
| 21:00:00 | -10,621 | -10,622 | -10,001 | -9,064 | -13,158 | -13,091 | -12,287 | -12,086 |
| 22:00:00 | -11,930 | -11,893 | -11,188 | -10,264 | -14,044 | -13,975 | -13,115 | -12,970 |
| 23:00:00 | -13,123 | -13,080 | -12,295 | -11,445 | -15,014 | -14,944 | -14,023 | -13,926 |
| 00:00:00 | -14,344 | -14,301 | -13,433 | -12,680 | -15,891 | -15,820 | -14,846 | -14,786 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| SHG = 0,47 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -11,054 | -11,035 | -10,364 | -9,808 | -14,325 | -14,277 | -13,383 | -13,299 |
| 02:00:00 | -12,326 | -12,308 | -11,560 | -10,925 | -16,255 | -16,201 | -15,201 | -14,920 |
| 03:00:00 | -13,695 | -13,675 | -12,844 | -12,099 | -16,634 | -16,581 | -15,560 | -15,410 |
| 04:00:00 | -14,685 | -14,652 | -13,759 | -12,969 | -16,799 | -16,745 | -15,712 | -15,725 |
| 05:00:00 | -15,316 | -15,272 | -14,339 | -13,529 | -17,237 | -17,182 | -16,122 | -16,145 |
| 06:00:00 | -7,443 | 40,646 | 38,621 | -13,072 | -17,510 | -17,455 | -16,377 | -16,407 |
| 07:00:00 | 7,777 | 233,773 | 222,638 | -7,499 | -18,466 | -18,408 | -17,270 | -17,008 |
| 08:00:00 | 3,423 | 273,743 | 261,929 | -0,786 | -17,064 | -3,230 | -2,949 | -11,993 |
| 09:00:00 | 12,514 | 272,274 | 261,489 | 9,894 | -4,160 | 115,638 | 109,610 | 54,960 |
| 10:00:00 | 22,587 | 234,815 | 226,729 | 27,886 | 6,530 | 126,844 | 120,496 | 112,236 |
| 11:00:00 | 30,543 | 155,274 | 151,389 | 56,010 | 14,740 | 93,170 | 88,849 | 157,679 |
| 12:00:00 | 36,167 | 65,267 | 64,650 | 85,456 | 20,236 | 43,527 | 41,757 | 189,971 |
| 13:00:00 | 38,496 | 37,922 | 35,599 | 97,496 | 22,106 | 23,691 | 22,620 | 199,451 |
| 14:00:00 | 38,636 | 38,392 | 36,440 | 71,169 | 19,338 | 19,229 | 18,323 | 76,603 |
| 15:00:00 | 35,824 | 35,622 | 33,809 | 34,214 | 14,252 | 14,176 | 13,518 | 9,199 |
| 16:00:00 | 29,573 | 29,384 | 27,890 | 24,718 | 6,091 | 6,064 | 5,822 | 2,942 |
| 17:00:00 | 21,463 | 21,268 | 20,187 | 17,587 | -4,059 | -4,032 | -3,744 | -4,551 |
| 18:00:00 | 12,484 | 11,325 | 10,745 | 9,289 | -10,038 | -9,982 | -9,379 | -8,724 |
| 19:00:00 | 4,387 | 0,273 | 0,262 | 0,312 | -10,645 | -10,585 | -9,947 | -9,326 |
| 20:00:00 | -4,896 | -6,152 | -5,819 | -4,764 | -10,777 | -10,715 | -10,059 | -9,748 |
| 21:00:00 | -7,525 | -7,568 | -7,146 | -6,099 | -11,612 | -11,549 | -10,841 | -10,576 |
| 22:00:00 | -8,945 | -8,936 | -8,423 | -7,394 | -12,516 | -12,451 | -11,686 | -11,479 |
| 23:00:00 | -10,186 | -10,175 | -9,580 | -8,621 | -13,504 | -13,438 | -12,611 | -12,452 |
| 00:00:00 | -11,437 | -11,436 | -10,757 | -9,889 | -14,400 | -14,333 | -13,450 | -13,330 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| SHG = 0,35 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -8,719 | -8,736 | -8,216 | -7,567 | -13,175 | -13,130 | -12,304 | -12,174 |
| 02:00:00 | -10,031 | -10,049 | -9,450 | -8,721 | -15,121 | -15,071 | -14,140 | -13,809 |
| 03:00:00 | -11,452 | -11,462 | -10,776 | -9,940 | -15,512 | -15,462 | -14,511 | -14,312 |
| 04:00:00 | -12,504 | -12,494 | -11,743 | -10,862 | -15,688 | -15,638 | -14,673 | -14,639 |
| 05:00:00 | -13,208 | -13,175 | -12,380 | -11,479 | -16,140 | -16,089 | -15,096 | -15,073 |
| 06:00:00 | -9,622 | 29,228 | 27,746 | -11,216 | -16,429 | -16,377 | -15,366 | -15,350 |
| 07:00:00 | 0,363 | 174,211 | 165,751 | -7,344 | -17,405 | -17,351 | -16,278 | -15,968 |
| 08:00:00 | 0,252 | 204,070 | 195,058 | -2,561 | -16,186 | -5,571 | -5,178 | -12,765 |
| 09:00:00 | 6,973 | 201,761 | 193,561 | 6,238 | -6,460 | 83,376 | 78,951 | 33,620 |
| 10:00:00 | 15,014 | 169,416 | 163,451 | 17,775 | 1,733 | 89,297 | 84,780 | 78,427 |
| 11:00:00 | 21,879 | 102,639 | 100,056 | 32,783 | 8,215 | 59,607 | 56,897 | 114,760 |
| 12:00:00 | 26,861 | 41,605 | 41,020 | 51,458 | 12,738 | 25,161 | 24,189 | 140,701 |
| 13:00:00 | 29,213 | 29,061 | 27,012 | 60,168 | 14,450 | 15,782 | 15,069 | 148,671 |
| 14:00:00 | 29,705 | 29,438 | 27,881 | 45,882 | 12,468 | 12,403 | 11,824 | 56,237 |
| 15:00:00 | 27,614 | 27,412 | 25,960 | 25,860 | 9,066 | 9,025 | 8,614 | 5,789 |
| 16:00:00 | 23,105 | 22,894 | 21,675 | 19,910 | 3,394 | 3,387 | 3,262 | 1,382 |
| 17:00:00 | 17,239 | 16,982 | 16,069 | 14,689 | -4,000 | -3,969 | -3,703 | -4,101 |
| 18:00:00 | 11,010 | 9,703 | 9,169 | 8,516 | -8,770 | -8,713 | -8,190 | -7,417 |
| 19:00:00 | 4,127 | 1,520 | 1,407 | 1,842 | -9,290 | -9,234 | -8,677 | -7,974 |
| 20:00:00 | -2,870 | -3,506 | -3,344 | -2,178 | -9,410 | -9,351 | -8,779 | -8,411 |
| 21:00:00 | -4,785 | -4,862 | -4,616 | -3,480 | -10,261 | -10,201 | -9,576 | -9,256 |
| 22:00:00 | -6,298 | -6,312 | -5,969 | -4,850 | -11,179 | -11,117 | -10,435 | -10,173 |
| 23:00:00 | -7,578 | -7,594 | -7,167 | -6,117 | -12,181 | -12,118 | -11,373 | -11,160 |
| 00:00:00 | -8,854 | -8,889 | -8,376 | -7,415 | -13,093 | -13,029 | -12,227 | -12,054 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| SHG = 0,23 | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -7,248 | -7,287 | -6,863 | -6,157 | -12,349 | -12,306 | -11,532 | -11,366 |
| 02:00:00 | -8,587 | -8,626 | -8,120 | -7,336 | -14,305 | -14,257 | -13,377 | -13,010 |
| 03:00:00 | -10,039 | -10,069 | -9,475 | -8,584 | -14,705 | -14,657 | -13,758 | -13,522 |
| 04:00:00 | -11,132 | -11,135 | -10,474 | -9,538 | -14,887 | -14,839 | -13,924 | -13,856 |
| 05:00:00 | -11,881 | -11,856 | -11,147 | -10,192 | -15,349 | -15,301 | -14,356 | -14,300 |
| 06:00:00 | -7,250 | 16,513 | 15,660 | -10,068 | -15,648 | -15,599 | -14,636 | -14,587 |
| 07:00:00 | 0,509 | 115,008 | 109,224 | -7,371 | -16,639 | -16,586 | -15,561 | -15,217 |
| 08:00:00 | -2,077 | 135,634 | 129,367 | -3,684 | -15,530 | -8,225 | -7,701 | -12,046 |
| 09:00:00 | 3,332 | 137,249 | 131,319 | 2,176 | -7,818 | 55,144 | 52,064 | 24,513 |
| 10:00:00 | 9,884 | 120,029 | 115,375 | 13,355 | -1,265 | 62,239 | 58,876 | 54,939 |
| 11:00:00 | 15,539 | 82,689 | 80,133 | 31,736 | 3,989 | 46,733 | 44,359 | 79,915 |
| 12:00:00 | 20,025 | 37,119 | 36,400 | 49,802 | 7,865 | 21,572 | 20,608 | 97,758 |
| 13:00:00 | 22,675 | 22,387 | 21,118 | 57,622 | 9,676 | 10,497 | 10,001 | 103,358 |
| 14:00:00 | 23,449 | 23,245 | 21,936 | 43,347 | 8,265 | 8,228 | 7,825 | 38,873 |
| 15:00:00 | 21,981 | 21,826 | 20,592 | 22,008 | 5,914 | 5,896 | 5,611 | 3,736 |
| 16:00:00 | 18,636 | 18,459 | 17,406 | 16,611 | 1,779 | 1,787 | 1,720 | 0,467 |
| 17:00:00 | 14,257 | 14,015 | 13,201 | 12,661 | -3,874 | -3,840 | -3,597 | -3,735 |
| 18:00:00 | 8,915 | 8,469 | 7,958 | 7,937 | -7,867 | -7,816 | -7,342 | -6,511 |
| 19:00:00 | 4,318 | 2,230 | 2,059 | 2,741 | -8,342 | -8,289 | -7,789 | -7,033 |
| 20:00:00 | -1,065 | -1,836 | -1,781 | -0,552 | -8,452 | -8,397 | -7,884 | -7,475 |
| 21:00:00 | -3,040 | -3,138 | -3,003 | -1,811 | -9,312 | -9,255 | -8,688 | -8,328 |
| 22:00:00 | -4,611 | -4,639 | -4,405 | -3,227 | -10,237 | -10,178 | -9,554 | -9,254 |
| 23:00:00 | -5,918 | -5,950 | -5,630 | -4,519 | -11,247 | -11,187 | -10,499 | -10,249 |
| 00:00:00 | -7,211 | -7,267 | -6,861 | -5,836 | -12,168 | -12,107 | -11,362 | -11,152 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Vidro instalado (SHG = 0,78) | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Norte | Este | Este (P) | Sul | Norte | Este | Este (P) | Sul |
| 01:00:00 | -17,781 | -17,653 | -16,546 | -16,284 | -17,484 | -17,427 | -16,351 | -16,388 |
| 02:00:00 | -18,928 | -18,805 | -17,627 | -17,284 | -19,369 | -19,307 | -18,115 | -17,971 |
| 03:00:00 | -20,142 | -20,032 | -18,780 | -18,324 | -19,710 | -19,648 | -18,438 | -18,421 |
| 04:00:00 | -20,948 | -20,849 | -19,548 | -19,043 | -19,843 | -19,781 | -18,560 | -18,702 |
| 05:00:00 | -21,374 | -21,296 | -19,967 | -19,438 | -20,239 | -20,176 | -18,930 | -19,081 |
| 06:00:00 | 1,005 | 68,919 | 65,592 | -18,722 | -20,469 | -20,406 | -19,146 | -19,302 |
| 07:00:00 | 42,825 | 386,147 | 368,311 | -9,258 | -21,371 | -21,305 | -19,988 | -19,855 |
| 08:00:00 | 11,603 | 453,776 | 434,890 | 2,997 | -19,532 | 2,672 | 2,681 | -10,050 |
| 09:00:00 | 26,926 | 460,132 | 442,635 | 23,854 | 1,736 | 202,153 | 191,912 | 110,466 |
| 10:00:00 | 42,767 | 409,318 | 395,898 | 74,173 | 19,394 | 227,188 | 216,108 | 201,939 |
| 11:00:00 | 54,138 | 296,974 | 289,936 | 138,594 | 32,600 | 183,043 | 174,577 | 273,905 |
| 12:00:00 | 61,573 | 147,999 | 147,749 | 191,836 | 40,877 | 103,965 | 99,586 | 322,780 |
| 13:00:00 | 64,398 | 63,888 | 58,734 | 210,536 | 43,265 | 46,584 | 44,475 | 335,392 |
| 14:00:00 | 63,719 | 63,489 | 60,422 | 148,437 | 38,409 | 38,173 | 36,369 | 131,619 |
| 15:00:00 | 58,885 | 58,645 | 55,813 | 58,995 | 28,669 | 28,494 | 27,170 | 18,677 |
| 16:00:00 | 47,685 | 47,501 | 45,227 | 38,148 | 13,609 | 13,523 | 12,959 | 7,270 |
| 17:00:00 | 33,055 | 32,935 | 31,395 | 25,486 | -4,230 | -4,215 | -3,870 | -5,813 |
| 18:00:00 | 18,593 | 15,515 | 14,854 | 10,995 | -13,651 | -13,587 | -12,753 | -12,381 |
| 19:00:00 | 12,718 | -3,591 | -3,283 | -4,410 | -14,461 | -14,391 | -13,516 | -13,080 |
| 20:00:00 | -10,114 | -13,834 | -12,999 | -12,306 | -14,570 | -14,499 | -13,609 | -13,454 |
| 21:00:00 | -15,441 | -15,371 | -14,442 | -13,682 | -15,352 | -15,280 | -14,341 | -14,229 |
| 22:00:00 | -16,569 | -16,485 | -15,481 | -14,740 | -16,209 | -16,134 | -15,141 | -15,085 |
| 23:00:00 | -17,689 | -17,592 | -16,513 | -15,852 | -17,150 | -17,074 | -16,022 | -16,012 |
| 00:00:00 | -18,868 | -18,756 | -17,596 | -17,037 | -17,998 | -17,922 | -16,817 | -16,843 |

Cozinha – Temperatura interior

| Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | SHG | | | | Vidro instalado | SHG | | | |
| | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 |
| 01:00:00 | 31,664 | 29,527 | 28,142 | 26,899 | 26,111 | 17,937 | 16,813 | 16,003 | 15,290 | 14,773 |
| 02:00:00 | 31,466 | 29,370 | 28,012 | 26,794 | 26,021 | 17,794 | 16,688 | 15,890 | 15,186 | 14,677 |
| 03:00:00 | 31,257 | 29,200 | 27,868 | 26,673 | 25,916 | 17,686 | 16,596 | 15,810 | 15,117 | 14,615 |
| 04:00:00 | 31,055 | 29,035 | 27,728 | 26,555 | 25,813 | 17,593 | 16,520 | 15,746 | 15,063 | 14,568 |
| 05:00:00 | 30,861 | 28,876 | 27,593 | 26,441 | 25,714 | 17,489 | 16,433 | 15,670 | 14,998 | 14,510 |
| 06:00:00 | 30,822 | 28,833 | 27,593 | 26,450 | 25,757 | 17,389 | 16,348 | 15,597 | 14,934 | 14,453 |
| 07:00:00 | 31,851 | 29,623 | 28,458 | 27,250 | 26,558 | 17,271 | 16,246 | 15,505 | 14,852 | 14,378 |
| 08:00:00 | 32,758 | 30,477 | 29,210 | 27,880 | 26,985 | 17,222 | 16,207 | 15,479 | 14,833 | 14,366 |
| 09:00:00 | 33,601 | 31,113 | 29,692 | 28,234 | 27,266 | 17,916 | 16,796 | 16,063 | 15,350 | 14,899 |
| 10:00:00 | 34,319 | 31,574 | 29,980 | 28,372 | 27,417 | 18,675 | 17,370 | 16,542 | 15,706 | 15,246 |
| 11:00:00 | 34,794 | 31,726 | 29,991 | 28,200 | 27,394 | 19,215 | 17,704 | 16,780 | 15,822 | 15,383 |
| 12:00:00 | 34,927 | 31,643 | 29,820 | 28,000 | 27,223 | 19,532 | 17,835 | 16,860 | 15,860 | 15,387 |
| 13:00:00 | 34,799 | 31,728 | 29,882 | 28,149 | 27,210 | 19,646 | 18,037 | 17,014 | 16,038 | 15,434 |
| 14:00:00 | 34,767 | 31,764 | 29,933 | 28,220 | 27,253 | 19,672 | 18,075 | 17,017 | 16,029 | 15,397 |
| 15:00:00 | 34,698 | 31,776 | 29,943 | 28,255 | 27,252 | 19,630 | 18,048 | 16,979 | 15,994 | 15,348 |
| 16:00:00 | 34,606 | 31,743 | 29,916 | 28,250 | 27,235 | 19,568 | 18,020 | 16,954 | 15,986 | 15,335 |
| 17:00:00 | 34,464 | 31,660 | 29,861 | 28,217 | 27,201 | 19,412 | 17,914 | 16,861 | 15,917 | 15,264 |
| 18:00:00 | 34,254 | 31,517 | 29,764 | 28,153 | 27,132 | 19,220 | 17,770 | 16,738 | 15,823 | 15,177 |
| 19:00:00 | 34,007 | 31,294 | 29,591 | 28,041 | 27,038 | 19,086 | 17,674 | 16,666 | 15,773 | 15,141 |
| 20:00:00 | 33,692 | 31,098 | 29,424 | 27,916 | 26,947 | 18,999 | 17,617 | 16,631 | 15,757 | 15,137 |
| 21:00:00 | 33,428 | 30,919 | 29,286 | 27,820 | 26,872 | 18,899 | 17,544 | 16,575 | 15,718 | 15,108 |
| 22:00:00 | 33,203 | 30,750 | 29,154 | 27,721 | 26,799 | 18,796 | 17,465 | 16,513 | 15,671 | 15,072 |
| 23:00:00 | 32,985 | 30,582 | 29,021 | 27,619 | 26,718 | 18,686 | 17,378 | 16,443 | 15,615 | 15,025 |
| 00:00:00 | 32,767 | 30,414 | 28,887 | 27,516 | 26,636 | 18,572 | 17,288 | 16,368 | 15,554 | 14,973 |

Casa de Banho

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | SHG = 0,61 | | SHG = 0,47 | | SHG = 0,35 | | SHG = 0,23 | |
| | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan |
| | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste | Oeste |
| 01:00:00 | -11,588 | -14,594 | -9,484 | -13,413 | -7,612 | -12,393 | -6,552 | -11,617 |
| 02:00:00 | -12,958 | -16,558 | -10,875 | -15,385 | -9,020 | -14,371 | -7,968 | -13,602 |
| 03:00:00 | -14,421 | -17,027 | -12,368 | -15,859 | -10,539 | -14,848 | -9,502 | -14,084 |
| 04:00:00 | -15,496 | -17,258 | -13,488 | -16,095 | -11,695 | -15,087 | -10,680 | -14,323 |
| 05:00:00 | -16,200 | -17,741 | -14,244 | -16,586 | -12,499 | -15,585 | -11,510 | -14,826 |
| 06:00:00 | -14,673 | -18,055 | -13,187 | -16,909 | -11,860 | -15,917 | -11,145 | -15,163 |
| 07:00:00 | -1,317 | -18,995 | -3,157 | -17,863 | -4,761 | -16,884 | -5,994 | -16,139 |
| 08:00:00 | 11,463 | -17,418 | 6,576 | -16,505 | 2,331 | -15,724 | -0,706 | -15,103 |
| 09:00:00 | 24,817 | -0,390 | 17,035 | -3,151 | 10,274 | -5,684 | 5,525 | -7,145 |
| 10:00:00 | 37,533 | 13,478 | 27,290 | 7,833 | 18,379 | 2,724 | 12,117 | -0,365 |
| 11:00:00 | 46,679 | 23,661 | 34,961 | 16,048 | 24,831 | 9,157 | 17,738 | 4,940 |
| 12:00:00 | 52,235 | 29,961 | 39,961 | 21,336 | 29,405 | 13,519 | 22,093 | 8,720 |
| 13:00:00 | 54,407 | 31,930 | 42,347 | 23,242 | 31,923 | 15,366 | 24,699 | 10,423 |
| 14:00:00 | 67,167 | 28,343 | 51,063 | 20,571 | 38,047 | 13,478 | 29,589 | 9,117 |
| 15:00:00 | 141,277 | 21,482 | 103,131 | 15,546 | 66,188 | 10,123 | 60,027 | 6,837 |
| 16:00:00 | 247,596 | 38,258 | 186,868 | 27,966 | 133,131 | 18,125 | 100,760 | 13,956 |
| 17:00:00 | 295,360 | 49,561 | 226,556 | 36,691 | 169,449 | 25,464 | 119,720 | 18,044 |
| 18:00:00 | 280,431 | -3,021 | 219,789 | -3,409 | 166,977 | -3,705 | 114,536 | -3,968 |
| 19:00:00 | 159,262 | -9,999 | 124,939 | -8,825 | 95,207 | -7,813 | 65,487 | -7,060 |
| 20:00:00 | 9,843 | -10,245 | 8,490 | -9,039 | 7,411 | -7,995 | 5,685 | -7,225 |
| 21:00:00 | -7,262 | -11,171 | -4,906 | -9,956 | -2,828 | -8,904 | -1,632 | -8,124 |
| 22:00:00 | -8,789 | -12,165 | -6,495 | -10,943 | -4,466 | -9,884 | -3,300 | -9,096 |
| 23:00:00 | -10,190 | -13,243 | -7,912 | -12,016 | -5,893 | -10,951 | -4,736 | -10,158 |
| 00:00:00 | -11,611 | -14,227 | -9,334 | -12,999 | -7,314 | -11,931 | -6,160 | -11,135 |

(continuação)

| | Fluxo de calor [W/m ²] | |
|----------|--|---------|
| | Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78) | |
| | 08/ago | 18/jan |
| | Oeste | Oeste |
| 01:00:00 | -15,049 | -16,210 |
| 02:00:00 | -16,384 | -18,163 |
| 03:00:00 | -17,793 | -18,623 |
| 04:00:00 | -18,798 | -18,848 |
| 05:00:00 | -19,418 | -19,319 |
| 06:00:00 | -17,191 | -19,620 |
| 07:00:00 | 1,104 | -20,540 |
| 08:00:00 | 18,295 | -18,625 |
| 09:00:00 | 35,871 | 4,020 |
| 10:00:00 | 52,176 | 22,248 |
| 11:00:00 | 63,333 | 35,445 |
| 12:00:00 | 69,696 | 43,305 |
| 13:00:00 | 71,625 | 45,367 |
| 14:00:00 | 102,394 | 40,432 |
| 15:00:00 | 213,939 | 30,751 |
| 16:00:00 | 328,809 | 54,290 |
| 17:00:00 | 380,606 | 66,487 |
| 18:00:00 | 357,417 | -2,640 |
| 19:00:00 | 201,059 | -11,643 |
| 20:00:00 | 10,589 | -11,920 |
| 21:00:00 | -11,096 | -12,854 |
| 22:00:00 | -12,535 | -13,856 |
| 23:00:00 | -13,914 | -14,938 |
| 00:00:00 | -15,335 | -15,924 |

Casa de banho – Temperatura interior

| Temperatura Interior [°C] | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 08/ago | | | | | 18/jan | | | | |
| | Vidro instalado | SHG | | | | Vidro instalado | SHG | | | |
| | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 | | 0,61 | 0,47 | 0,35 | 0,23 |
| 01:00:00 | 30,491 | 28,646 | 27,515 | 26,504 | 25,928 | 17,412 | 16,409 | 15,670 | 15,027 | 14,537 |
| 02:00:00 | 30,416 | 28,594 | 27,476 | 26,476 | 25,907 | 17,356 | 16,362 | 15,629 | 14,991 | 14,504 |
| 03:00:00 | 30,332 | 28,531 | 27,426 | 26,436 | 25,874 | 17,310 | 16,324 | 15,597 | 14,965 | 14,482 |
| 04:00:00 | 30,243 | 28,462 | 27,370 | 26,391 | 25,835 | 17,264 | 16,288 | 15,567 | 14,940 | 14,462 |
| 05:00:00 | 30,151 | 28,390 | 27,309 | 26,341 | 25,792 | 17,212 | 16,244 | 15,531 | 14,909 | 14,435 |
| 06:00:00 | 30,058 | 28,316 | 27,248 | 26,291 | 25,749 | 17,157 | 16,198 | 15,491 | 14,876 | 14,405 |
| 07:00:00 | 30,011 | 28,272 | 27,215 | 26,261 | 25,728 | 17,092 | 16,143 | 15,442 | 14,832 | 14,365 |
| 08:00:00 | 30,001 | 28,253 | 27,197 | 26,242 | 25,715 | 17,040 | 16,099 | 15,405 | 14,800 | 14,339 |
| 09:00:00 | 30,019 | 28,258 | 27,200 | 26,240 | 25,715 | 17,048 | 16,101 | 15,413 | 14,807 | 14,355 |
| 10:00:00 | 30,074 | 28,292 | 27,227 | 26,257 | 25,726 | 17,091 | 16,129 | 15,438 | 14,825 | 14,376 |
| 11:00:00 | 30,144 | 28,348 | 27,266 | 26,284 | 25,751 | 17,148 | 16,168 | 15,469 | 14,848 | 14,396 |
| 12:00:00 | 30,209 | 28,404 | 27,315 | 26,326 | 25,798 | 17,212 | 16,213 | 15,504 | 14,872 | 14,414 |
| 13:00:00 | 30,270 | 28,455 | 27,364 | 26,371 | 25,843 | 17,277 | 16,260 | 15,538 | 14,896 | 14,427 |
| 14:00:00 | 30,397 | 28,483 | 27,392 | 26,396 | 25,875 | 17,329 | 16,295 | 15,562 | 14,909 | 14,433 |
| 15:00:00 | 30,693 | 28,603 | 27,499 | 26,405 | 26,041 | 17,375 | 16,330 | 15,585 | 14,925 | 14,443 |
| 16:00:00 | 31,055 | 29,026 | 27,914 | 26,778 | 26,326 | 17,460 | 16,391 | 15,637 | 14,960 | 14,486 |
| 17:00:00 | 31,409 | 29,410 | 28,233 | 27,107 | 26,529 | 17,575 | 16,495 | 15,723 | 15,031 | 14,544 |
| 18:00:00 | 31,673 | 29,662 | 28,449 | 27,304 | 26,644 | 17,540 | 16,467 | 15,687 | 15,002 | 14,495 |
| 19:00:00 | 31,701 | 29,649 | 28,392 | 27,232 | 26,548 | 17,530 | 16,462 | 15,684 | 15,001 | 14,492 |
| 20:00:00 | 31,513 | 29,440 | 28,148 | 26,986 | 26,299 | 17,549 | 16,483 | 15,705 | 15,024 | 14,514 |
| 21:00:00 | 31,395 | 29,337 | 28,057 | 26,918 | 26,254 | 17,562 | 16,497 | 15,720 | 15,039 | 14,529 |
| 22:00:00 | 31,331 | 29,296 | 28,040 | 26,921 | 26,272 | 17,568 | 16,505 | 15,728 | 15,049 | 14,539 |
| 23:00:00 | 31,280 | 29,270 | 28,034 | 26,930 | 26,294 | 17,564 | 16,504 | 15,729 | 15,051 | 14,542 |
| 00:00:00 | 31,227 | 29,243 | 28,023 | 26,934 | 26,308 | 17,551 | 16,496 | 15,724 | 15,048 | 14,540 |

Estudo do efeito dos elementos construtivos

Sala

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | Sem pala | | | | Com pala | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul | Este | Sul |
| 01:00:00 | -15,998 | -16,213 | -19,596 | -19,698 | -10,149 | -10,877 | -17,802 | -18,238 |
| 02:00:00 | -17,150 | -17,383 | -21,349 | -21,493 | -11,257 | -12,068 | -19,291 | -19,901 |
| 03:00:00 | -18,376 | -18,633 | -21,661 | -21,787 | -12,418 | -13,336 | -19,740 | -20,282 |
| 04:00:00 | -19,216 | -19,483 | -21,777 | -21,879 | -13,291 | -14,263 | -20,030 | -20,469 |
| 05:00:00 | -19,701 | -19,971 | -22,123 | -22,226 | -13,862 | -14,860 | -20,383 | -20,827 |
| 06:00:00 | 70,919 | -17,794 | -22,308 | -22,412 | 75,561 | -13,310 | -20,581 | -21,028 |
| 07:00:00 | 391,480 | -0,544 | -23,090 | -23,243 | 387,340 | 2,221 | -21,033 | -21,694 |
| 08:00:00 | 461,863 | 15,923 | 0,844 | -11,961 | 379,159 | 18,333 | 1,970 | -10,977 |
| 09:00:00 | 470,133 | 42,323 | 198,812 | 122,570 | 280,910 | 38,051 | 192,891 | 119,968 |
| 10:00:00 | 420,205 | 99,263 | 222,066 | 219,812 | 137,956 | 56,815 | 186,120 | 214,414 |
| 11:00:00 | 307,126 | 165,845 | 176,187 | 292,865 | 58,983 | 64,333 | 105,325 | 274,864 |
| 12:00:00 | 155,490 | 216,051 | 95,348 | 339,324 | 64,871 | 68,957 | 37,730 | 310,597 |
| 13:00:00 | 60,542 | 231,421 | 35,722 | 348,974 | 65,379 | 71,106 | 24,519 | 316,393 |
| 14:00:00 | 61,719 | 213,635 | 26,657 | 317,861 | 64,567 | 68,954 | 19,929 | 289,714 |
| 15:00:00 | 56,809 | 166,550 | 17,309 | 255,702 | 59,971 | 64,407 | 12,261 | 237,949 |
| 16:00:00 | 46,372 | 104,141 | 3,770 | 165,318 | 50,914 | 57,852 | 1,134 | 160,469 |
| 17:00:00 | 32,959 | 45,692 | -11,536 | 53,269 | 37,406 | 42,399 | -10,797 | 54,392 |
| 18:00:00 | 16,466 | 17,144 | -18,857 | -13,921 | 21,736 | 23,109 | -16,434 | -11,960 |
| 19:00:00 | -1,808 | -1,758 | -18,959 | -19,114 | 4,874 | 4,826 | -16,593 | -17,182 |
| 20:00:00 | -11,715 | -11,996 | -18,821 | -18,931 | -4,176 | -5,119 | -16,713 | -17,170 |
| 21:00:00 | -13,274 | -13,576 | -19,374 | -19,482 | -5,811 | -6,794 | -17,285 | -17,741 |
| 22:00:00 | -14,445 | -14,748 | -20,049 | -20,154 | -7,126 | -8,135 | -17,987 | -18,434 |
| 23:00:00 | -15,601 | -15,897 | -20,829 | -20,932 | -8,407 | -9,405 | -18,782 | -19,229 |
| 00:00:00 | -16,809 | -17,094 | -21,529 | -21,633 | -9,736 | -10,706 | -19,498 | -19,946 |

Sala – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | |
|----------|---------------------------|----------|----------|----------|
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Sem pala | Com pala | Sem pala | Com pala |
| 01:00:00 | 31,106 | 28,524 | 19,558 | 18,901 |
| 02:00:00 | 30,933 | 28,409 | 19,390 | 18,748 |
| 03:00:00 | 30,749 | 28,282 | 19,252 | 18,621 |
| 04:00:00 | 30,569 | 28,157 | 19,130 | 18,508 |
| 05:00:00 | 30,396 | 28,037 | 19,002 | 18,391 |
| 06:00:00 | 30,294 | 27,982 | 18,876 | 18,278 |
| 07:00:00 | 30,814 | 28,544 | 18,738 | 18,156 |
| 08:00:00 | 31,380 | 29,035 | 18,673 | 18,100 |
| 09:00:00 | 31,915 | 29,295 | 19,861 | 19,262 |
| 10:00:00 | 32,580 | 29,457 | 21,228 | 20,557 |
| 11:00:00 | 33,286 | 29,521 | 22,370 | 21,525 |
| 12:00:00 | 33,894 | 29,661 | 23,336 | 22,312 |
| 13:00:00 | 34,290 | 29,823 | 24,038 | 22,969 |
| 14:00:00 | 34,587 | 29,957 | 24,474 | 23,383 |
| 15:00:00 | 34,624 | 30,043 | 24,578 | 23,507 |
| 16:00:00 | 34,406 | 30,090 | 24,314 | 23,312 |
| 17:00:00 | 33,994 | 30,060 | 23,582 | 22,659 |
| 18:00:00 | 33,574 | 29,939 | 22,732 | 21,863 |
| 19:00:00 | 33,217 | 29,746 | 22,233 | 21,388 |
| 20:00:00 | 32,904 | 29,537 | 21,950 | 21,115 |
| 21:00:00 | 32,672 | 29,391 | 21,716 | 20,890 |
| 22:00:00 | 32,481 | 29,277 | 21,505 | 20,689 |
| 23:00:00 | 32,301 | 29,171 | 21,301 | 20,496 |
| 00:00:00 | 32,122 | 29,064 | 21,103 | 20,312 |

Hall

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | Sem pala | | | | Com pala | | | |
| | 08/ago | | 18/jan | | 08/ago | | 18/jan | |
| | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul | Norte | Sul |
| | 01:00:00 | -15,193 | -19,527 | -16,847 | -21,515 | -12,764 | -14,997 | -15,711 |
| 02:00:00 | -16,302 | -20,980 | -18,624 | -23,812 | -13,901 | -16,289 | -17,507 | -21,018 |
| 03:00:00 | -17,491 | -22,543 | -18,934 | -24,192 | -15,132 | -17,653 | -17,834 | -21,589 |
| 04:00:00 | -18,310 | -23,606 | -19,060 | -24,335 | -16,005 | -18,647 | -17,968 | -21,957 |
| 05:00:00 | -18,782 | -24,222 | -19,432 | -24,808 | -16,539 | -19,261 | -18,353 | -22,434 |
| 06:00:00 | 4,458 | -21,446 | -19,646 | -25,082 | 6,684 | -17,772 | -18,582 | -22,717 |
| 07:00:00 | 51,959 | 1,981 | -20,484 | -26,191 | 54,189 | -1,506 | -19,440 | -23,369 |
| 08:00:00 | 45,004 | 25,629 | -18,496 | -10,681 | 47,285 | 17,787 | -17,452 | -21,460 |
| 09:00:00 | 38,210 | 63,439 | 3,575 | 175,400 | 40,522 | 50,212 | 5,093 | -0,235 |
| 10:00:00 | 49,886 | 143,824 | 20,680 | 310,389 | 52,381 | 77,640 | 22,761 | 18,108 |
| 11:00:00 | 59,973 | 236,925 | 32,557 | 409,243 | 62,668 | 173,642 | 34,636 | 266,514 |
| 12:00:00 | 65,400 | 305,798 | 39,318 | 474,373 | 68,346 | 187,928 | 41,253 | 457,219 |
| 13:00:00 | 66,662 | 326,447 | 40,551 | 487,268 | 69,610 | 238,777 | 42,377 | 469,917 |
| 14:00:00 | 65,195 | 303,010 | 35,184 | 445,810 | 67,997 | 293,378 | 36,998 | 430,644 |
| 15:00:00 | 59,756 | 237,632 | 25,476 | 358,693 | 62,726 | 153,335 | 27,433 | 291,847 |
| 16:00:00 | 48,619 | 148,910 | 11,187 | 236,898 | 51,627 | 126,349 | 12,969 | 230,045 |
| 17:00:00 | 34,593 | 69,467 | -5,346 | 82,579 | 37,547 | 57,275 | -3,459 | -5,826 |
| 18:00:00 | 17,893 | 25,743 | -13,698 | -10,437 | 20,755 | 23,096 | -12,102 | -14,034 |
| 19:00:00 | 0,573 | 0,298 | -14,178 | -18,075 | 3,342 | 2,524 | -12,704 | -14,763 |
| 20:00:00 | -9,348 | -13,312 | -14,173 | -18,034 | -6,681 | -8,139 | -12,722 | -15,150 |
| 21:00:00 | -11,609 | -15,176 | -14,838 | -18,889 | -8,942 | -9,828 | -13,418 | -16,052 |
| 22:00:00 | -12,754 | -16,604 | -15,597 | -19,862 | -10,154 | -11,257 | -14,201 | -17,076 |
| 23:00:00 | -13,854 | -17,989 | -16,454 | -20,959 | -11,268 | -12,690 | -15,079 | -18,203 |
| 00:00:00 | -15,017 | -19,452 | -17,230 | -21,953 | -12,429 | -14,221 | -15,877 | -19,221 |

Hall – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | |
|----------|---------------------------|----------|----------|----------|
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Sem pala | Com pala | Sem pala | Com pala |
| 01:00:00 | 30,414 | 29,136 | 17,674 | 16,980 |
| 02:00:00 | 30,210 | 28,948 | 17,497 | 16,813 |
| 03:00:00 | 29,999 | 28,752 | 17,364 | 16,691 |
| 04:00:00 | 29,801 | 28,568 | 17,257 | 16,592 |
| 05:00:00 | 29,617 | 28,400 | 17,142 | 16,487 |
| 06:00:00 | 29,582 | 28,378 | 17,034 | 16,387 |
| 07:00:00 | 30,238 | 29,051 | 16,907 | 16,271 |
| 08:00:00 | 30,492 | 29,292 | 16,835 | 16,202 |
| 09:00:00 | 30,704 | 29,489 | 17,253 | 16,432 |
| 10:00:00 | 31,152 | 29,847 | 17,960 | 16,870 |
| 11:00:00 | 31,767 | 30,349 | 18,829 | 17,620 |
| 12:00:00 | 32,396 | 30,818 | 19,560 | 18,365 |
| 13:00:00 | 32,899 | 31,242 | 20,123 | 18,970 |
| 14:00:00 | 33,238 | 31,613 | 20,434 | 19,290 |
| 15:00:00 | 33,386 | 31,707 | 20,506 | 19,322 |
| 16:00:00 | 33,314 | 31,669 | 20,338 | 19,237 |
| 17:00:00 | 33,066 | 31,506 | 19,866 | 18,762 |
| 18:00:00 | 32,718 | 31,218 | 19,353 | 18,361 |
| 19:00:00 | 32,304 | 30,843 | 19,050 | 18,119 |
| 20:00:00 | 31,894 | 30,460 | 18,876 | 17,972 |
| 21:00:00 | 31,577 | 30,162 | 18,708 | 17,826 |
| 22:00:00 | 31,330 | 29,932 | 18,548 | 17,684 |
| 23:00:00 | 31,107 | 29,724 | 18,392 | 17,544 |
| 00:00:00 | 30,898 | 29,530 | 18,241 | 17,409 |

Escritório

| | Fluxo de calor [W/m ²] | | | |
|----------|------------------------------------|---------|----------|---------|
| | Sem pala | | Com pala | |
| | 08/ago | 18/jan | 08/ago | 18/jan |
| | Sul | Sul | Sul | Sul |
| 01:00:00 | -17,097 | -20,198 | -11,711 | -17,566 |
| 02:00:00 | -18,388 | -22,109 | -12,988 | -19,293 |
| 03:00:00 | -19,757 | -22,445 | -14,332 | -19,765 |
| 04:00:00 | -20,700 | -22,558 | -15,328 | -20,027 |
| 05:00:00 | -21,250 | -22,929 | -15,974 | -20,425 |
| 06:00:00 | -18,649 | -23,125 | -14,268 | -20,652 |
| 07:00:00 | 1,126 | -23,980 | 2,938 | -21,274 |
| 08:00:00 | 19,526 | -21,723 | 20,269 | -19,846 |
| 09:00:00 | 38,207 | 12,972 | 38,134 | 5,802 |
| 10:00:00 | 66,225 | 121,047 | 54,709 | 86,342 |
| 11:00:00 | 126,848 | 271,964 | 66,611 | 206,839 |
| 12:00:00 | 196,985 | 341,205 | 73,099 | 255,489 |
| 13:00:00 | 245,191 | 369,973 | 74,202 | 279,934 |
| 14:00:00 | 256,757 | 353,569 | 78,899 | 276,834 |
| 15:00:00 | 229,857 | 298,316 | 108,190 | 250,388 |
| 16:00:00 | 172,266 | 205,170 | 123,127 | 190,585 |
| 17:00:00 | 97,158 | 75,539 | 89,315 | 77,682 |
| 18:00:00 | 31,502 | -12,063 | 35,752 | -8,215 |
| 19:00:00 | -1,150 | -19,584 | 5,188 | -15,864 |
| 20:00:00 | -11,922 | -19,419 | -5,003 | -15,959 |
| 21:00:00 | -13,668 | -20,031 | -6,829 | -16,631 |
| 22:00:00 | -15,022 | -20,780 | -8,330 | -17,440 |
| 23:00:00 | -16,350 | -21,647 | -9,780 | -18,354 |
| 00:00:00 | -17,724 | -22,428 | -11,265 | -19,179 |

Escritório – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | |
|----------|---------------------------|----------|----------|----------|
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Sem pala | Com pala | Sem pala | Com pala |
| 01:00:00 | 30,943 | 28,659 | 19,016 | 17,832 |
| 02:00:00 | 30,793 | 28,563 | 18,855 | 17,697 |
| 03:00:00 | 30,632 | 28,456 | 18,721 | 17,585 |
| 04:00:00 | 30,473 | 28,347 | 18,599 | 17,482 |
| 05:00:00 | 30,316 | 28,239 | 18,470 | 17,375 |
| 06:00:00 | 30,171 | 28,139 | 18,343 | 17,269 |
| 07:00:00 | 30,142 | 28,140 | 18,203 | 17,155 |
| 08:00:00 | 30,202 | 28,229 | 18,094 | 17,065 |
| 09:00:00 | 30,330 | 28,387 | 18,212 | 17,144 |
| 10:00:00 | 30,590 | 28,610 | 19,044 | 17,752 |
| 11:00:00 | 31,168 | 28,844 | 20,591 | 18,989 |
| 12:00:00 | 32,008 | 29,057 | 21,927 | 19,988 |
| 13:00:00 | 32,890 | 29,231 | 23,014 | 20,822 |
| 14:00:00 | 33,567 | 29,391 | 23,751 | 21,445 |
| 15:00:00 | 33,934 | 29,717 | 24,081 | 21,828 |
| 16:00:00 | 33,945 | 30,090 | 23,952 | 21,888 |
| 17:00:00 | 33,614 | 30,183 | 23,206 | 21,333 |
| 18:00:00 | 33,142 | 29,931 | 22,260 | 20,499 |
| 19:00:00 | 32,684 | 29,633 | 21,739 | 20,046 |
| 20:00:00 | 32,391 | 29,431 | 21,461 | 19,807 |
| 21:00:00 | 32,212 | 29,321 | 21,237 | 19,619 |
| 22:00:00 | 32,073 | 29,250 | 21,043 | 19,455 |
| 23:00:00 | 31,944 | 29,187 | 20,859 | 19,300 |
| 00:00:00 | 31,810 | 29,119 | 20,678 | 19,147 |

Cozinha

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Sem pala | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Este | Este (P) | Norte | Sul | Este | Este (P) | Norte | Sul |
| 01:00:00 | -17,449 | -16,355 | -17,573 | -16,084 | -17,168 | -16,108 | -17,225 | -16,134 |
| 02:00:00 | -18,623 | -17,457 | -18,742 | -17,105 | -19,056 | -17,880 | -19,117 | -17,724 |
| 03:00:00 | -19,873 | -18,632 | -19,981 | -18,168 | -19,405 | -18,210 | -19,466 | -18,181 |
| 04:00:00 | -20,716 | -19,423 | -20,813 | -18,911 | -19,545 | -18,339 | -19,607 | -18,469 |
| 05:00:00 | -21,188 | -19,867 | -21,267 | -19,332 | -19,949 | -18,718 | -20,011 | -18,857 |
| 06:00:00 | 69,004 | 65,672 | 1,092 | -18,635 | -20,189 | -18,942 | -20,251 | -19,087 |
| 07:00:00 | 386,249 | 368,406 | 42,929 | -9,154 | -21,098 | -19,794 | -21,164 | -19,650 |
| 08:00:00 | 453,851 | 434,959 | 11,681 | 3,074 | 2,869 | 2,865 | -19,335 | -9,855 |
| 09:00:00 | 460,196 | 442,694 | 26,992 | 23,919 | 202,350 | 192,096 | 1,935 | 110,644 |
| 10:00:00 | 409,386 | 395,962 | 42,838 | 74,251 | 227,375 | 216,283 | 19,583 | 202,122 |
| 11:00:00 | 297,063 | 290,021 | 54,232 | 138,685 | 183,237 | 174,759 | 32,794 | 274,098 |
| 12:00:00 | 148,129 | 147,872 | 61,706 | 191,959 | 104,174 | 99,784 | 41,089 | 322,991 |
| 13:00:00 | 64,071 | 58,907 | 64,584 | 210,707 | 46,822 | 44,699 | 43,503 | 335,629 |
| 14:00:00 | 63,724 | 60,644 | 63,960 | 148,661 | 38,434 | 36,615 | 38,671 | 131,876 |
| 15:00:00 | 58,922 | 56,073 | 59,167 | 59,262 | 28,778 | 27,438 | 28,954 | 18,953 |
| 16:00:00 | 47,819 | 45,525 | 48,009 | 38,456 | 13,829 | 13,248 | 13,916 | 7,567 |
| 17:00:00 | 33,286 | 31,724 | 33,415 | 25,827 | -3,895 | -3,569 | -3,908 | -5,502 |
| 18:00:00 | 15,878 | 15,194 | 18,965 | 11,348 | -13,260 | -12,446 | -13,323 | -12,060 |
| 19:00:00 | -3,227 | -2,942 | 13,088 | -4,057 | -14,057 | -13,201 | -14,125 | -12,753 |
| 20:00:00 | -13,481 | -12,669 | -9,757 | -11,963 | -14,156 | -13,287 | -14,226 | -13,119 |
| 21:00:00 | -15,026 | -14,118 | -15,089 | -13,346 | -14,934 | -14,016 | -15,006 | -13,892 |
| 22:00:00 | -16,156 | -15,174 | -16,236 | -14,420 | -15,786 | -14,815 | -15,860 | -14,746 |
| 23:00:00 | -17,277 | -16,218 | -17,369 | -15,544 | -16,723 | -15,692 | -16,797 | -15,669 |
| 00:00:00 | -18,454 | -17,313 | -18,561 | -16,742 | -17,567 | -16,484 | -17,642 | -16,497 |

(continuação)

| Fluxo de calor [W/m ²] | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Com pala | | | | | | | | |
| | 08/ago | | | | 18/jan | | | |
| | Este | Este (P) | Norte | Sul | Este | Este (P) | Norte | Sul |
| 01:00:00 | -14,225 | -12,734 | -14,603 | -12,364 | -15,733 | -14,374 | -15,984 | -14,337 |
| 02:00:00 | -15,405 | -13,765 | -15,820 | -13,316 | -17,560 | -15,936 | -17,897 | -15,718 |
| 03:00:00 | -16,662 | -14,851 | -17,123 | -14,294 | -17,962 | -16,383 | -18,265 | -16,276 |
| 04:00:00 | -17,545 | -15,629 | -18,032 | -15,028 | -18,159 | -16,650 | -18,417 | -16,720 |
| 05:00:00 | -18,074 | -16,102 | -18,571 | -15,480 | -18,578 | -17,037 | -18,840 | -17,118 |
| 06:00:00 | 71,820 | 68,588 | 3,756 | -15,639 | -18,835 | -17,275 | -19,099 | -17,362 |
| 07:00:00 | 387,523 | 367,981 | 45,595 | -8,658 | -19,670 | -17,866 | -20,039 | -17,666 |
| 08:00:00 | 454,174 | 432,798 | 14,422 | 2,567 | 4,185 | 4,186 | -18,232 | -8,545 |
| 09:00:00 | 459,980 | 412,453 | 29,924 | 20,525 | 197,150 | 188,017 | 3,090 | 106,489 |
| 10:00:00 | 409,507 | 286,210 | 46,560 | 36,307 | 152,850 | 209,847 | 21,036 | 196,442 |
| 11:00:00 | 298,126 | 126,573 | 58,848 | 42,652 | 44,722 | 159,136 | 34,794 | 209,452 |
| 12:00:00 | 149,192 | 56,817 | 66,333 | 50,859 | 39,618 | 69,570 | 43,568 | 47,723 |
| 13:00:00 | 65,328 | 58,712 | 68,643 | 53,058 | 41,651 | 34,663 | 45,925 | 24,012 |
| 14:00:00 | 64,777 | 57,984 | 67,819 | 52,337 | 36,955 | 30,413 | 40,774 | 21,606 |
| 15:00:00 | 59,627 | 53,459 | 62,788 | 47,729 | 27,680 | 22,571 | 30,778 | 15,387 |
| 16:00:00 | 48,665 | 44,209 | 51,608 | 39,367 | 13,706 | 10,727 | 15,681 | 6,025 |
| 17:00:00 | 34,644 | 31,365 | 37,036 | 27,363 | -2,763 | -2,966 | -2,209 | -4,372 |
| 18:00:00 | 18,020 | 16,336 | 22,543 | 13,812 | -11,378 | -10,126 | -11,697 | -9,627 |
| 19:00:00 | -0,107 | 0,120 | 16,549 | -0,393 | -12,187 | -10,869 | -12,532 | -10,377 |
| 20:00:00 | -9,791 | -8,413 | -6,392 | -7,566 | -12,369 | -11,201 | -12,634 | -10,952 |
| 21:00:00 | -11,311 | -9,820 | -11,724 | -8,953 | -13,163 | -11,949 | -13,429 | -11,744 |
| 22:00:00 | -12,510 | -10,913 | -12,970 | -10,066 | -14,035 | -12,774 | -14,298 | -12,624 |
| 23:00:00 | -13,671 | -12,009 | -14,136 | -11,240 | -14,988 | -13,668 | -15,253 | -13,565 |
| 00:00:00 | -14,881 | -13,162 | -15,340 | -12,494 | -15,852 | -14,477 | -16,119 | -14,411 |

Cozinha – Temperatura interior

| | Temperatura Interior [°C] | | | |
|----------|---------------------------|----------|----------|----------|
| | 08/ago | | 18/jan | |
| | Sem pala | Com pala | Sem pala | Com pala |
| 01:00:00 | 31,554 | 30,009 | 17,778 | 17,027 |
| 02:00:00 | 31,368 | 29,849 | 17,640 | 16,903 |
| 03:00:00 | 31,172 | 29,680 | 17,536 | 16,811 |
| 04:00:00 | 30,983 | 29,516 | 17,448 | 16,733 |
| 05:00:00 | 30,802 | 29,359 | 17,350 | 16,647 |
| 06:00:00 | 30,774 | 29,352 | 17,254 | 16,564 |
| 07:00:00 | 31,793 | 30,395 | 17,143 | 16,467 |
| 08:00:00 | 32,719 | 31,336 | 17,098 | 16,434 |
| 09:00:00 | 33,575 | 32,162 | 17,794 | 17,117 |
| 10:00:00 | 34,299 | 32,684 | 18,564 | 17,812 |
| 11:00:00 | 34,768 | 32,853 | 19,106 | 18,180 |
| 12:00:00 | 34,882 | 32,779 | 19,416 | 18,267 |
| 13:00:00 | 34,726 | 32,683 | 19,518 | 18,296 |
| 14:00:00 | 34,663 | 32,644 | 19,531 | 18,341 |
| 15:00:00 | 34,564 | 32,610 | 19,475 | 18,358 |
| 16:00:00 | 34,445 | 32,551 | 19,398 | 18,314 |
| 17:00:00 | 34,288 | 32,427 | 19,228 | 18,178 |
| 18:00:00 | 34,073 | 32,234 | 19,027 | 18,011 |
| 19:00:00 | 33,826 | 32,013 | 18,888 | 17,895 |
| 20:00:00 | 33,513 | 31,730 | 18,795 | 17,816 |
| 21:00:00 | 33,253 | 31,496 | 18,694 | 17,726 |
| 22:00:00 | 33,034 | 31,302 | 18,589 | 17,634 |
| 23:00:00 | 32,822 | 31,117 | 18,475 | 17,535 |
| 00:00:00 | 32,612 | 30,935 | 18,360 | 17,435 |

Estudo da análise económica

Custo investimento do vidro

| Vidro | Custo | Custo de investimento |
|--------------|---------------------|-----------------------|
| | [€/m ²] | [€] |
| Climalit | 46,54 | 1 102,07 |
| GuardianSun | 69,48 | 1 645,29 |
| Climaguard P | 61,60 | 1 458,69 |

Consumo energético anual

| Vidro | Consumo energético anual | | | |
|--------------|--------------------------|---------------|------------|---------|
| | Aquecimento | Arrefecimento | Ventilador | TOTAL |
| | [kWh] | | | |
| Climalit | 916,67 | 1244,44 | 847,22 | 3008,33 |
| GuardianSun | 1169,44 | 616,67 | 586,11 | 2372,22 |
| Climaguard P | 947,22 | 927,78 | 686,11 | 2561,11 |

Custo de exploração

| Vidro | Custo exploração | |
|--------------|------------------|---------|
| | [€/ano] | [€/mês] |
| Climalit | 628,44 | 52,37 |
| GuardianSun | 495,56 | 41,30 |
| Climaguard P | 535,02 | 44,58 |

Preço de eletricidade constante (0,2089 €/kWh)

Cenário de implementação de raiz

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Vidros | Climalit | 1 102,07 € | 1 730,51 € | 2 358,95 € | 2 987,39 € | 3 615,83 € | 4 244,27 € | 4 872,71 € |
| | GuardianSun | 1 645,29 € | 2 140,84 € | 2 636,40 € | 3 131,96 € | 3 627,52 € | 4 123,07 € | 4 618,63 € |
| | Climaguard P | 1 458,69 € | 1 993,70 € | 2 528,72 € | 3 063,74 € | 3 598,75 € | 4 133,77 € | 4 668,78 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Vidros | Climalit | 5 501,15 € | 6 129,59 € | 6 758,03 € | 7 386,48 € | 8 014,92 € | 8 643,36 € | 9 271,80 € |
| | GuardianSun | 5 114,19 € | 5 609,74 € | 6 105,30 € | 6 600,86 € | 7 096,42 € | 7 591,97 € | 8 087,53 € |
| | Climaguard P | 5 203,80 € | 5 738,82 € | 6 273,83 € | 6 808,85 € | 7 343,87 € | 7 878,88 € | 8 413,90 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Vidros | Climalit | 9 900,24 € | 10 528,68 € | 11 157,12 € | 11 785,56 € | 12 414,00 € | 13 042,44 € | 13 670,88 € |
| | GuardianSun | 8 583,09 € | 9 078,64 € | 9 574,20 € | 10 069,76 € | 10 565,32 € | 11 060,87 € | 11 556,43 € |
| | Climaguard P | 8 948,91 € | 9 483,93 € | 10 018,95 € | 10 553,96 € | 11 088,98 € | 11 623,99 € | 12 159,01 € |

Cenário de substituição do Climalit

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Vidros | Climalit | 0,00 € | 628,44 € | 1 256,88 € | 1 885,32 € | 2 513,76 € | 3 142,20 € | 3 770,65 € |
| | GuardianSun | 1 645,29 € | 2 140,84 € | 2 636,40 € | 3 131,96 € | 3 627,52 € | 4 123,07 € | 4 618,63 € |
| | Climaguard P | 1 458,69 € | 1 993,70 € | 2 528,72 € | 3 063,74 € | 3 598,75 € | 4 133,77 € | 4 668,78 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Vidros | Climalit | 4 399,09 € | 5 027,53 € | 5 655,97 € | 6 284,41 € | 6 912,85 € | 7 541,29 € | 8 169,73 € |
| | GuardianSun | 5 114,19 € | 5 609,74 € | 6 105,30 € | 6 600,86 € | 7 096,42 € | 7 591,97 € | 8 087,53 € |
| | Climaguard P | 5 203,80 € | 5 738,82 € | 6 273,83 € | 6 808,85 € | 7 343,87 € | 7 878,88 € | 8 413,90 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Vidros | Climalit | 8 798,17 € | 9 426,61 € | 10 055,05 € | 10 683,49 € | 11 311,94 € | 11 940,38 € | 12 568,82 € |
| | GuardianSun | 8 583,09 € | 9 078,64 € | 9 574,20 € | 10 069,76 € | 10 565,32 € | 11 060,87 € | 11 556,43 € |
| | Climaguard P | 8 948,91 € | 9 483,93 € | 10 018,95 € | 10 553,96 € | 11 088,98 € | 11 623,99 € | 12 159,01 € |

Preço de eletricidade com tendência positiva (+2,32 %/ano)

Cenário de implementação de raiz

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Vidros | Climalit | 1 102,07 € | 1 730,51 € | 2 373,54 € | 3 031,48 € | 3 704,70 € | 4 393,55 € | 5 098,37 € |
| | GuardianSun | 1 645,29 € | 2 140,85 € | 2 647,90 € | 3 166,73 € | 3 697,60 € | 4 240,78 € | 4 796,58 € |
| | Climaguard P | 1 458,69 € | 1 993,71 € | 2 541,14 € | 3 101,28 € | 3 674,41 € | 4 260,85 € | 4 860,90 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Vidros | Climalit | 5 819,56 € | 6 557,49 € | 7 312,54 € | 8 085,11 € | 8 875,62 € | 9 684,47 € | 10 512,09 € |
| | GuardianSun | 5 365,27 € | 5 947,16 € | 6 542,56 € | 7 151,77 € | 7 775,12 € | 8 412,94 € | 9 065,57 € |
| | Climaguard P | 5 474,88 € | 6 103,10 € | 6 745,91 € | 7 403,63 € | 8 076,62 € | 8 765,22 € | 9 469,81 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Vidros | Climalit | 11 358,92 € | 12 225,40 € | 13 112,00 € | 14 019,17 € | 14 947,39 € | 15 897,16 € | 16 868,97 € |
| | GuardianSun | 9 733,33 € | 10 416,60 € | 11 115,72 € | 11 831,07 € | 12 563,03 € | 13 311,96 € | 14 078,28 € |
| | Climaguard P | 10 190,75 € | 10 928,42 € | 11 683,22 € | 12 455,53 € | 13 245,76 € | 14 054,33 € | 14 881,67 € |

Cenário de substituição do Climalit

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Vidros | Climalit | 0,00 € | 628,44 € | 1 271,47 € | 1 929,41 € | 2 602,63 € | 3 291,48 € | 3 996,30 € |
| | GuardianSun | 1 645,29 € | 2 140,84 € | 2 636,40 € | 3 131,96 € | 3 627,52 € | 4 123,07 € | 4 618,63 € |
| | Climaguard P | 1 458,69 € | 1 993,70 € | 2 528,72 € | 3 063,74 € | 3 598,75 € | 4 133,77 € | 4 668,78 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Vidros | Climalit | 4 717,49 € | 5 455,42 € | 6 210,47 € | 6 983,04 € | 7 773,55 € | 8 582,40 € | 9 410,02 € |
| | GuardianSun | 5 114,19 € | 5 609,74 € | 6 105,30 € | 6 600,86 € | 7 096,42 € | 7 591,97 € | 8 087,53 € |
| | Climaguard P | 5 203,80 € | 5 738,82 € | 6 273,83 € | 6 808,85 € | 7 343,87 € | 7 878,88 € | 8 413,90 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Vidros | Climalit | 10 256,85 € | 11 123,33 € | 12 009,93 € | 12 917,10 € | 13 845,32 € | 14 795,09 € | 15 766,90 € |
| | GuardianSun | 8 583,09 € | 9 078,64 € | 9 574,20 € | 10 069,76 € | 10 565,32 € | 11 060,87 € | 11 556,43 € |
| | Climaguard P | 8 948,91 € | 9 483,93 € | 10 018,95 € | 10 553,96 € | 11 088,98 € | 11 623,99 € | 12 159,01 € |

Preço de eletricidade com tendência negativa (-2,32 %/ano)

Cenário de implementação de raiz

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Vidros | Climalit | 1 102,07 € | 1 730,51 € | 2 344,37 € | 2 943,97 € | 3 529,67 € | 4 101,77 € | 4 660,59 € |
| | GuardianSun | 1 645,29 € | 2 140,85 € | 2 624,90 € | 3 097,72 € | 3 559,57 € | 4 010,70 € | 4 451,36 € |
| | Climaguard P | 1 458,69 € | 1 993,71 € | 2 516,30 € | 3 026,78 € | 3 525,40 € | 4 012,45 € | 4 488,20 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Vidros | Climalit | 5 206,44 € | 5 739,63 € | 6 260,44 € | 6 769,16 € | 7 266,08 € | 7 751,46 € | 8 225,58 € |
| | GuardianSun | 4 881,79 € | 5 302,24 € | 5 712,92 € | 6 114,08 € | 6 505,92 € | 6 888,67 € | 7 262,54 € |
| | Climaguard P | 4 952,90 € | 5 406,82 € | 5 850,21 € | 6 283,31 € | 6 706,35 € | 7 119,58 € | 7 523,22 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Vidros | Climalit | 8 688,70 € | 9 141,06 € | 9 582,93 € | 10 014,55 € | 10 436,14 € | 10 847,96 € | 11 250,21 € |
| | GuardianSun | 7 627,73 € | 7 984,44 € | 8 332,88 € | 8 673,23 € | 9 005,68 € | 9 330,41 € | 9 647,61 € |
| | Climaguard P | 7 917,48 € | 8 302,60 € | 8 678,78 € | 9 046,23 € | 9 405,16 € | 9 755,75 € | 10 098,20 € |

Cenário de substituição do Climalit

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Vidros | Climalit | 0,00 € | 628,44 € | 1 242,30 € | 1 841,90 € | 2 427,60 € | 2 999,70 € | 3 558,52 € |
| | GuardianSun | 1 645,29 € | 2 140,85 € | 2 624,90 € | 3 097,72 € | 3 559,57 € | 4 010,70 € | 4 451,36 € |
| | Climaguard P | 1 458,69 € | 1 993,71 € | 2 516,30 € | 3 026,78 € | 3 525,40 € | 4 012,45 € | 4 488,20 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Vidros | Climalit | 4 104,37 € | 4 637,56 € | 5 158,37 € | 5 667,09 € | 6 164,01 € | 6 649,39 € | 7 123,51 € |
| | GuardianSun | 4 881,79 € | 5 302,24 € | 5 712,92 € | 6 114,08 € | 6 505,92 € | 6 888,67 € | 7 262,54 € |
| | Climaguard P | 4 952,90 € | 5 406,82 € | 5 850,21 € | 6 283,31 € | 6 706,35 € | 7 119,58 € | 7 523,22 € |

| | | Anos | | | | | | |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Vidros | Cimalit | 7 586,63 € | 8 038,99 € | 8 480,86 € | 8 912,48 € | 9 334,07 € | 9 745,89 € | 10 148,14 € |
| | GuardianSun | 7 627,73 € | 7 984,44 € | 8 332,88 € | 8 673,23 € | 9 005,68 € | 9 330,41 € | 9 647,61 € |
| | Climaguard P | 7 917,48 € | 8 302,60 € | 8 678,78 € | 9 046,23 € | 9 405,16 € | 9 755,75 € | 10 098,20 € |