



# Projeto Integrador - 2º Sprint

Grupo 092


Diogo Araújo – 1200967

João Batista – 1211396

David Dias – 1211415

Ezequiel Estima – 1211417

Marco Andrade - 1211469



## Índice

US 406 .....	2
Zona C.....	2
Zona D .....	2
Zona E.....	3
US407 .....	4
Para 20 °C.....	4
Paredes Exteriores.....	4
Paredes Interiores .....	6
Fluxo energético.....	7
Energia necessária a ser fornecida por hora.....	7
Para 28 °C.....	8
Paredes Exteriores.....	8
Paredes Interiores .....	9
Fluxo energético.....	11
Energia necessária a ser fornecida por hora.....	11
US 408 .....	12
Paredes interiores .....	12
Resistência das paredes interiores.....	12
Zona C.....	12
Zona E.....	13
Zona D .....	13
Cálculo da energia a fornecer .....	14
Paredes Exteriores.....	14
Paredes Interiores .....	14
Parede Interior entre C e E.....	15
Fluxo energético.....	16
Energia necessária a ser fornecida por hora.....	16
US 409 .....	16
Determinar a potência necessária para arrefecer cada uma das zonas, ou espaços, individualmente ou global. Considerar a estrutura que usou nos cálculos da US407.....	16
Para 20°C: .....	16
Para 28°C: .....	17
Determinar a potência necessária para arrefecer cada uma das zonas, ou espaços, individualmente ou global. Considerar a estrutura que usou nos cálculos da US408.....	17

Otimizar o número de sistemas de arrefecimento para a estrutura total. Considerar a estrutura que usou nos cálculos da US408 ..... 18

## US 406

### Zona C

Determinar a energia total a fornecer, à zona C com temperatura interior de funcionamento de  $-10^{\circ}\text{C}$

Dados:

$$R_{Zona\ C} = 0,2107\text{ KW}^{-1}$$

$$T_{exterior} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$T_{interior} = -10^{\circ}\text{C}$$

Cálculos

$$q = \frac{\Delta T}{R_{eq}}$$

$$q = \frac{T_{exterior} - T_{interior}}{R_{Zona\ C}}$$

$$q = \frac{15 - (-10)}{0,2107}$$

$$q = 118,6521\text{ W}$$

$$E = P \times \Delta t$$

$$E = 118,6521 \times 3600$$

$$E = 4,2714 \times 10^5\text{ J}$$

### Zona D

Determinar a energia total a fornecer, à zona D com temperatura interior de funcionamento de  $0^{\circ}\text{C}$

Dados:

$$R_{Zona\ D} = 2,1847 \times 10^{-1}\text{ KW}^{-1}$$

$$T_{exterior} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$T_{interior} = 0^{\circ}\text{C}$$

Cálculos

$$q = \frac{\Delta T}{R_{eq}}$$

$$q = \frac{T_{exterior} - T_{interior}}{R_{Zona\ D}}$$

$$q = \frac{15 - 0}{2,1847 \times 10^{-1}}$$

$$q = 68,6593 \text{ W}$$

$$E = P \times \Delta t$$

$$E = 68,6593 \times 3600$$

$$E = 2,4717 \times 10^5 \text{ J}$$

### Zona E

Determinar a energia total a fornecer, à zona E com temperatura interior de funcionamento de 0 °C

Dados:

$$R_{Zona E} = 0,2458 \text{ KW}^{-1}$$

$$T_{exterior} = 15^\circ\text{C}$$

$$T_{interior} = 10^\circ\text{C}$$

Cálculos

$$q = \frac{\Delta T}{R_{eq}}$$

$$q = \frac{T_{exterior} - T_{interior}}{R_{Zona E}}$$

$$q = \frac{15 - 10}{0,2458}$$

$$q = 20,3417 \text{ W}$$

$$E = P \times \Delta t$$

$$E = 20,3417 \times 3600$$

$$E = 7,3230 \times 10^4 \text{ J}$$

## US407

Para 20 °C

Determinar a energia total a fornecer, a toda a estrutura, com as divisões internas às suas temperaturas de trabalho, admitindo uma temperatura exterior de 20 °C e por hora de funcionamento.

Paredes Exteriores

$$\Delta T = 20 - 15$$

*Paredes com Janela:*

$$R_{\text{parede com janela}} = 7,0703 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com janela}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com janela}}}$$

$$\frac{5}{7,0703 \times 10^{-2}} = 70,7184$$

*Parede com porta no A*

$$\text{Area}_{\text{parede}} = 7 \times 5$$

$$\text{Area}_{\text{porta}} = 12$$

$$\text{Area}_{\text{parede sem porta}} = 23$$

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (23)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (23)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (23)} = 8,6025 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{porta}} = 1,9608 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{parede com porta A}} = ((8,6025 \times 10^{-2})^{-1} + (1,9608 \times 10^{-2})^{-1})^{-1} \\ = 1,5968 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta A}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta A}}}$$

$$\frac{5}{1,5968 \times 10^{-2}} = 313,126$$

*Parede com porta no B*

$$\text{Area}_{\text{parede}} = 8 \times 5$$

$$\text{Area}_{\text{porta}} = 2 \times 2$$

$$\text{Area}_{\text{parede sem porta}} = 36$$

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (36)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (36)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (36)} = 5,4960 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{porta} = 0,1 \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{parede \text{ com porta } B} = ((5,4960 \times 10^{-2})^{-1} + (0,1)^{-1})^{-1} = 3,5467 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{parede \text{ com porta } B} = \frac{\Delta T}{R_{parede \text{ com porta } B}}$$

$$\frac{5}{3,5467 \times 10^{-2}} = 140,976$$

*Paredes Simples A*

$$R_{parede\_sem\_porta} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (35)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (35)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (35)} = 5,6531 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{parede \text{ simples } A} = \frac{\Delta T}{R_{parede \text{ simples } A}}$$

$$\frac{5}{5,6531 \times 10^{-2}} = 88,447$$

*Parede Simples B*

$$R_{parede\_sem\_porta} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (40)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (40)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (40)} = 4,9464 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{parede \text{ simples } B} = \frac{\Delta T}{R_{parede \text{ simples } B}}$$

$$\frac{5}{4,9464 \times 10^{-2}} = 101,084$$

*Parede Zona D*

$$R_{parede \text{ zona } D} = 7,9143 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{parede \text{ zona } D} = \frac{\Delta T}{R_{parede \text{ zona } D}}$$

$$\frac{20}{7,9143 \times 10^{-2}} = 252,7071$$

*Parede Zona E*

$$R_{parede \text{ zona } E} = 7,9143 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{parede \text{ zona } E} = \frac{\Delta T}{R_{parede \text{ zona } E}}$$

$$\frac{10}{7,9143 \times 10^{-2}} = 126,354$$

## Paredes Interiores

### *Parede com porta zona D*

$$R_{\text{parede com porta zona D}} = 4,0243 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta zona D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta zona D}}}$$

$$\frac{15}{4,0243 \times 10^{-2}} = 372,7356$$

### *Parede com porta zona C*

$$R_{\text{parede com porta zona C}} = 4,9243 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta zona C}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta zona C}}}$$

$$\frac{25}{4,0243 \times 10^{-2}} = 621,226$$

### *Parede com porta zona E*

$$R_{\text{parede com porta zona E}} = 4,9243 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta zona E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta zona E}}}$$

$$\frac{5}{4,0243 \times 10^{-2}} = 124,245$$

### *Parede Interior Simples entre B e D*

$$R_{\text{parede interior simples entre B e D}} = 5,5049 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre B e D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre B e D}}}$$

$$\frac{15}{5,5049 \times 10^{-2}} = 272,4845$$

### *Parede Interior entre B e E*

$$R_{\text{parede interior simples entre B e E}} = 7,3399 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre B e E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre B e E}}}$$

$$\frac{5}{7,3399 \times 10^{-2}} = 68,1208$$

### *Parede Interior entre B e C*

$$R_{\text{parede interior simples entre B e C}} = 7,3399 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre B e C}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre B e C}}}$$

$$\frac{25}{7,3399 \times 10^{-2}} = 340,604$$

*Parede Interior Simples entre C e D*

$$R_{\text{parede interior simples entre C e D}} = 4,4039 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre C e D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre C e D}}}$$

$$\frac{10}{4,4039 \times 10^{-2}} = 227,0715$$

*Parede Interior entre C e E*

$$R_{\text{parede interior simples entre C e E}} = 4,4039 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre C e E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre C e E}}}$$

$$\frac{20}{4,4039 \times 10^{-2}} = 454,143$$

Fluxo energético

$$q_{\text{estrutura total}} = q_{\text{Parede com janela}} + q_{\text{parede com porta A}} + q_{\text{parede com porta B}} +$$

$$q_{\text{parede simples A}} + q_{\text{parede simples B}} + q_{\text{parede zona D}} + q_{\text{parede zona E}} +$$

$$q_{\text{parede com porta zona D}} + q_{\text{parede com porta zona C}} + q_{\text{parede com porta zona E}} +$$

$$q_{\text{parede interior simples entre B e D}} + q_{\text{parede interior simples entre B e E}} +$$

$$q_{\text{parede interior simples entre B e C}} + q_{\text{parede interior simples entre C e D}} +$$

$$q_{\text{parede interior simples entre C e E}}$$

$$q_{\text{estrutura total}} = 3574,04$$

Energia necessária a ser fornecida por hora

$$E_{\text{Estrutura}} = P \times \Delta t$$

$$E_{\text{Estrutura}} = 3574,04 \times 3600$$

$$E_{\text{Estrutura}} = 1,28666 \times 10^7 \text{ J}$$



Para 28 °C

Determinar a energia total a fornecer, a toda a estrutura, com as divisões internas às suas temperaturas de trabalho, admitindo uma temperatura exterior de 28 °C e por hora de funcionamento.

Paredes Exteriores

$$\Delta T = 28 - 23$$

*Paredes com Janela:*

$$R_{\text{Parede com janela}} = 7,0703 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{Parede com janela}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{Parede com janela}}}$$

$$\frac{5}{7,0703 \times 10^{-2}} = 70,7184$$

*Parede com porta no A*

$$\text{Area}_{\text{Parede}} = 7 \times 5$$

$$\text{Area}_{\text{Porta}} = 12$$

$$\text{Area}_{\text{Parede sem porta}} = 23$$

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (23)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (23)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (23)} = 8,6025 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{porta}} = 1,9608 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{parede com porta A}} = ((8,6025 \times 10^{-2})^{-1} + (1,9608 \times 10^{-2})^{-1})^{-1} \\ = 1,5968 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta A}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta A}}}$$

$$\frac{5}{1,5968 \times 10^{-2}} = 313,126$$

*Parede com porta no B*

$$\text{Area}_{\text{Parede}} = 8 \times 5$$

$$\text{Area}_{\text{Porta}} = 2 \times 2$$

$$\text{Area}_{\text{Parede sem porta}} = 36$$

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (36)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (36)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (36)} = 5,4960 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{porta}} = 0,1 \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{parede com porta B}} = ((5,4960 \times 10^{-2})^{-1} + (0,1)^{-1})^{-1} = 3,5467 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta B}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta B}}}$$

$$\frac{5}{3,5467 \times 10^{-2}} = 140,976$$

*Paredes Simples A*

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (35)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (35)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (35)} = 5,6531 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede simples A}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede simples A}}}$$

$$\frac{5}{5,6531 \times 10^{-2}} = 88,447$$

*Parede Simples B*

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (40)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (40)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (40)} = 4,9464 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede simples B}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede simples B}}}$$

$$\frac{5}{4,9464 \times 10^{-2}} = 101,084$$

*Parede Zona D*

$$R_{\text{parede zona D}} = 7,9143 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede zona D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede zona D}}}$$

$$\frac{28}{7,9143 \times 10^{-2}} = 353,79$$

*Parede Zona E*

$$R_{\text{parede zona E}} = 7,9143 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede zona E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede zona E}}}$$

$$\frac{18}{7,9143 \times 10^{-2}} = 227,436$$

*Paredes Interiores*

*Parede com porta zona D*

$$R_{\text{parede com porta zona D}} = 4,0243 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta zona D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta zona D}}}$$

$$\frac{23}{4,0243 \times 10^{-2}} = 571,528$$

*Parede com porta zona C*

$$R_{\text{parede com porta zona C}} = 4,9243 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta zona C}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta zona C}}}$$

$$\frac{33}{4,0243 \times 10^{-2}} = 820,018$$

*Parede com porta zona E*

$$R_{\text{parede com porta zona E}} = 4,9243 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede com porta zona E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede com porta zona E}}}$$

$$\frac{13}{4,0243 \times 10^{-2}} = 323,038$$

*Parede Interior Simples entre B e D*

$$R_{\text{parede interior simples entre B e D}} = 5,5049 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre B e D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre B e D}}}$$

$$\frac{23}{5,5049 \times 10^{-2}} = 417,81$$

*Parede Interior entre B e E*

$$R_{\text{parede interior simples entre B e E}} = 7,3399 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre B e E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre B e E}}}$$

$$\frac{13}{7,3399 \times 10^{-2}} = 177,114$$

*Parede Interior entre B e C*

$$R_{\text{parede interior simples entre B e C}} = 7,3399 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre B e C}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre B e C}}}$$

$$\frac{33}{7,3399 \times 10^{-2}} = 449,597$$

#### Parede Interior Simples entre C e D

$$R_{\text{parede interior simples entre C e D}} = 4,4039 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre C e D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre C e D}}}$$
$$\frac{10}{4,4039 \times 10^{-2}} = 227,0715$$

#### Parede Interior entre C e E

$$R_{\text{parede interior simples entre C e E}} = 4,4039 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior simples entre C e E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior simples entre C e E}}}$$
$$\frac{20}{4,4039 \times 10^{-2}} = 454,143$$

#### Fluxo energético

$$q_{\text{estrutura total}} = q_{\text{parede com janela}} + q_{\text{parede com porta A}} + q_{\text{parede com porta B}} + q_{\text{parede simples A}} + q_{\text{parede simples B}} + q_{\text{parede zona D}} + q_{\text{parede zona E}} + q_{\text{parede com porta zona D}} + q_{\text{parede com porta zona C}} + q_{\text{parede com porta zona E}} + q_{\text{parede interior simples entre B e D}} + q_{\text{parede interior simples entre B e E}} + q_{\text{parede interior simples entre B e C}} + q_{\text{parede interior simples entre C e D}} + q_{\text{parede interior simples entre C e E}}$$

$$q_{\text{estrutura total}} = 4665,179$$

#### Energia necessária a ser fornecida por hora

$$E_{\text{Estrutura}} = P \times \Delta t$$

$$E_{\text{Estrutura}} = 4665,179 \times 3600$$

$$E_{\text{Estrutura}} = 1,679 \times 10^7 \text{ J}$$

## US 408

### Paredes interiores

Considerações:

- Espessura: 13 cm
- Constituição: Concreto de pedra-pomes (camada exterior), poliuretano (camada intermédia) e Madeira de Pinho (camada exterior)

$$k_{\text{Concreto de pedra-pomes}} = 0,3 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{Concreto de pedra-pomes}} = 9 \text{ cm}$$

$$k_{\text{Poliuretano}} = 0,024 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{Poliuretano}} = 2 \text{ cm}$$

$$k_{\text{Madeira de Pinho}} = 0,11 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{Madeira de Pinho}} = 2 \text{ cm}$$

### Resistência das paredes interiores

Zona C

*Parede Interior entre C e B*

$$R_{\text{Parede Interior entre C e B}} = R_{\text{Concreto de pedra-pomes}} + R_{\text{poliuretano}} + R_{\text{Madeira de Pinho}}$$

$$R_{\text{Parede Interior entre C e B}} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,3 \times (3 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times (3 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,11 \times (3 \times 5)}$$

$$R_{\text{Parede Interior entre C e B}} \approx 8,7668 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

*Parede interior entre a zona E e C*

$$R_{\text{parede interior entre a zona E e C}} = R_{\text{Concreto de pedra-pomes}} + R_{\text{poliuretano}} + R_{\text{Madeira de Pinho}}$$

$$R_{\text{parede interior entre a zona E e C}} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,3 \times (5 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times (5 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,11 \times (5 \times 5)}$$

$$R_{\text{parede interior entre a zona E e C}} \approx 5,2606 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

*Parede com porta*

$$R_{\text{parede com porta}} = ((R_{\text{parede sem porta}})^{-1} + (R_{\text{porta}})^{-1})^{-1}$$

$$A_{\text{parede sem porta}} = A_{\text{parede}} - A_{\text{porta}}$$

$$A_{\text{parede sem porta}} = 3 \times 5 - 2 \times 1$$

$$A_{\text{parede sem porta}} = 13 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,3 \times 13} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times 13} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,11 \times 13}$$

$$R_{parede\ sem\ porta} = 1,0117 \times 10^{-1} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{porta} = \frac{\Delta x_{madeira}}{k_{madeira} \times A_{porta}}$$

$$R_{porta} = \frac{4 \times 10^{-2}}{0,17 \times 2}$$

$$R_{porta} = 1,1765 \times 10^{-1} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{parede\ com\ porta} = ((1,0117 \times 10^{-1})^{-1} + (1,1765 \times 10^{-1})^{-1})^{-1}$$

$$R_{parede\ com\ porta} = 5,4395 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

#### Zona E

Para calcular a resistência das paredes internas da Zona E podemos aproveitar os cálculos da zona C.

#### Zona D

##### Parede Interior entre B e D

$$R_{Parede\ Interior\ entre\ B\ e\ D} = R_{Concreto\ de\ pedra-pomes} + R_{poliuretano} + R_{Madeira\ de\ Pinho}$$

$$R_{Parede\ Interior\ entre\ B\ e\ D} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,3 \times (4 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times (4 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,11 \times (4 \times 5)}$$

$$R_{Parede\ Interior\ entre\ B\ e\ D} \approx 6,5758 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

##### Parede interior entre a zona D e C

Terá a mesma resistência da parede interior entre a zona E e C

##### Parede com porta

$$R_{parede\ com\ porta} = ((R_{parede\ sem\ porta})^{-1} + (R_{porta})^{-1})^{-1}$$

$$A_{parede\ sem\ porta} = A_{parede} - A_{porta}$$

$$A_{parede\ sem\ porta} = 4 \times 5 - 2 \times 1$$

$$A_{parede\ sem\ porta} = 18 \text{ m}^2$$

$$R_{parede\ sem\ porta} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,3 \times 18} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times 18} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,11 \times 18}$$

$$R_{parede\ sem\ porta} = 7,3064 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{porta} = \frac{\Delta x_{madeira\ folhosa}}{k_{madeira\ folhosa} \times A_{porta}}$$

$$R_{porta} = \frac{4 \times 10^{-2}}{0,17 \times 2}$$

$$R_{porta} = 1,1765 \times 10^{-1} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{parede\ com\ porta} = ((7,3064 \times 10^{-2})^{-1} + (1,1765 \times 10^{-1})^{-1})^{-1}$$

$$R_{parede\ com\ porta} = 4,5073 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

### Cálculo da energia a fornecer

#### Paredes Exteriores

As paredes externas como são iguais as energias a fornecer será igual a energia a fornecer para a temperatura exterior de 20 ° C na US407.

#### *Paredes com Janela:*

$$q_{parede\ com\ janela} = 70,7184 \text{ W}$$

#### *Parede com porta no A*

$$q_{parede\ com\ porta\ A} = 313,126 \text{ W}$$

#### *Parede com porta no B*

$$q_{parede\ com\ porta\ B} = 140,976 \text{ W}$$

#### *Paredes Simples A*

$$q_{parede\ simples\ A} = 88,447 \text{ W}$$

#### *Parede Simples B*

$$q_{parede\ simples\ B} = 101,084 \text{ W}$$

#### *Parede Zona D*

$$q_{parede\ zona\ D} = 252,7071 \text{ W}$$

#### *Parede Zona E*

$$q_{parede\ zona\ E} = 126,354 \text{ W}$$

#### Paredes Interiores

#### *Parede com porta zona D*

$$R_{parede\ com\ porta} = 4,5073 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{parede\ com\ porta\ zona\ D} = \frac{\Delta T}{R_{parede\ com\ porta\ zona\ D}}$$

$$\frac{15}{4,5073 \times 10^{-2}} = 332,7935 \text{ W}$$

#### *Parede com porta zona C*

$$R_{parede\ com\ porta\ zona\ C} = 5,4395 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{parede\ com\ porta\ zona\ C} = \frac{\Delta T}{R_{parede\ com\ porta\ zona\ D}}$$

$$\frac{25}{5,4395 \times 10^{-2}} = 459,6011 \text{ W}$$

#### *Parede com porta zona E*

$$R_{parede\ com\ porta\ zona\ E} = 5,4395 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{parede\ com\ porta\ zona\ E} = \frac{\Delta T}{R_{parede\ com\ porta\ zona\ E}}$$

$$\frac{5}{5,4395 \times 10^{-2}} = 91,9202 \text{ W}$$

*Parede Interior entre B e D*

$$R_{\text{parede interior entre B e D}} = 6,5758 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior entre B e D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior entre B e D}}}$$

$$\frac{15}{6,5758 \times 10^{-2}} = 228,109 \text{ W}$$

*Parede Interior entre B e E*

$$R_{\text{parede interior entre B e E}} = 8,7668 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior entre B e E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior entre B e E}}}$$

$$\frac{5}{8,7668 \times 10^{-2}} = 57,0334 \text{ W}$$

*Parede Interior entre B e C*

$$R_{\text{parede interior entre B e C}} = 8,7668 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior entre B e C}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior entre B e C}}}$$

$$\frac{25}{8,7668 \times 10^{-2}} = 285,1668 \text{ W}$$

*Parede Interior entre C e D*

$$R_{\text{parede interior entre C e D}} = 5,2606 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior entre C e D}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior entre C e D}}}$$

$$\frac{10}{5,2606 \times 10^{-2}} = 190,0924 \text{ W}$$

*Parede Interior entre C e E*

$$R_{\text{parede interior entre C e E}} = 5,2606 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$q_{\text{parede interior entre C e E}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{parede interior entre C e E}}}$$

$$\frac{20}{5,2606 \times 10^{-2}} = 380,1848 \text{ W}$$



## Fluxo energético

$$\begin{aligned} q_{\text{estrutura total}} = & q_{\text{parede com janela}} + q_{\text{parede com porta A}} + q_{\text{parede com porta B}} + \\ & q_{\text{parede simples A}} + q_{\text{parede simples B}} + q_{\text{parede zona D}} + q_{\text{parede zona E}} + \\ & q_{\text{parede com porta zona D}} + q_{\text{parede com porta zona C}} + q_{\text{parede com porta zona E}} + \\ & q_{\text{parede interior entre B e D}} + q_{\text{parede interior entre B e E}} + q_{\text{parede interior entre B e C}} + \\ & q_{\text{parede simples entre C e D}} + q_{\text{parede simples entre C e E}} \end{aligned}$$

$$q_{\text{estrutura total}} = 3118,3137 \text{ W}$$

## Energia necessária a ser fornecida por hora

$$E_{\text{Estrutura}} = P \times \Delta t$$

$$E_{\text{Estrutura}} = 3118,3137 \times 3600$$

$$E_{\text{Estrutura}} = 1,1226 \times 10^7 \text{ J}$$

## US 409

Determinar a potência necessária para arrefecer cada uma das zonas, ou espaços, individualmente ou global. Considerar a estrutura que usou nos cálculos da US407.

Para 20°C:

Energia a fornecer na zona A:

$$\begin{aligned} q_A = & q_{\text{parede com janela}} + q_{\text{parede simples A}} + q_{\text{parede com porta A}} - q_{\text{parede com porta zona E}} \\ & - q_{\text{parede com porta zona C}} - q_{\text{parede com porta zona D}} = -645,9152 \text{ KWh}^{-1} \end{aligned}$$

Energia a fornecer na zona B:

$$\begin{aligned} q_B = & q_{\text{parede com janela}} + q_{\text{parede simples B}} + q_{\text{parede com porta B}} - q_{\text{parede interior entre B e D}} \\ & - q_{\text{parede interior entre B e E}} - q_{\text{parede interior entre B e C}} \\ = & -368.4309 \text{ KWh}^{-1} \end{aligned}$$

Energia a fornecer na zona C:

$$\begin{aligned} q_C = & q_{\text{parede com porta zona C}} + q_{\text{parede interior simples entre C e E}} \\ & + q_{\text{parede interior simples entre B e C}} + q_{\text{parede interior simples entre C e D}} \\ = & 1643,0445 \text{ KWh}^{-1} \end{aligned}$$

Energia a fornecer na zona D:

$$\begin{aligned} q_D = & q_{\text{parede zona D}} + q_{\text{parede com porta zona D}} + q_{\text{parede interior entre B e D}} \\ & - q_{\text{parede simples entre C e D}} = 670,8557 \text{ KWh}^{-1} \end{aligned}$$

Energia a fornecer na zona E:

$$qE = q_{parede\ zona\ E} + q_{parede\ com\ porta\ zona\ E} + q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ E} - q_{parede\ simples\ entre\ C\ e\ E} = -135,4232\ KWh^{-1}$$

Para 28°C:

Energia a fornecer na zona A:

$$qA = q_{parede\ com\ janela} + q_{parede\ simples\ A} + q_{parede\ com\ porta\ A} - q_{parede\ com\ porta\ zona\ E} - q_{parede\ com\ porta\ zona\ C} - q_{parede\ com\ porta\ zona\ D} = -1242,2926\ KWh^{-1}$$

Energia a fornecer na zona B:

$$qB = q_{parede\ com\ janela} + q_{parede\ simples\ B} + q_{parede\ com\ porta\ B} - q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ D} - q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ E} - q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ C} = -731,7426\ KWh^{-1}$$

Energia a fornecer na zona C:

$$qC = q_{parede\ com\ porta\ zona\ C} + q_{parede\ interior\ simples\ entre\ C\ e\ E} + q_{parede\ interior\ simples\ entre\ B\ e\ C} + q_{parede\ interior\ simples\ entre\ C\ e\ D} = 1950,8295\ KWh^{-1}$$

Energia a fornecer na zona D:

$$qD = q_{parede\ zona\ D} + q_{parede\ com\ porta\ zona\ D} + q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ D} - q_{parede\ simples\ entre\ C\ e\ D} = 1147,8435\ KWh^{-1}$$

Energia a fornecer na zona E:

$$qE = q_{parede\ zona\ E} + q_{parede\ com\ porta\ zona\ E} + q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ E} - q_{parede\ simples\ entre\ C\ e\ E} = 273,445\ KWh^{-1}$$

Determinar a potência necessária para arrefecer cada uma das zonas, ou espaços, individualmente ou global. Considerar a estrutura que usou nos cálculos da US408

Energia a fornecer na zona A:

$$qA = q_{parede\ com\ janela} + q_{parede\ simples\ A} + q_{parede\ com\ porta\ A} - q_{parede\ com\ porta\ zona\ E} - q_{parede\ com\ porta\ zona\ C} - q_{parede\ com\ porta\ zona\ D} = -412,0234\ W$$

Energia a fornecer na zona B:

$$qB = q_{parede\ com\ janela} + q_{parede\ simples\ B} + q_{parede\ com\ porta\ B} - q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ D} - q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ E} - q_{parede\ interior\ entre\ B\ e\ C} = -257,5308\ W$$

Energia a fornecer na zona C:

$$\begin{aligned}
 qC &= q_{\text{parede com porta zona C}} + q_{\text{parede interior simples entre C e E}} \\
 &\quad + q_{\text{parede interior simples entre B e C}} + q_{\text{parede interior simples entre C e D}} \\
 &= 1315,0451 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Energia a fornecer na zona D:

$$\begin{aligned}
 qD &= q_{\text{parede zona D}} + q_{\text{parede com porta zona D}} + q_{\text{parede interior entre B e D}} \\
 &\quad - q_{\text{parede simples entre C e D}} = 623,5172 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Energia a fornecer na zona E:

$$\begin{aligned}
 qE &= q_{\text{parede zona E}} + q_{\text{parede com porta zona E}} + q_{\text{parede interior entre B e E}} \\
 &\quad - q_{\text{parede simples entre C e E}} = -104,8772 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Otimizar o número de sistemas de arrefecimento para a estrutura total.

Considerar a estrutura que usou nos cálculos da US408

Como podemos ver, pelos cálculos da US308 o  $q_{\text{estrutura total}}$  é de 3118,3137 W e para tal podemos arranjar um ar condicionado para todo o edifício que tenha uma potência a potência desejada de 3118,4147 W e que tenha um alcance de 200m<sup>2</sup> ou um ar condicionado para cada quarto, sendo que nas zonas A, B e E precisam de ser aquecidas porque perdem mais energia do que ganham, visto que estão próximas a quartos com temperaturas baixas.