



Projeto Integrador – 1º Sprint

FSIAP

Grupo 092

Diogo Araújo – 1200967

João Batista – 1211396

David Dias – 1211415

Ezequiel Estima – 1211417

Marco Andrade - 1211469



Índice

Introdução	3
US401	3
US402	4
Paredes exteriores	4
Telhado.....	4
Janela.....	4
Vidros	5
Portas exteriores	5
Porta exterior área A.....	5
Porta exterior área B	5
US403	5
Paredes interiores	5
Porta de acesso	6
US404	6
Zona C.....	6
Parede menor.....	6
Parede maior interior	6
Parede com porta.....	6
Resistência total	7
Zona E.....	7
Parede exterior.....	7
Resistência total	7
Zona D	7
Parede menor.....	7
Parede maior	8
Parede com porta.....	8
Parede Exterior.....	8
Resistência total	9
Estrutura Exterior	9
Parede com porta no B.....	9
Parede com janela no A e no B	9
Parede com porta no A	10
Telhado.....	11
Resistência total	12

Índice de Imagens

Figura 1 - Planta do armazém	3
Figura 2 - Representação frontal e lateral da janela	4

Introdução

Para a componente de Física no projeto integrador foi nos pedido para fazer no 1º sprint 4 User Stories(US):

- US401 - Apresente um croqui de uma estrutura, e suas divisões internas.
- US402 - Pretende-se saber qual o conjunto de materiais a usar nas paredes da estrutura grande e envolvente das restantes, assim como do respetivo telhado.
- US403 - Pretende-se saber quais os materiais a usar nas paredes divisórias (interiores) por forma a definir os espaços indicados e para funcionarem às temperaturas indicadas. A disposição dos espaços fica ao critério dos usuários.
- US404 - Pretende-se saber qual a resistência térmica das paredes, para cada temperatura de funcionamento, de cada espaço ou zona que deve conter pelo menos três materiais diferentes nas suas paredes. Um para o material exterior, outro para o material intermédio e outro para o material interior

US401

Para responder a esta US criamos um armazém com as especificações demonstradas na seguinte imagem:

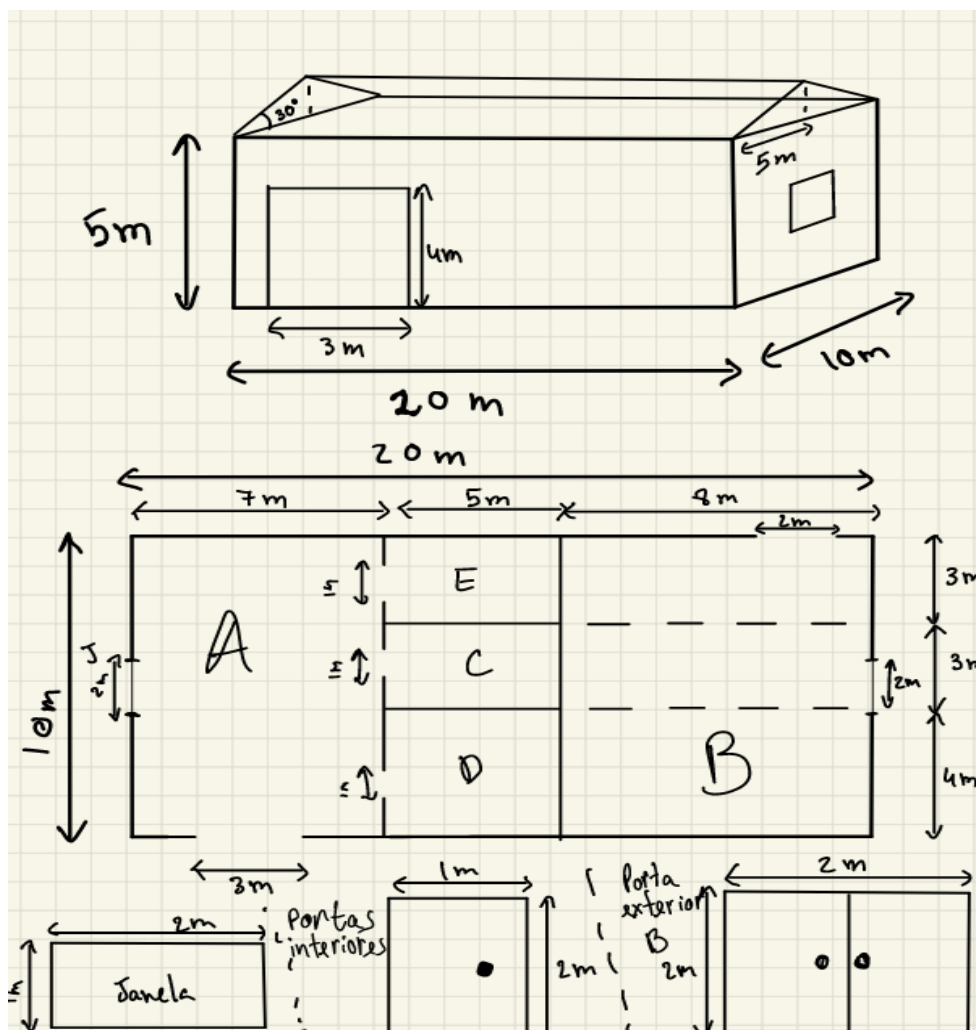


Figura 1 - Planta do armazém

US402

Paredes exteriores

Considerações:

- Espessura: 25 cm
- Constituição: concreto polido (camada exterior), poliuretano (camada intermédia) e PVC (camada interior)

$$k_{\text{Concreto Leve}} = 0,7 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{Concreto Leve}} = 16 \text{ cm}$$

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

$$\Delta x_{\text{Poliuretano}} = 3 \text{ cm}$$

$$k_{\text{PVC}} = 0,12 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{PVC}} = 5 \text{ cm}$$

Telhado

Considerações:

- Espessura: 10 cm
- Constituição: aço galvanizado (camada exterior), poliuretano (camada intermédia) e madeira folhosa (camada interior)

$$k_{\text{Aço galvanizado}} = 50 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{Aço galvanizado}} = 4 \text{ cm}$$

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

$$\Delta x_{\text{Poliuretano}} = 4 \text{ cm}$$

$$k_{\text{Madeira Folhosa (Carvalho)}} = 0,17 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{Madeira Folhosa (Carvalho)}} = 2 \text{ cm}$$

Janela

Para as duas janelas do edifício decidimos construir uma estrutura com as seguintes dimensões e formato:

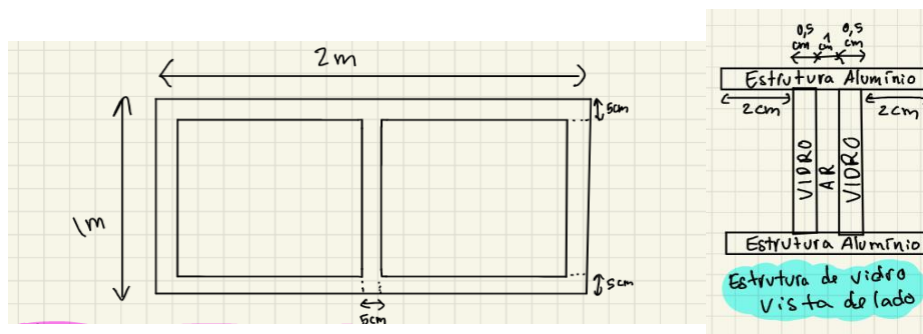


Figura 2 - Representação frontal e lateral da janela

Vidros

Considerações:

- Vidros duplos (dois vidros com uma camada de ar no seu interior)
- Estrutura de alumínio

$$k_{Vidro} = 0,8 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$k_{Ar} = 0,023 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$k_{Alumínio} = 204 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$A_{Vidro} = 0,83 \text{ m}^2$$

$$A_{Estrutura de alumínio} = 0,34 \text{ m}^2$$

Portas exteriores

Porta exterior área A

Consideração:

- Constituição: PVC

$$k_{PVC} = 0,17 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$A_{porta A} = 12 \text{ m}^2$$

Porta exterior área B

Considerações:

- Constituição: madeira

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

$$A_{porta B} = 4 \text{ m}^2$$

US403

Paredes interiores

Considerações:

- Espessura: 13 cm
- Constituição: tijolo (camada exterior), poliuretano (camada intermédia) e madeira folhosa (camada exterior)

$$k_{Tijolo} = 0,6 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{Tijolo} = 9 \text{ cm}$$

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

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

$$k_{Madeira Folhosa (Carvalho)} = 0,17 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{Madeira Folhosa (Carvalho)} = 2 \text{ cm}$$

Porta de acesso

$$k_{\text{Madeira Folhosa (Carvalho)}} = 0,17 \text{ W(mK)}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{Madeira Folhosa (Carvalho)}} = 4 \text{ cm}$$

US404

Zona C

Para calcular a Resistência da Zona C precisamos de saber a resistência da parede com porta e das 3 paredes interiores (uma parede menor e duas paredes maiores).

Parede menor

$$R_{\text{parede menor}} = R_{\text{tijolo}} + R_{\text{poliuretano}} + R_{\text{madeira}}$$

$$R_{\text{parede menor}} = \frac{\Delta x_{\text{tijolo}}}{k_{\text{tijolo}} \times A_{\text{parede}}} + \frac{\Delta x_{\text{poliuretano}}}{k_{\text{poliuretano}} \times A_{\text{parede}}} + \frac{\Delta x_{\text{madeira}}}{k_{\text{madeira}} \times A_{\text{parede}}}$$

$$R_{\text{parede menor}} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,6 \times (3 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times (3 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,17 \times (3 \times 5)}$$

$$R_{\text{parede menor}} \approx 7,3399 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

Parede maior interior

$$R_{\text{parede maior interior}} = R_{\text{tijolo}} + R_{\text{poliuretano}} + R_{\text{madeira}}$$

$$R_{\text{parede maior interior}} = \frac{\Delta x_{\text{tijolo}}}{k_{\text{tijolo}} \times A_{\text{parede}}} + \frac{\Delta x_{\text{poliuretano}}}{k_{\text{poliuretano}} \times A_{\text{parede}}} + \frac{\Delta x_{\text{madeira}}}{k_{\text{madeira}} \times A_{\text{parede}}}$$

$$R_{\text{parede maior interior}} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,6 \times (5 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times (5 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,17 \times (5 \times 5)}$$

$$R_{\text{parede maior interior}} \approx 4,4039 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

Parede com porta

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

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

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

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

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{\Delta x_{\text{tijolo}}}{k_{\text{tijolo}} \times A_{\text{parede}}} + \frac{\Delta x_{\text{poliuretano}}}{k_{\text{poliuretano}} \times A_{\text{parede}}} + \frac{\Delta x_{\text{madeira}}}{k_{\text{madeira}} \times A_{\text{parede}}}$$

$$R_{\text{parede sem porta}} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,6 \times 13} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times 13} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,17 \times 13}$$

$$R_{\text{parede sem porta}} = 8,4691 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

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

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

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

$$R_{parede \text{ com porta}} = ((8,4691 \times 10^{-2})^{-1} + (1,1765 \times 10^{-1})^{-1})^{-1}$$

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

Resistência total

$$R_{Zona C} = R_{parede \text{ com porta}} + 2 \times R_{parede \text{ maior interior}} + R_{parede \text{ menor}}$$

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

Zona E

Para calcular a resistência da Zona E podemos aproveitar os cálculos da zona C, apenas temos de trocar uma das paredes interiores por uma exterior.

Parede exterior

$$R_{parede \text{ exterior}} = R_{concreto \text{ leve}} + R_{poliuretano} + R_{pvc}$$

$$R_{parede \text{ exterior}} = \frac{\Delta x_{concreto \text{ leve}}}{k_{concreto \text{ leve}} \times A_{concreto \text{ leve}}} + \frac{\Delta x_{poliuretano}}{k_{poliuretano} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{pvc}}{k_{pvc} \times A_{pvc}}$$

$$R_{parede \text{ exterior}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (5 \times 5)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (5 \times 5)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (5 \times 5)}$$

$$R_{parede \text{ exterior}} \approx 7,9143 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

Resistência total

$$R_{Zona E} = R_{parede \text{ com porta}} + R_{parede \text{ maior interior}} + R_{parede \text{ menor}} + R_{parede \text{ exterior}}$$

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

Zona D

Para a divisão ou zona D, a funcionar à temperatura de 0 °C, cada parede e total, com a inclusão da porta de acesso à divisão.

Parede menor

$$R_{parede \text{ menor}} = R_{tijolo} + R_{poliuretano} + R_{madeira \text{ folhosa}}$$

$$R_{parede \text{ menor}} = \frac{\Delta x_{tijolo}}{k_{tijolo} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{poliuretano}}{k_{poliuretano} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{madeira \text{ folhosa}}}{k_{madeira \text{ folhosa}} \times A_{parede}}$$

$$R_{parede\ menor} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,6 \times (4 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times (4 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,17 \times (4 \times 5)}$$

$$R_{parede\ menor} \approx 5,5049 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

Parede maior

$$R_{parede\ maior} = R_{tijolo} + R_{poliuretano} + R_{madeira\ folhosa}$$

$$R_{parede\ maior} = \frac{\Delta x_{tijolo}}{k_{tijolo} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{poliuretano}}{k_{poliuretano} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{madeira\ folhosa}}{k_{madeira\ folhosa} \times A_{parede}}$$

$$R_{parede\ maior} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,6 \times (5 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times (5 \times 5)} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,17 \times (5 \times 5)}$$

$$R_{parede\ maior} \approx 4,4039 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

Parede com porta

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

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

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

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

$$R_{parede\ sem\ porta} =$$

$$= \frac{\Delta x_{tijolo}}{k_{tijolo} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{poliuretano}}{k_{poliuretano} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{madeira\ folhosa}}{k_{madeira\ folhosa} \times A_{parede}}$$

$$R_{parede\ sem\ porta} = \frac{9 \times 10^{-2}}{0,6 \times 18} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,024 \times 18} + \frac{2 \times 10^{-2}}{0,17 \times 18}$$

$$R_{parede\ sem\ porta} = 6,1166 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

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

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

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

$$R_{parede\ com\ porta} = ((6,1166 \times 10^{-2})^{-1} + (1,1765 \times 10^{-1})^{-1})^{-1}$$

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

Parede Exterior

$$R_{parede\ exterior} = R_{concreto\ leve} + R_{poliuretano} + R_{pvc}$$

$$R_{parede\ exterior} = \frac{\Delta x_{concreto\ leve}}{k_{concreto\ leve} \times A_{concreto\ leve}} + \frac{\Delta x_{poliuretano}}{k_{poliuretano} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{pvc}}{k_{pvc} \times A_{pvc}}$$

$$R_{parede\ exterior} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times (5 \times 5)} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times (5 \times 5)} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times (5 \times 5)}$$

$$R_{parede\ exterior} \approx 7,9143 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

Resistência total

$$R_{Zona\ D} = R_{parede\ com\ porta} + R_{parede\ maior\ interior} + R_{parede\ menor} + R_{parede\ exterior}$$

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

Estrutura Exterior

Para a estrutura grande determinar a resistência térmica, de cada parede e telhado, com a inclusão das portas de acesso à recepção e de armazenamento e janelas consideradas, de acordo com a escolha dos materiais realizada.

Parede com porta no B

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

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

$$A_{parede} = 20 \times 5$$

$$A_{porta} = 2 \times 2$$

$$A_{parede\ sem\ porta} = 96m^2$$

$$R_{parede\ sem\ porta} =$$

$$= \frac{\Delta x_{Concreto}}{k_{Concreto} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{poliuretano}}{k_{poliuretano} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{PVC}}{k_{PVC} \times A_{parede}}$$

$$= \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times 96} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times 96} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times 96}$$

$$= 2,0610 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{porta} = \frac{4 \times 10^{-2}}{0,1 \times 4}$$

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

$$R_{parede\ com\ porta\ B} = ((2,061 \times 10^{-2})^{-1} + (0,1)^{-1})^{-1} = 1,7088 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

Parede com janela no A e no B

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

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

$$A_{parede} = (10 \times 5) m^2$$

$$A_{janela} = (2 \times 1) m^2$$

$$A_{parede \text{ sem janela}} = 48 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} R_{parede \text{ sem janela}} &= \\ &= \frac{\Delta x_{\text{Concreto}}}{k_{\text{Concreto}} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{\text{poliuretano}}}{k_{\text{poliuretano}} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{\text{PVC}}}{k_{\text{PVC}} \times A_{parede}} \\ &= \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times 48} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times 48} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times 48} \\ &= 4,1220 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1} \end{aligned}$$

$$R_{janela} = R_{\text{estrutura de aluminio}} + R_{ar} + 4R_{vidro}$$

$$R_{\text{estrutura de aluminio}} = \frac{\Delta x_{\text{estrutura de aluminio}}}{k_{\text{estrutura de aluminio}} \times A_{\text{estrutura de aluminio}}}$$

$$R_{\text{estrutura de aluminio}} = \frac{6 \times 10^{-2}}{204 \times 0,34} = 8,6505 \times 10^{-4} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{ar} = \frac{\Delta x_{ar}}{k_{ar} \times A_{janela}}$$

$$R_{ar} = \frac{1 \times 10^{-2}}{0,023 \times 2} = 0,2174 \text{ KW}^{-1}$$

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

$$R_{vidro} = \frac{5 \times 10^{-3}}{0,8 \times 0,83} = 7,5301 \times 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{janela} = 8,6505 \times 10^{-4} + 0,2174 + 4 \times 7,5301 \times 10^{-3}$$

$$R_{janela} = 0,2483 \text{ KW}^{-1}$$

$$2R_{parede \text{ com janela}} = 2 * ((4,1220 \times 10^{-2})^{-1} + (0,2483)^{-1})^{-1}$$

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

Parede com porta no A

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

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

$$A_{parede} = 20 \times 5$$

$$A_{porta} = 3 \times 4$$

$$A_{parede \text{ sem porta}} = 88 \text{ m}^2$$

$$R_{parede \text{ sem porta}} =$$

$$\frac{\Delta x_{\text{Concreto}}}{k_{\text{Concreto}} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{\text{poliuretano}}}{k_{\text{poliuretano}} \times A_{parede}} + \frac{\Delta x_{\text{PVC}}}{k_{\text{PVC}} \times A_{parede}}$$

$$= \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times 88} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times 88} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times 88}$$

$$= 2,2484 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{porta} = \frac{4 \times 10^{-2}}{0,17 \times 12}$$

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

$$R_{parede \text{ com porta } A} = ((2,2484 \times 10^{-2})^{-1} + (1,9608 \times 10^{-2})^{-1})^{-1}$$

$$= 1,0474 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

Telhado

Sabendo que o telhado tem uma inclinação de 30º podemos calcular a sua área através dos seguintes cálculos

$$\cos(30) = \frac{5}{h} \Leftrightarrow h = \frac{10\sqrt{3}}{3} \text{ m}$$

$$A_{telhado} = 2 \times \left(20 \times \frac{10\sqrt{3}}{3} \right) = 230,94 \text{ m}^2$$

$$R_{Telhado} = R_{Aço} + R_{poliuretano} + R_{madeira \text{ carvalho}}$$

$$R_{Aço} = \frac{4 \times 10^{-2}}{50 \times 230,94} = 3,4641 \times 10^{-6} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{poliuretano} = \frac{4 \times 10^{-2}}{0,024 \times 230,94} = 7,2169 \times 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{madeira \text{ carvalho}} = \frac{4 \times 10^{-2}}{0,17 \times 230,94} = 1,0189 \times 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{Telhado} = 3,4641 \times 10^{-6} + 7,2169 \times 10^{-3} + 1,0189 \times 10^{-3} = 8,2393 \times 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$$

Sabendo que parede lateral do telhado se liga com a parede da casa temos de incluir essa área no cálculo da resistência de duas das paredes simples.

$$\tan(30) = \frac{\text{altura}}{5} \Leftrightarrow \text{altura} = \frac{5\sqrt{3}}{3} \text{ m}$$

$$A_{ParedeDoTelhado} = \frac{\left(10 \times \frac{5\sqrt{3}}{3} \right)}{2} = \frac{25\sqrt{3}}{3} = 14,434 \text{ m}^2$$

$$R_{ParedeDoTelhado} =$$

$$\frac{\Delta x_{\text{Concreto}}}{k_{\text{Concreto}} \times A_{\text{parede}}} + \frac{\Delta x_{\text{poliuretano}}}{k_{\text{poliuretano}} \times A_{\text{parede}}} + \frac{\Delta x_{\text{PVC}}}{k_{\text{PVC}} \times A_{\text{parede}}}$$

$$R_{ParedeDoTelhado} = \frac{16 \times 10^{-2}}{0,7 \times 14,434} + \frac{3 \times 10^{-2}}{0,024 \times 14,434} + \frac{6 \times 10^{-2}}{0,12 \times 14,434} =$$

$$= 1,3708 \times 10^{-1} \text{ KW}^{-1}$$

Resistência total

$$R_{paredes\ estrutura\ exterior} = R_{parede\ com\ porta\ A} + R_{parede\ com\ porta\ B} + 2R_{parede\ com\ janela}$$

$$R_{paredes\ estrutura\ exterior} = 9,8265 \times 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{estrutura\ exterior}$$

$$= \left((R_{paredes\ estrutura\ exterior})^{-1} + (R_{Telhado})^{-1} + (R_{ParedeDoTelhado})^{-1} \right)^{-1}$$

$$= 7,2025 \times 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$$