

## Relatório de FSIAP - G101, 2DK

### US412 (Marta Portugal e Rui Dias)

Cálculo da resistência das paredes dum contentor com:

Comprimento: 12m

Largura: 2,34m

Altura: 2,34m

Área do contentor:

$$2 * 2,34^2 + 4 * 12 * 2,34 = 123,2712 \text{m}^2$$

Temperatura: 7°C

$$\text{Resistência dos materiais externos} = \frac{2 * 10^{-2}}{52 * 123,2712} = 3,1201 * 10^{-6} \Omega$$

$$\text{Resistência dos materiais internos} = \frac{1 * 10^{-2}}{14 * 123,2712} = 5,7944 * 10^{-6} \Omega$$

$$\text{Resistência dos materiais intermédios} = \frac{12 * 10^{-2}}{0,04 * 123,2712} = 2,4336 * 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Resistência da área total do contentor} = 3,1201 * 10^{-6} + 5,7944 * 10^{-6} + 2,4336 * 10^{-2} = 0,0243 \Omega$$

$$\text{Fluxo de calor: } Q = \Delta q / \Delta t = \Delta (T_1 - T_2) / R_{\text{Total}} = (20 - 7) / 0,0243 = 534,9794 \text{W}$$

Para um tempo de viagem de 2h30 (9000 s), a energia necessária para manter aquela diferença de temperatura é:

$$E = 534,9794 \times 9000 = 4814814,82 \text{J}$$

Temperatura: -5°C

$$\text{Resistência dos materiais externos} = \frac{2 * 10^{-2}}{52 * 123,2712} = 3,1201 * 10^{-6} \Omega$$

$$\text{Resistência dos materiais internos} = \frac{1 * 10^{-2}}{14 * 123,2712} = 5,7944 * 10^{-6} \Omega$$

$$\text{Resistência dos materiais intermédios} = \frac{12 * 10^{-2}}{0,024 * 123,2712} = 4,0561 * 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Resistência da área total do contentor} = 3,1201 * 10^{-6} + 5,7944 * 10^{-6} + 4,0561 * 10^{-2} = 0,0406 \Omega$$

$$\text{Fluxo de calor: } Q = \Delta q / \Delta t = \Delta (T_1 - T_2) / R_{\text{Total}} = (20 - (-5)) / 0,0406 = 615,7635 \text{W}$$

Para um tempo de viagem de 2h30 (9000 s), a energia necessária para manter aquela diferença de temperatura é:

$$E = 615,7635 \times 9000 = 5541871,92J$$

### US413 (Maria Marques e João Araújo)

- Número de contentores para 7°C: 20
- Número de contentores para -5°C: 35
- Assumindo o tempo de viagem de 2h30min ou seja  $t = 9000s$  e, tendo em conta, a temperatura exterior da viagem 20°C.

- Para energia de operação a 7°C:

$$E_7 = 20 \times 4\,814\,814,82 = 96\,296\,296,40J$$

- Para energia de operação a -5°C:

$$E_{-5} = 35 \times 5\,541\,871,92 = 193\,965\,517,20\,J$$

$$E_{total} = 96\,296\,296,40 + 193\,965\,517,20 = 290\,261\,813,60\,J$$

### US414 (Rui Dias e Marta Portugal)

Journey time: 2h30 (9000 s)

Temperatura quando exposta: 23°C

- **Uma porta exposta e zero lados expostos**

Temperatura: 7°C

Área exposta:  $2,34^2\,m^2$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 2,34^2} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 2,34^2} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 2,34^2} = 0,5481\,\Omega$$

Área não exposta:  $2,34^2 + 4 \cdot 12 \cdot 2,34 = 117,7956m^2$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 117,7956} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 117,7956} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 117,7956} = 2,5474 \cdot 10^{-2}\,\Omega$$

Fluxo total de calor:  $((23-7) / 0,5481) + ((20-7) / 2,5474 \cdot 10^{-2}) = 539,5160W$

$$E = 539,5160 \times 9000 = 4855644,00J$$

Temperatura: -5°C

Área exposta:  $2,34^2\,m^2$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 2,34^2} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 2,34^2} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 2,34^2} = 0,9133\,\Omega$$

Área não exposta:  $2,34^2 + 4 \cdot 12 \cdot 2,34 = 117,7956 \text{ m}^2$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 117,7956} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 117,7956} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 117,7956} = 4,2456 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Fluxo total de calor:  $((23-7) / 0,9133) + ((20-7) / 4,2456 \cdot 10^{-2}) = 323,7182 \text{ W}$

$$E = 323,7182 \cdot 9000 = 2913463,80 \text{ J}$$

- **Zero portas expostas e um lado exposto:**

Temperatura:  $7^\circ\text{C}$

Área exposta:  $2,34 \cdot 12 \text{ m}^2$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 2,34 \cdot 12} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 2,34 \cdot 12} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 2,34 \cdot 12} = 0,1069 \Omega$$

Área não exposta:  $2 \cdot 2,34^2 + 3 \cdot 12 \cdot 2,34 = 95,1912 \text{ m}^2$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 95,1912} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 95,1912} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 95,1912} = 3,1527 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Fluxo total de calor:  $((23-7) / 0,1069) + ((20-7) / 3,1527 \cdot 10^{-2}) = 562,0176 \text{ W}$

$$E = 562,0176 \cdot 9000 = 5058158,40 \text{ J}$$

Temperatura:  $-5^\circ\text{C}$

Área exposta:  $2,34 \cdot 12 \text{ m}^2$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 2,34 \cdot 12} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 2,34 \cdot 12} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 2,34 \cdot 12} = 0,1781 \Omega$$

Área não exposta:  $2 \cdot 2,34^2 + 3 \cdot 12 \cdot 2,34 = 95,1912 \text{ m}^2$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 95,1912} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 95,1912} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 95,1912} = 5,2537 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Fluxo total de calor:  $((23-7) / 0,1781) + ((20-7) / 5,2537 \cdot 10^{-2}) = 337,2818 \text{ W}$

$$E = 337,2818 \cdot 9000 = 3035536,20 \text{ J}$$

- **Zero portas expostas e dois lados expostos:**

Temperatura:  $7^\circ\text{C}$

Área exposta:  $(2,34 \cdot 12) \cdot 2 \text{ m}^2$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot (2,34 \cdot 12) \cdot 2} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot (2,34 \cdot 12) \cdot 2} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot (2,34 \cdot 12) \cdot 2} = 3,8062 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Área não exposta:  $2 \cdot 2,34^2 + 2 \cdot 12 \cdot 2,34 = 67,1112 \text{ m}^2$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 67,1112} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 67,1112} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 67,1112} = 4,4723 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Fluxo total de calor:  $((23-7) / 3,8062 \cdot 10^{-3}) + ((20-7) / 4,4723 \cdot 10^{-2}) = 4494,3459W$   
 $E = 4494,3459 \times 9000 = 40449113,10J$

Temperatura:  $-5^{\circ}C$

Área exposta:  $(2,34 \cdot 12)^2 m^2$

Resistência total área exposta =  $\frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot (2,34 \cdot 12)^2} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot (2,34 \cdot 12)^2} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot (2,34 \cdot 12)^2} =$   
 $6,3427 \cdot 10^{-3} \Omega$

Área não exposta:  $2 \cdot 2,34^2 + 2 \cdot 12 \cdot 2,34 = 67,1112 m^2$

Resistência total área não exposta =  $\frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 67,1112} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 67,1112} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 67,1112} =$   
 $7,4519 \cdot 10^{-2} \Omega$

Fluxo total de calor:  $((23-7) / 6,3427 \cdot 10^{-3}) + ((20-7) / 7,4519 \cdot 10^{-2}) = 2697,0372W$   
 $E = 2697,0372 \times 9000 = 24273334,80J$

- **Duas portas expostas e zero lados expostos:**

Temperatura:  $7^{\circ}C$

Área exposta:  $2 \cdot 2,34^2 m^2$

Resistência total área exposta =  $\frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 2 \cdot 2,34^2} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 2 \cdot 2,34^2} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 2 \cdot 2,34^2} = 0,2740 \Omega$

Área não exposta:  $4 \cdot 12 \cdot 2,34 = 112,32 m^2$

Resistência total área não exposta =  $\frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 112,32} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 112,32} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 112,32} = 2,6719 \cdot 10^{-2}$   
 $\Omega$

Fluxo total de calor:  $((23-7) / 0,2740) + ((20-7) / 2,6719 \cdot 10^{-2}) = 544,9393W$   
 $E = 544,9393 \times 9000 = 4904453,70J$

Temperatura:  $-5^{\circ}C$

Área exposta:  $2 \cdot 2,34^2 m^2$

Resistência total área exposta =  $\frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 2 \cdot 2,34^2} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 2 \cdot 2,34^2} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 2 \cdot 2,34^2} = 0,4567 \Omega$

Área não exposta:  $4 \cdot 12 \cdot 2,34 = 112,32 m^2$

Resistência total área não exposta =  $\frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 112,32} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 112,32} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 112,32} =$   
 $4,4525 \cdot 10^{-2} \Omega$

Fluxo total de calor:  $((23-7) / 0,4567) + ((20-7) / 4,4525 \cdot 10^{-2}) = 327,0047W$   
 $E = 327,0047 \times 9000 = 2943042,30J$

- **Uma porta exposta e três lados expostos:**

Temperatura: 7°C

$$\text{Área exposta: } 2,34^2 + 3 * 12 * 2,34 = 89,7156 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*89,7156} + \frac{12*10^{-2}}{0,04*89,7156} + \frac{1*10^{-2}}{14*89,7156} = 3,3451*10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 2,34^2 + 12*2,34=33,5556\text{m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*33,5556} + \frac{12*10^{-2}}{0,04*33,5556} + \frac{1*10^{-2}}{14*33,5556} = 8,9434*10^{-2} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 3,3451*10^{-2}) + ((20-7) / 8,9434*10^{-2}) = 623,6701 \text{ W}$$

$$E = 623,6701 \times 9000 = 5613031,30\text{J}$$

Temperatura: -5°C

$$\text{Área exposta: } 2,34^2 + 3 * 12 * 2,34 = 89,7156 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*89,7156} + \frac{12*10^{-2}}{0,024*89,7156} + \frac{1*10^{-2}}{14*89,7156} = 5,5743*10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 2,34^2 + 12*2,34=33,5556\text{m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*33,5556} + \frac{12*10^{-2}}{0,024*33,5556} + \frac{1*10^{-2}}{14*33,5556} = 0,1490 \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 5,5743*10^{-2}) + ((20-7) / 0,1490) = 374,2799 \text{ W}$$

$$E = 374,2799 \times 9000 = 3368518,90\text{J}$$

- **Duas portas expostas e dois lados expostos:**

Temperatura: 7°C

$$\text{Área exposta: } 2 * 2,34^2 + 2 * 12 * 2,34 = 67,1112 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*67,1112} + \frac{12*10^{-2}}{0,04*67,1112} + \frac{1*10^{-2}}{14*67,1112} = 4,4718*10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 2*12*2,34=56,16\text{m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*56,16} + \frac{12*10^{-2}}{0,04*56,16} + \frac{1*10^{-2}}{14*56,16} = 5,3438*10^{-2} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 4,4718*10^{-2}) + ((20-7) / 5,3438*10^{-2}) = 601,0662 \text{ W}$$

$$E = 601,0662 \times 9000 = 5409595,80\text{J}$$

Temperatura: -5°C

$$\text{Área exposta: } 2 * 2,34^2 + 2 * 12 * 2,34 = 67,1112 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*67,1112} + \frac{12*10^{-2}}{0,024*67,1112} + \frac{1*10^{-2}}{14*67,1112} = 7,4519*10^{-2} \Omega$$

Área não exposta:  $2 \cdot 12 \cdot 2,34 = 56,16 \text{ m}^2$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 56,16} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 56,16} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 56,16} = 8,9051 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 7,4519 \cdot 10^{-2}) + ((20-7) / 8,9051 \cdot 10^{-2}) = 360,6941 \text{ W}$$

$$E = 360,6941 \times 9000 = 3246246,90 \text{ J}$$

- **Duas portas e três lados expostos:**

Temperatura:  $7^\circ\text{C}$

$$\text{Área exposta: } 2 \cdot 2,34^2 + 3 \cdot 12 \cdot 2,34 = 95,1912 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 95,1912} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 95,1912} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 95,1912} = 3,1527 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 12 \cdot 2,34 = 28,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 28,08} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 28,08} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 28,08} = 1,0688 \cdot 10^{-1} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 3,1527 \cdot 10^{-2}) + ((20-7) / 1,0688 \cdot 10^{-1}) = 629,1332 \text{ W}$$

$$E = 629,1332 \times 9000 = 5662199,19 \text{ J}$$

Temperatura:  $-5^\circ\text{C}$

$$\text{Área exposta: } 2 \cdot 2,34^2 + 3 \cdot 12 \cdot 2,34 = 95,1912 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 95,1912} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 95,1912} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 95,1912} = 5,2537 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 12 \cdot 2,34 = 28,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 28,08} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 28,08} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 28,08} = 1,7810 \cdot 10^{-1} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 5,2537 \cdot 10^{-2}) + ((20-7) / 1,7810 \cdot 10^{-1}) = 377,5400 \text{ W}$$

$$E = 377,5400 \times 9000 = 3397859,75 \text{ J}$$

- **Uma porta exposta e um lado exposto:**

Temperatura:  $7^\circ\text{C}$

$$\text{Área exposta: } 1 \cdot 2,34^2 + 1 \cdot 12 \cdot 2,34 = 33,5556 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 33,5556} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 33,5556} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 33,5556} = 8,9437 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 1 \cdot 2,34^2 + 3 \cdot 12 \cdot 2,34 = 89,7156 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 89,7156} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 89,7156} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 89,7156} =$$

$$3,3451 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 8,9437 \cdot 10^{-2}) + ((20-7) / 3,3451 \cdot 10^{-2}) = 567,525 \text{ W}$$

$$E = 567,525 \times 9000 = 5107725,18 \text{ J}$$

Temperatura:  $-5^{\circ}\text{C}$

$$\text{Área exposta: } 1 \cdot 2,34^2 + 1 \cdot 12 \cdot 2,34 = 33,5556 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 33,5556} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 33,5556} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 33,5556} =$$

$$1,4904 \cdot 10^{-1} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 1 \cdot 2,34^2 + 3 \cdot 12 \cdot 2,34 = 89,7156 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 89,7156} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 89,7156} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 89,7156} =$$

$$5,5744 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 1,4904 \cdot 10^{-1}) + ((20-7) / 5,5744 \cdot 10^{-2}) = 340,5627 \text{ W}$$

$$E = 340,5627 \times 9000 = 3065064,17 \text{ J}$$

- **Uma porta exposta e dois lados expostos:**

Temperatura:  $7^{\circ}\text{C}$

$$\text{Área exposta: } 1 \cdot 2,34^2 + 2 \cdot 12 \cdot 2,34 = 61,6356 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 61,6356} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 61,6356} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 61,6356} =$$

$$4,869 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 1 \cdot 2,34^2 + 2 \cdot 12 \cdot 2,34 = 61,6356 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 61,6356} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,04 \cdot 61,6356} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 61,6356} = 4,869 \cdot 10^{-2}$$

$$\Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 4,869 \cdot 10^{-2}) + ((20-7) / 4,869 \cdot 10^{-2}) = 595,6048 \text{ W}$$

$$E = 595,6048 \times 9000 = 5360443,20 \text{ J}$$

Temperatura:  $-5^{\circ}\text{C}$

$$\text{Área exposta: } 1 \cdot 2,34^2 + 2 \cdot 12 \cdot 2,34 = 61,6356 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 61,6356} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 61,6356} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 61,6356} =$$

$$8,113 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 1 \cdot 2,34^2 + 2 \cdot 12 \cdot 2,34 = 61,6356 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{52 \cdot 61,6356} + \frac{12 \cdot 10^{-2}}{0,024 \cdot 61,6356} + \frac{1 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 61,6356} =$$

$$8,113 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 8,113 \cdot 10^{-2}) + ((20-7) / 8,113 \cdot 10^{-2}) = 357,4510 \text{ W}$$

$$E = 357,4510 \times 9000 = 3217959,00 \text{ J}$$

- **Zero portas expostas e três lados expostos:**

Temperatura: 7°C

$$\text{Área exposta: } 0 * 2,34^2 + 3 * 12 * 2,34 = 84,2400 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*84,2400} + \frac{12*10^{-2}}{0,04*84,2400} + \frac{1*10^{-2}}{14*84,2400} = 3,562*10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 2 * 2,34^2 + 1 * 12 * 2,34 = 39,0320 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*39,0320} + \frac{12*10^{-2}}{0,04*39,0320} + \frac{1*10^{-2}}{14*39,0320} = 7,688*10^{-2} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 3,562*10^{-2}) + ((20-7) / 7,688*10^{-2}) = 618,2805 \text{ W}$$

$$E = 618,2805 * 9000 = 5564524,50 \text{ J}$$

Temperatura: -5°C

$$\text{Área exposta: } 0 * 2,34^2 + 3 * 12 * 2,34 = 84,2400 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*84,2400} + \frac{12*10^{-2}}{0,024*84,2400} + \frac{1*10^{-2}}{14*84,2400} = 5,936*10^{-2} \Omega$$

$$\text{Área não exposta: } 2 * 2,34^2 + 1 * 12 * 2,34 = 39,0320 \text{ m}^2$$

$$\text{Resistência total área não exposta} = \frac{2*10^{-2}}{52*39,0320} + \frac{12*10^{-2}}{0,024*39,0320} + \frac{1*10^{-2}}{14*39,0320} = 1,2812*10^{-1} \Omega$$

$$\text{Fluxo total de calor: } ((23-7) / 5,936*10^{-2}) + ((20-7) / 1,2812*10^{-1}) = 371,0092 \text{ W}$$

$$E = 371,0092 * 9000 = 3339082,80 \text{ J}$$

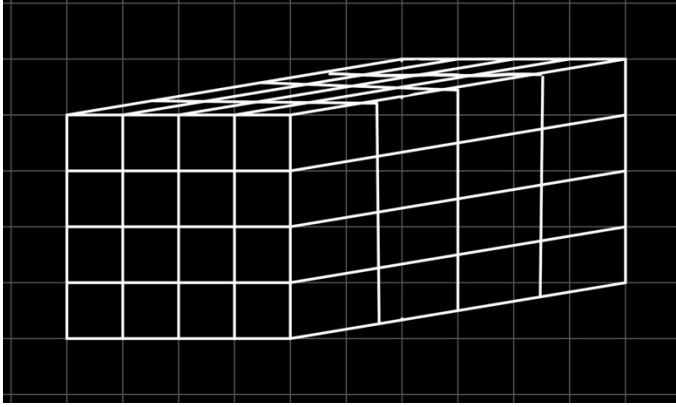
## **US415 (João Araújo e Maria Marques)**

Considerando que cada gerador tem como potência máxima 75KW, ou seja, 75000W e que o tempo de viagem é de 2h30min, ou seja, 9000s.

Tendo em conta que existem 64 contentores empilhados em forma de 4x4x4 contentores:

- 12 contentores de 7°C sem qualquer lado exposto
- 12 contentores de -5°C com 1 porta exposta
- 4 contentores de 7°C com 2 lados expostos e 1 porta exposta
- 16 contentores de -5°C com 1 lado exposto e 1 porta exposta
- 16 contentores de 7°C com 1 lado exposto
- 4 contentores de -5°C com 2 lados expostos





$$E_{total} = 12 \times 4\,814\,814,82 + 12 \times 2\,913\,463,80 + 4 \times 5\,360\,443,20 + 16 \times 3\,065\,064,17 + 16 \times 5\,058\,158,40 + 4 \times 24\,273\,334,80 = 341246016,60J$$

$$P = \frac{E_{total}}{9000s} = \frac{341246016,60}{9000} \approx 37\,916,22W \approx 38KW$$

$$N^{\circ} \text{ geradores} = \frac{37916,22}{75000} = 0,50$$

Logo 1 gerador é suficiente.