

Prepared By:

1201205 - Samuel Dias

1201367 - Carlos Santos

1201416 - Pedro Alves

1211136 - Bruna Costa

1211201 - Henrique Pinto

FSIAP SPRINT 2

2022-2023



ÍNDICE

INTRODUÇÃO	4
DESCRIÇÃO	5
US406	6
ZONA C	6
ZONA D	7
ZONA E	7
US407	9
TEMPERATURA EXTERIOR A 20 °C	9
ZONA A	9
ZONA B	9
ZONA C	10
ZONA D	11
ZONA E	11
ESTRUTURA FINAL	12
TEMPERATURA EXTERIOR A 28 °C	12
ZONA A	12
ZONA B	12
ZONA C	13
ZONA D	14
ZONA E	14
ESTRUTURA FINAL	15
US408	16
RESISTÊNCIAS	16
ZONA C	16
ZONA D	18
ZONA E	18
ZONAS A/B	19
ENERGIAS	19
ZONA A	19
ZONA B	19
ZONA C	20
ZONA D	20
ZONA E	21
GLOBAL	21
US409	22
ESTRUTURA US407	22
ZONA A	22
ZONA B	22
ZONA C	22
ZONA D	22
ZONA E	23
ESTRUTURA US408	23
ZONA A	23
ZONA B	23

<i>ZONA C</i>	23
<i>ZONA D</i>	23
<i>ZONA E</i>	23
<i>GLOBAL</i>	23
SISTEMA DE AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO	23
CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta todo o desenvolvimento do SPRINT 2 do Projeto Integrador, no terceiro semestre da Licenciatura em Engenharia Informática no Instituto Superior de Engenharia do Porto, no âmbito da disciplina Física Aplicada (FSIAP).

O projeto realizado consiste no cálculo de energias e potências de uma estrutura previamente criada. De modo a alcançar os objetivos propostos, utilizaram-se as noções teóricas sobre resistência térmica, fluxo de calor, energia necessária e potência, lecionadas no decorrer da unidade curricular e aplicadas no primeiro trabalho “Resistência e Energia – Térmica”.

Após a realizada uma investigação sobre diferentes tipos de materiais, da construção de uma estrutura que respeitasse esses atributos e do cálculo da resistência térmica da estrutura previamente adquirida, foram calculadas as energias de uma zona após a alteração de materiais e espessuras e foi escolhido um sistema de aquecimento e arrefecimento que abrange todas as zonas.

DESCRIÇÃO

No enunciado do Projeto Integrador, no âmbito da disciplina de Física Aplicada (FSIAP), pretende-se construir um espaço físico grande como um armazém agrícola, com as seguintes dimensões: 10 metros de largura, 20 metros de comprimento e 5 metros de altura. O espaço interior pode ser dividido em 5 zonas (podem ter dimensões equivalentes), por forma a poder suportar diferentes temperaturas.

Uma zona, considerada a zona A, contém a porta de acesso e a receção e terá um maior contacto direto com o exterior e uma temperatura de 5 °C abaixo da temperatura ambiente considerada, dado que é a zona preferencial de receção e distribuição para os restantes espaços.

Uma outra zona, considerada a zona B, não tem ligação interior às restantes, tendo apenas ligação direta ao exterior, mantendo uma temperatura de 5 °C abaixo da temperatura exterior que for considerada. Esta zona será associada ao armazenamento de produtos e/ou de excedentes de produção.

Na zona C, a temperatura no seu interior será de -10 °C. Num outro espaço D, a temperatura interior será de 0 °C. O terceiro espaço estará a uma temperatura de 10 °C, e será considerada a zona E.

Neste segundo SPRINT, assumindo a estrutura criada anteriormente, com os espaços interiores às temperaturas indicadas, e assumindo que o ambiente exterior à estrutura apresenta uma temperatura, pretende-se saber as energias necessárias para manter as zonas e a estrutura grande com as temperaturas interiores solicitadas, após uma mudança dos materiais das paredes bem como das suas espessuras. Calculou-se a potência do sistema necessário para o arrefecimento total da estrutura, por hora, e, por fim, obteve-se um sistema de aquecimento e arrefecimento capaz de satisfazer todos os requisitos de temperatura estabelecidos.

US406

Pretende-se saber qual a energia necessária para manter os espaços ou zonas com as temperaturas interiores solicitadas, por cada hora de funcionamento, com uma temperatura exterior, a estas zonas na ordem dos 15 °C.

1. Determinar a energia total a fornecer, à zona C com temperatura interior de funcionamento de -10 °C
2. Determinar a energia total a fornecer, à zona D com temperatura interior de funcionamento de 0 °C
3. Determinar a energia total a fornecer, à zona E com temperatura interior de funcionamento de 10 °C

ZONA C

Neste ponto pretende-se determinar a energia necessária para manter uma temperatura num espaço fechado. Foi idealizada uma situação onde a temperatura exterior é de 15 °C. No caso da zona C pretende-se manter a temperatura interior de -10 °C.

$$E = Q * t \quad q = \left(\frac{Q}{\Delta t} \right) = \frac{\Delta T}{R_t} \quad t = 1 \text{ hora} = 1 * 3600 \text{ segundos} = 3600s$$

Através dos cálculos realizados anteriormente, é possível obter a resistência da zona C.

$$R_{(Zona C)} = R_{(Parede Sem Porta)} + R_{(Parede C-A)} + R_{(Parede C-E)} + R_{(Parede C-D)}$$

$$R_{(Zona C)} = 9,8 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$\Delta T_{Temperatura Interior} = 15 - (-10) = 25 \text{ °C}$$

$$q_{(Parede Sem Porta)} = \frac{25}{2,1 * 10^{-2}} = 1190.4762 \text{ W}$$

$$q_{(Parede C-A)} = \frac{25}{3,1 * 10^{-2}} = 806.4516 \text{ W}$$

$$q_{(Parede C-E)} = \frac{25}{3,1 * 10^{-2}} = 806.4516 \text{ W}$$

$$q_{(Parede C-D)} = \frac{25}{1,5 * 10^{-2}} = 1666.6667 \text{ W}$$

$$q_{(Total)} = q_{(Parede Sem Porta)} + q_{(Parede C-A)} + q_{(Parede C-E)} + q_{(Parede C-D)} = 4470.0461 \text{ W}$$

Com o valor de q calculado para a temperatura interior de -10 °C e exterior de 15 °C, é possível calcular a energia.

$$E_{Temperatura Interior} = q * t = 4470.0461 * 3600 = 16092165.96 = 1,61 * 10^7 \text{ J}$$

ZONA D

Neste ponto pretende-se determinar a energia necessária para manter uma temperatura num espaço fechado. Foi idealizada uma situação onde a temperatura exterior é de 15 °C. No caso da zona D pretende-se manter a temperatura interior a 0 °C.

$$E = Q * t \quad q = \left(\frac{Q}{\Delta t} \right) = \frac{\Delta T}{R_t} \quad t = 1 \text{ hora} = 1 * 3600 \text{ segundos} = 3600s$$

Através dos cálculos realizados anteriormente, é possível obter a resistência da zona D.

$$R_{(Zona D)} = R_{(Parede D-C)} + R_{(Parede D-B)} + R_{(Parede D-A)} + R_{(Parede Horizontal)}$$

$$R_{(Zona D)} = 7,4 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$\Delta T_{Temperatura Interior} = 15 - 0 = 15 \text{ °C}$$

$$q_{(Parede D-C)} = \frac{15}{1,5 * 10^{-2}} = 1000 \text{ W}$$

$$q_{(Parede D-B)} = \frac{15}{1,9 * 10^{-2}} = 789,4737 \text{ W}$$

$$q_{(Parede D-A)} = \frac{15}{1,9 * 10^{-2}} = 789,4737 \text{ W}$$

$$q_{(Parede Horizontal)} = \frac{15}{2,1 * 10^{-2}} = 714,2857 \text{ W}$$

$$q_{(Total)} = q_{(Parede D-C)} + q_{(Parede D-B)} + q_{(Parede D-A)} + q_{(Parede Horizontal)} = 3293,2331 \text{ W}$$

Com o valor de q calculado para a temperatura interior de 0 °C e exterior de 15 °C, é possível calcular a energia.

$$E_{Temperatura Interior} = q * t = 3293,2331 * 3600 = 11855639,16 = 1,19 * 10^7 \text{ J}$$

ZONA E

Neste ponto pretende-se determinar a energia necessária para manter uma temperatura num espaço fechado. Foi idealizada uma situação onde a temperatura exterior é de 15 °C. No caso da zona E pretende-se manter a temperatura interior a 10 °C.

$$E = Q * t \quad q = \left(\frac{Q}{\Delta t} \right) = \frac{\Delta T}{R_t} \quad t = 1 \text{ hora} = 1 * 3600 \text{ segundos} = 3600s$$

Através dos cálculos realizados anteriormente, é possível obter a resistência da zona E.

$$R_{(Zona E)} = R_{(Parede E-C)} + R_{(Parede E-B)} + R_{(Parede e Telhado)} + R_{(Parede Exterior)}$$

$$R_{(Divisão E)} = 1,2 * 10^{-1} \text{ k/W}$$

$$\Delta T_{Temperatura Interior Minima} = 15 - 10 = 5 \text{ °C}$$

$$q_{(Parede\ E-C)} = \frac{5}{3,1 * 10^{-2}} = 161,2903\ W$$

$$q_{(Parede\ E-B)} = \frac{5}{1,9 * 10^{-2}} = 263,1579\ W$$

$$q_{(Parede\ e\ Telhado)} = \frac{5}{3,9 * 10^{-2}} = 128,2051\ W$$

$$q_{(Parede\ Exterior)} = \frac{5}{2,8 * 10^{-2}} = 178,5714\ W$$

$$q_{(Total)} = q_{(Parede\ E-C)} + q_{(Parede\ E-B)} + q_{(Parede\ e\ Telhado)} + q_{(Parede\ Exterior)} = 731.2247\ W$$

Com o valor de q calculado para a temperatura interior de 10 °C e exterior de 15 °C, é possível calcular a energia.

$$E_{Temperatura\ Interior\ Máxima} = q * t = 731.2247 * 3600 = 2632408,92 = 2,63 * 10^6\ J$$

US407

Pretende-se saber qual a energia total a fornecer, a toda a estrutura, estrutura grande com todas as suas divisões interiores mantidas às temperaturas indicadas anteriormente.

1. 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.
2. 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.

TEMPERATURA EXTERIOR A 20 °C

ZONA A

Esta zona possui duas paredes em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona E e outra com a zona D.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 20^{\circ} \quad T_{(Zona A)} = 15^{\circ} \quad T_{(Zona C)} = -10^{\circ} \quad T_{(Zona D)} = 0^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Garagem)} = \frac{(20 - 15)}{2,6 * 10^{-2}} * 3600 \approx 6,92 * 10^5 J/h$$

$$\Delta Q_{(Janela)} = \frac{(20 - 15)}{9,1 * 10^{-3}} * 3600 \approx 1,98 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Horizontal)} = \frac{(20 - 15)}{7,4 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,43 * 10^5 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede A-D)} = \frac{(0 - 15)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx -2,84 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede A-C)} = \frac{(-10 - 15)}{3,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx -2,90 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona A)} \approx -2,84 * 10^6 J/h$$

ZONA B

Esta zona possui três paredes em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona C e outra com a zona D.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 20^{\circ} \quad T_{(Zona B)} = 15^{\circ} \quad T_{(Zona E)} = 10^{\circ} \quad T_{(Zona D)} = 0^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Vertical)} = \frac{(20 - 15)}{8,3 * 10^{-3}} * 3600 \approx 2,17 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Porta Dupla)} = \frac{(20 - 15)}{9,6 * 10^{-3}} * 3600 \approx 1,88 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede B-D)} = \frac{(0 - 15)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx -2,84 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede B-E)} = \frac{(10 - 15)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx -9,47 * 10^5 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona B)} \approx 2,63 * 10^5 J/h$$

ZONA C

Esta zona possui uma parede em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona D, uma em contacto com a zona A e outra com a zona E.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 20^{\circ} \quad T_{(Zona C)} = -10^{\circ} \quad T_{(Zona E)} = 10^{\circ} \quad T_{(Zona D)} = 0^{\circ} \quad T_{(Zona A)} = 15^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Exterior)} = \frac{(20 - (-10))}{2,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 5,14 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede C-A)} = \frac{(15 - (-10))}{3,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,90 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede C-E)} = \frac{(10 - (-10))}{3,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,32 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede C-D)} = \frac{(0 - (-10))}{1,5 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,40 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona C)} \approx 1,28 * 10^7 J/h$$

ZONA D

Esta zona possui uma parede em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona B, uma em contacto com a zona A e outra com a zona C.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 20^{\circ} \quad T_{(Zona D)} = 0^{\circ} \quad T_{(Zona B/Zona A)} = 15^{\circ} \quad T_{(Zona C)} = -10^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Exterior)} = \frac{(20 - 0)}{2,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 3,43 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede D-C)} = \frac{(-10 - 0)}{1,5 * 10^{-2}} * 3600 \approx -2,40 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede D-A)} = \frac{(15 - 0)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,84 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede D-B)} = \frac{(15 - 0)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,84 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona D)} \approx 6,71 * 10^6 J/h$$

ZONA E

Esta zona possui duas paredes em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona B e outra com a zona C.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 20^{\circ} \quad T_{(Zona E)} = 10^{\circ} \quad T_{(Zona B)} = 15^{\circ} \quad T_{(Zona C)} = -10^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Horizontal)} = \frac{(20 - 10)}{2,8 * 10^{-2}} * 3600 \approx 1,29 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Vertical)} = \frac{(20 - 10)}{3,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 9,23 * 10^5 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede E-B)} = \frac{(15 - 10)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 9,47 * 10^5 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede E-C)} = \frac{(-10 - 10)}{3,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx -2,32 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona E)} \approx 8,4 * 10^5 J/h$$

ESTRUTURA FINAL

Por fim, já com os cálculos das temperaturas das cinco zonas, o cálculo final da estrutura grande é uma simples soma entre os cinco valores obtidos previamente.

$$\Delta Q_{(Estrutura a 20^\circ)} = \Delta Q_{(Zona A)} + \Delta Q_{(Zona B)} + \Delta Q_{(Zona C)} + \Delta Q_{(Zona D)} + \Delta Q_{(Zona E)}$$

$$\Delta Q_{(Estrutura a 20^\circ)} = 1,78 * 10^7 J/h$$

TEMPERATURA EXTERIOR A 28 °C

ZONA A

Esta zona possui duas paredes em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona E e outra com a zona D.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 28^\circ \quad T_{(Zona A)} = 23^\circ \quad T_{(Zona C)} = -10^\circ \quad T_{(Zona D)} = 0^\circ$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Garagem)} = \frac{(28 - 23)}{2,6 * 10^{-2}} * 3600 \approx 6,92 * 10^5 J/h$$

$$\Delta Q_{(Janela)} = \frac{(28 - 23)}{9,1 * 10^{-3}} * 3600 \approx 1,98 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Horizontal)} = \frac{(28 - 23)}{7,4 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,43 * 10^5 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede A-D)} = \frac{(0 - 23)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx -4,36 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede A-C)} = \frac{(-10 - 23)}{3,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx -3,83 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona A)} \approx -5,28 * 10^6 J/h$$

ZONA B

Esta zona possui três paredes em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona C e outra com a zona D.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 28^{\circ} \quad T_{(Zona B)} = 23^{\circ} \quad T_{(Zona E)} = 10^{\circ} \quad T_{(Zona D)} = 0^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Vertical)} = \frac{(28 - 23)}{8,3 * 10^{-3}} * 3600 \approx 2,17 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Porta Dupla)} = \frac{(28 - 23)}{9,6 * 10^{-3}} * 3600 \approx 1,88 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede B-D)} = \frac{(0 - 23)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx -4,36 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede B-E)} = \frac{(10 - 23)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx -2,46 * 10^5 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona B)} \approx -5,56 * 10^5 J/h$$

ZONA C

Esta zona possui uma parede em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona D, uma em contacto com a zona A e outra com a zona E.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 28^{\circ} \quad T_{(Zona C)} = -10^{\circ} \quad T_{(Zona E)} = 10^{\circ} \quad T_{(Zona D)} = 0^{\circ} \quad T_{(Zona A)} = 23^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Exterior)} = \frac{(28 - (-10))}{2,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 6,51 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede C-A)} = \frac{(23 - (-10))}{3,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 3,83 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede C-E)} = \frac{(10 - (-10))}{3,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,32 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede C-D)} = \frac{(0 - (-10))}{1,5 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,40 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona C)} \approx 1,50 * 10^7 J/h$$

ZONA D

Esta zona possui uma parede em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona B, uma em contacto com a zona A e outra com a zona C.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 28^{\circ} \quad T_{(Zona D)} = 0^{\circ} \quad T_{(Zona B/Zona A)} = 23^{\circ} \quad T_{(Zona C)} = -10^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Exterior)} = \frac{(28 - 0)}{2,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 4,80 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede D-C)} = \frac{(-10 - 0)}{1,5 * 10^{-2}} * 3600 \approx -2,40 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede D-A)} = \frac{(23 - 0)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 4,38 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede D-B)} = \frac{(23 - 0)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 4,38 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona D)} \approx 1,11 * 10^7 J/h$$

ZONA E

Esta zona possui duas paredes em contacto com o exterior, uma em contacto com a zona B e outra com a zona C.

Através dos cálculos realizados previamente, é possível obter a resistência de cada parede, utilizada posteriormente para o cálculo.

$$T_{(Exterior)} = 28^{\circ} \quad T_{(Zona E)} = 10^{\circ} \quad T_{(Zona B)} = 23^{\circ} \quad T_{(Zona C)} = -10^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Horizontal)} = \frac{(28 - 10)}{2,8 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,31 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Vertical)} = \frac{(28 - 10)}{3,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 1,66 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede E-B)} = \frac{(23 - 10)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,46 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede E-C)} = \frac{(-10 - 10)}{3,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx -2,32 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona\ E)} \approx 4,11 * 10^6\ J/h$$

ESTRUTURA FINAL

Por fim, já com os cálculos das temperaturas das cinco zonas, o cálculo final da estrutura grande é uma simples soma entre os cinco valores obtidos previamente.

$$\Delta Q_{(Estrutura\ a\ 28^{\circ})} = \Delta Q_{(Zona\ A)} + \Delta Q_{(Zona\ B)} + \Delta Q_{(Zona\ C)} + \Delta Q_{(Zona\ D)} + \Delta Q_{(Zona\ E)}$$

$$\Delta Q_{(Estrutura\ a\ 28^{\circ})} = 2,44 * 10^7\ J/h$$

US408

Pretende-se determinar quais as alterações nas paredes da estrutura anterior, por forma a usar uma menor energia a fornecer a toda a estrutura, estrutura grande com todas as suas divisões interiores mantidas às temperaturas indicadas, considerando uma alteração nos materiais, exclusivamente nas paredes partilhadas a funcionarem às temperaturas mais baixas.

1. Indicar quais as alterações de materiais e suas características a usar nas paredes partilhadas.
2. Determinar a energia total a fornecer, a toda a estrutura, com as alterações introduzidas nas paredes partilhadas, admitindo uma temperatura exterior de 20 °C e por hora de funcionamento.

RESISTÊNCIAS

Previamente havia sido definido que os materiais constituintes das paredes das zonas C, D e E seriam tijolo (camadas externa e interna) e espuma de poliestireno expandido (EPS, camada intermédia).

$$k_{(Tijolo)} = 0,60 \text{ K/Wm}$$

$$k_{(EPS)} = 0,12 \text{ K/Wm}$$

A energia a fornecer à estrutura é diretamente proporcional à resistência. Assim sendo, caso ocorra uma diminuição da espessura previamente definida (0,10 metros de espessura, camada intermédia de 0,06 metros as camadas externa e interna 0,02 metros), a energia necessária a fornecer também será inferior. Logo, a nova estrutura definida terá os mesmos materiais, mas uma espessura de 0,07 metros totais, 0,015 metros de espessura de cada camada de tijolo e 0,04 metros de espessura de EPS. Agora, é necessário calcular a resistência de todas as paredes, começando pelas portas.

$$R_a = \frac{L_a}{k_a * A}$$

$$A_{(Porta)} = 2 * 1 = 2 \text{ m}^2 \quad L_{(Madeira)} = 0,01 \text{ m} \quad L_{(Espuma)} = 0,03 \text{ m}$$

$$R_{(Madeira)} = \frac{L_{(Madeira)}}{k_{(Madeira)} * A} = \frac{0,01}{0,13 * 2} = 3,9 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$R_{(Espuma)} = \frac{L_{(Espuma)}}{k_{(Espuma)} * A} = \frac{0,03}{0,03 * 2} = 5,0 * 10^{-1} \text{ k/W}$$

$$R_{(Porta)} = R_{(Madeira)} + R_{(Espuma)} = 5,4 * 10^{-1} \text{ k/W}$$

ZONA C

Aqui, serão calculadas as resistências das paredes que dividem a zona C com a zona A, D e E, respetivamente.

$$A_{(Parede C-A)} = 4 * 5 = 20 \text{ m}^2$$

$$R_{(EPS)} = \frac{L_{(EPS)}}{k_{(EPS)} * A} = \frac{0,04}{0,12 * 20} = 1,7 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$R_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} = \frac{L_{(Tijolo \text{ Cerâmico})}}{k_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} * A} = \frac{0,015}{0,6 * 20} = 1,3 * 10^{-3} \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede \text{ Sem Porta})} = R_{(EPS)} + 2 * R_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} = 1,9 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$\frac{1}{R_{(Parede \text{ C-A})}} = \frac{1}{R_{(Parede \text{ Sem Porta})}} + \frac{1}{R_{(Porta)}} = 5,4 * 10^2 \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede \text{ C-A})} = 1,8 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

Agora, será calculada a resistência entre as paredes C e D, que consiste na segunda parede a ser considerada.

$$A_{(Parede \text{ C-D})} = 6 * 5 = 30 \text{ m}^2$$

$$R_{(EPS)} = \frac{L_{(EPS)}}{k_{(EPS)} * A} = \frac{0,04}{0,12 * 30} = 1,1 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$R_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} = \frac{L_{(Tijolo \text{ Cerâmico})}}{k_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} * A} = \frac{0,015}{0,6 * 30} = 8,3 * 10^{-4} \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede \text{ Sem Porta})} = R_{(EPS)} + 2 * R_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} = 1,3 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$\frac{1}{R_{(Parede \text{ C-D})}} = \frac{1}{R_{(Parede \text{ Sem Porta})}} + \frac{1}{R_{(Porta)}} = 7,8 * 10^2 \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede \text{ C-D})} = 1,3 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

Por fim, será calculada a resistência entre as paredes C e E, que corresponde ao cálculo final desta zona.

$$A_{(Parede \text{ C-E})} = 4 * 5 = 20 \text{ m}^2$$

$$R_{(EPS)} = \frac{L_{(EPS)}}{k_{(EPS)} * A} = \frac{0,04}{0,12 * 20} = 1,7 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$R_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} = \frac{L_{(Tijolo \text{ Cerâmico})}}{k_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} * A} = \frac{0,015}{0,6 * 20} = 1,3 * 10^{-3} \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede \text{ Sem Porta})} = R_{(EPS)} + 2 * R_{(Tijolo \text{ Cerâmico})} = 1,9 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$\frac{1}{R_{(Parede \text{ C-E})}} = \frac{1}{R_{(Parede \text{ Sem Porta})}} + \frac{1}{R_{(Porta)}} = 5,4 * 10^2 \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede \text{ C-E})} = 1,8 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

ZONA D

Aqui, serão calculadas as resistências das paredes que dividem a zona D com a zonas B e A respetivamente. A parede de divisão entre as zonas D e C não será calculada uma vez que os cálculos já foram apresentados previamente.

$$A_{(Parede D-A)} = 6 * 5 = 30 \text{ m}^2$$

$$R_{(EPS)} = \frac{L_{(EPS)}}{k_{(EPS)} * A} = \frac{0,04}{0,12 * 30} = 1,1 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$R_{(Tijolo Cerâmico)} = \frac{L_{(Tijolo Cerâmico)}}{k_{(Tijolo Cerâmico)} * A} = \frac{0,015}{0,6 * 30} = 8,3 * 10^{-4} \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede Sem Porta)} = R_{(EPS)} + 2 * R_{(Tijolo Cerâmico)} = 1,3 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$\frac{1}{R_{(Parede D-A)}} = \frac{1}{R_{(Parede Sem Porta)}} + \frac{1}{R_{(Porta)}} = 7,8 * 10^2 \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede D-A)} = 1,3 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

Agora, será calculada a resistência entre as paredes D e B, que consiste na segunda parede a ser considerada.

$$A_{(Parede D-B)} = 6 * 5 = 30 \text{ m}^2$$

$$R_{(EPS)} = \frac{L_{(EPS)}}{k_{(EPS)} * A} = \frac{0,04}{0,12 * 30} = 1,1 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$R_{(Tijolo Cerâmico)} = \frac{L_{(Tijolo Cerâmico)}}{k_{(Tijolo Cerâmico)} * A} = \frac{0,015}{0,6 * 30} = 8,3 * 10^{-4} \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede Sem Porta)} = R_{(EPS)} + 2 * R_{(Tijolo Cerâmico)} = 1,3 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$\frac{1}{R_{(Parede D-B)}} = \frac{1}{R_{(Parede Sem Porta)}} + \frac{1}{R_{(Porta)}} = 7,8 * 10^2 \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede D-B)} = 1,3 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

ZONA E

Aqui, serão calculadas as resistências das paredes que dividem a zona E com a zona B, respetivamente. A parede de divisão entre as zonas E e C não será calculada uma vez que os cálculos já foram apresentados previamente.

$$A_{(Parede E-B)} = 6 * 5 = 30 \text{ m}^2$$

$$R_{(EPS)} = \frac{L_{(EPS)}}{k_{(EPS)} * A} = \frac{0,04}{0,12 * 30} = 1,1 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$R_{(Tijolo Cerâmico)} = \frac{L_{(Tijolo Cerâmico)}}{k_{(Tijolo Cerâmico)} * A} = \frac{0,015}{0,6 * 30} = 8,3 * 10^{-4} \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede Sem Porta)} = R_{(EPS)} + 2 * R_{(Tijolo Cerâmico)} = 1,3 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

$$\frac{1}{R_{(Parede E-B)}} = \frac{1}{R_{(Parede Sem Porta)}} + \frac{1}{R_{(Porta)}} = 7,8 * 10^2 \text{ k/W}$$

$$R_{(Parede E-B)} = 1,3 * 10^{-2} \text{ k/W}$$

ZONAS A/B

Como todas as paredes que dividem estas zonas foram calculadas nas três zonas prévias, não é necessário realizar nenhum cálculo específico.

ENERGIAS

Com as resistências previamente calculadas, é possível determinar, através de cálculos, a energia que é necessária estabelecer.

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

ZONA A

$$T_{(Exterior)} = 20^\circ \quad T_{(Zona A)} = 15^\circ \quad T_{(Zona C)} = -10^\circ \quad T_{(Zona D)} = 0^\circ$$

$$\Delta Q_{(Garagem)} = \frac{(20 - 15)}{2,6 * 10^{-2}} * 3600 \approx 6,92 * 10^5 \text{ J/h}$$

$$\Delta Q_{(Janela)} = \frac{(20 - 15)}{9,1 * 10^{-3}} * 3600 \approx 1,98 * 10^6 \text{ J/h}$$

$$\Delta Q_{(Horizontal)} = \frac{(20 - 15)}{2,8 * 10^{-2}} * 3600 \approx 6,43 * 10^5 \text{ J/h}$$

$$\Delta Q_{(Parede A-D)} = \frac{(0 - 15)}{1,3 * 10^{-2}} * 3600 \approx -4,23 * 10^6 \text{ J/h}$$

$$\Delta Q_{(Parede A-C)} = \frac{(-10 - 15)}{1,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx -4,86 * 10^6 \text{ J/h}$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona A)} \approx -5,8 * 10^6 \text{ J/h}$$

ZONA B

$$T_{(Exterior)} = 20^\circ \quad T_{(Zona B)} = 15^\circ \quad T_{(Zona E)} = 10^\circ \quad T_{(Zona D)} = 0^\circ$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Vertical)} = \frac{(20 - 15)}{8,3 * 10^{-3}} * 3600 \approx 2,17 * 10^6 \text{ J/h}$$

$$\Delta Q_{(Porta Dupla)} = \frac{(20 - 15)}{9,6 * 10^{-3}} * 3600 \approx 1,88 * 10^6 \text{ J/h}$$

$$\Delta Q_{(Parede\ B-D)} = \frac{(0 - 15)}{1,3 * 10^{-2}} * 3600 \approx -4,23 * 10^6\ J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede\ B-E)} = \frac{(10 - 15)}{1,3 * 10^{-2}} * 3600 \approx -1,34 * 10^6\ J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona\ B)} \approx -1,5 * 10^6\ J/h$$

ZONA C

$$T_{(Exterior)} = 20^\circ \quad T_{(Zona\ C)} = -10^\circ \quad T_{(Zona\ E)} = 10^\circ \quad T_{(Zona\ D)} = 0^\circ \quad T_{(Zona\ A)} = 15^\circ$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Exterior)} = \frac{(20 - (-10))}{2,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 5,14 * 10^6\ J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede\ C-A)} = -\Delta Q_{(Parede\ A-C)} \approx 4,86 * 10^6\ J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede\ C-E)} = \frac{(10 - (-10))}{1,8 * 10^{-2}} * 3600 \approx 4,00 * 10^6\ J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede\ C-D)} = \frac{(0 - (-10))}{1,3 * 10^{-2}} * 3600 \approx 2,88 * 10^6\ J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona\ C)} \approx 1,7 * 10^7\ J/h$$

ZONA D

$$T_{(Exterior)} = 20^\circ \quad T_{(Zona\ D)} = 0^\circ \quad T_{(Zona\ B/Zona\ A)} = 15^\circ \quad T_{(Zona\ C)} = -10^\circ$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Exterior)} = \frac{(20 - 0)}{2,1 * 10^{-2}} * 3600 \approx 3,43 * 10^6\ J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede\ D-C)} = -\Delta Q_{(Parede\ C-D)} \approx -2,88 * 10^6\ J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede\ D-A)} = \Delta Q_{(Parede\ A-D)} \approx 4,23 * 10^6\ J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede\ D-B)} = -\Delta Q_{(Parede\ B-D)} \approx 4,23 * 10^6\ J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona\ D)} \approx 9,0 * 10^6\ J/h$$

ZONA E

$$T_{(Exterior)} = 20^{\circ} \quad T_{(Zona E)} = 10^{\circ} \quad T_{(Zona B)} = 15^{\circ} \quad T_{(Zona C)} = -10^{\circ}$$

$$\Delta Q = I * \Delta t = \frac{\Delta T}{R_t} * \Delta t$$

$$\Delta Q_{(Horizontal)} = \frac{(20 - 10)}{2,8 * 10^{-2}} * 3600 \approx 1,29 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Vertical)} = \frac{(20 - 10)}{3,9 * 10^{-2}} * 3600 \approx 9,23 * 10^5 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede E-B)} = -\Delta Q_{(Parede B-E)} \approx 1,34 * 10^6 J/h$$

$$\Delta Q_{(Parede E-C)} = -\Delta Q_{(Parede C-E)} \approx 4,00 * 10^6 J/h$$

A temperatura final da zona consiste na soma das temperaturas calculadas previamente.

$$\Delta Q_{(Zona E)} \approx 7,6 * 10^5 J/h$$

GLOBAL

Por fim, já com os cálculos das temperaturas das cinco zonas, o cálculo final da estrutura grande é uma simples soma entre os cinco valores obtidos previamente.

$$\Delta Q_{(Estrutura a 20^{\circ})} = \Delta Q_{(Zona A)} + \Delta Q_{(Zona B)} + \Delta Q_{(Zona C)} + \Delta Q_{(Zona D)} + \Delta Q_{(Zona E)}$$

$$\Delta Q_{(Estrutura a 28^{\circ})} = 1,94 * 10^7 J/h$$

US409

Pretende-se determinar a potência do sistema necessário para o arrefecimento da estrutura total, por cada hora de funcionamento.

1. Determinar a potência necessária para arrefecer cada uma das zonas, ou espaços, individualmente ou global. Considerar a estrutura que usou nos cálculos do ponto 7, e para as duas situações de temperatura exterior consideradas.
2. Determinar a potência necessária para arrefecer cada uma das zonas, ou espaços, individualmente ou global. Considerar a estrutura que usou nos cálculos do ponto 8, estrutura que foi sujeita a alterações de melhoramento térmico.
3. Otimizar o número de sistemas de arrefecimento para a estrutura total. Considerar a estrutura que usou nos cálculos do ponto 8, estrutura que foi sujeita a alterações de melhoramento térmico.

$$\frac{J}{h} = \frac{J}{3600} \quad 3600 = 1h$$

$$P = \frac{\Delta Q}{3600}$$

ESTRUTURA US407

Aqui, serão consideradas as duas temperaturas exteriores previamente utilizadas, 20° e 28°.

ZONA A

$$P_{(20^\circ)} = \frac{-2,89 * 10^6}{3600} = -7,9 * 10^2 W$$

$$P_{(28^\circ)} = \frac{-5,28 * 10^6}{3600} = -1,5 * 10^2 W$$

ZONA B

$$P_{(20^\circ)} = \frac{2,63 * 10^5}{3600} = 7,3 * 10^1 W$$

$$P_{(28^\circ)} = \frac{-5,56 * 10^5}{3600} = -1,5 * 10^2 W$$

ZONA C

$$P_{(20^\circ)} = \frac{1,28 * 10^7}{3600} = 3,6 * 10^3 W$$

$$P_{(28^\circ)} = \frac{1,50 * 10^7}{3600} = 4,2 * 10^3 W$$

ZONA D

$$P_{(20^\circ)} = \frac{6,71 * 10^6}{3600} = 1,9 * 10^3 W$$

$$P_{(28^{\circ})} = \frac{1,11 * 10^7}{3600} = 3,1 * 10^3 W$$

ZONA E

$$P_{(20^{\circ})} = \frac{8,40 * 10^5}{3600} = 2,3 * 10^2 W$$

$$P_{(28^{\circ})} = \frac{4,11 * 10^6}{3600} = 1,14 * 10^3 W$$

GLOBAL

$$P_{(20^{\circ})} = \frac{1,74 * 10^7}{3600} = 4,9 * 10^3 W$$

$$P_{(28^{\circ})} = \frac{2,44 * 10^7}{3600} = 6,8 * 10^3 W$$

ESTRUTURA US408

Aqui será considerada a temperatura de 20°, utilizada na mesma.

ZONA A

$$P_{(20^{\circ})} = \frac{- 5,8 * 10^6}{3600} = - 1,6 * 10^3 W$$

ZONA B

$$P_{(20^{\circ})} = \frac{- 1,50 * 10^6}{3600} = - 4,2 * 10^2 W$$

ZONA C

$$P_{(20^{\circ})} = \frac{1,7 * 10^7}{3600} = 4,7 * 10^3 W$$

ZONA D

$$P_{(20^{\circ})} = \frac{9,0 * 10^6}{3600} = 2,5 * 10^3 W$$

ZONA E

$$P_{(20^{\circ})} = \frac{7,6 * 10^5}{3600} = 2,1 * 10^2 W$$

GLOBAL

$$P_{(20^{\circ})} = \frac{1,9 * 10^7}{3600} = 5,4 * 10^3 W$$

SISTEMA DE AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO

Com todos os cálculos já realizados, é possível escolher um sistema de arrefecimento e aquecimento ideal para manter as zonas às temperaturas idealizadas. Como as zonas A e B apresentam resultados negativos, ou seja, dissipam energia, necessitam de ser

revestidas por sistemas de aquecimento, enquanto as demais são revestidas por um sistema de arrefecimento.

Para serem selecionados os dispositivos correspondentes, considera-se a maior potência, de modo a garantir que todas as divisões sejam abrangidas.

Nas primeiras duas zonas, escolheu-se um aquecedor industrial utilizado no setor da agricultura, com dois níveis de aquecimento (4500/9000 W), com capacidade de aquecimento de aproximadamente 270 m^3 .

Nas restantes zonas, escolheu-se o ar condicionado conduto *AIRE36D-W R32 36000 BTU*. Para comparação, um BTU equivale a 0,2929 watt. Ou seja, este ar condicionado tem a capacidade aproximada de 10554 watts.

CONCLUSÃO

Totalizando o presente relatório, em âmbito da unidade curricular Física Aplicada (FSIAP), foi concluído com sucesso o segundo e último SPRINT do Projeto Integrador do terceiro período da Licenciatura em Engenharia Informática no Instituto Superior de Engenharia do Porto, apesar de poderem existir alguns aperfeiçoamentos, de modo a aprimorar o trabalho realizado.

Como foi citado anteriormente, na introdução, foram calculadas as energias de todas as paredes da estrutura considerando vários exemplos de temperaturas exteriores distintas. Foram também calculadas as energias da estrutura através de alterações nos materiais e na espessura, bem como do cálculo de potências de toda a estrutura e da escolha de um sistema de aquecimento e de arrefecimento capaz de combater todas as mudanças de energia necessárias.

Em relação ao grupo, este teve uma postura de empenho e persistência, de forma que todas as etapas do trabalho fossem realizadas com qualidade e de forma organizada. A distribuição e concretização de tarefas tornou-se um processo simplificado, mas igualitário, uma vez que já são conhecidas as competências, facilidades e dificuldades de cada integrante.

De forma genérica, é possível perfazer que o trabalho desenvolvido consegue responder positivamente aos desafios propostos pelo enunciado do projeto e aquando da sua realização.

REFERÊNCIAS

1. <https://www.kaiserkraft.pt/aparelhos-de-climatizacao/aparelhos-de-aquecimento/aquecedor-industrial/9000-w/p/M17061439/>
2. https://www.leroymerlin.pt/produtos/aquecimento-e-climatizacao/ar-condicionado/ar-condicionado-fixo/ar-condicionado-conduto/ar-condicionado-conduto-aire36d-w-r32-36000btu-82585270.html?gclid=CjwKCAiAqt-dBhBcEiwATw-ggHzjZ_tmde_ET2KrCyCeukGwvoCgLAYu2uVJsh3gRx4pMW9np3eibBoC8RcQAvD_BwE