

Relatório FSIAP

Grupo:

João Rodrigues – 1211016

Gustavo Jorge – 1211061

João Leitão – 1211063

Guilherme Sousa – 1211073

Pedro Monteiro - 1211076

INDÍCE

Conteúdo

Breve Introdução.....	3
Energia Necessária para a Manutenção de Temperaturas Nas Zonas C, D e E (US406).....	3
Zona C:.....	4
Zona D:	4
Zona E:.....	4
Energia Necessária para a Manutenção de Temperaturas na Estrutura Grande Interior (US407)	5
Considerando temperatura externa de 20°C.....	6
Considerando temperatura externa de 28°C.....	7
Possíveis Alterações aos Materiais ou da Estrutura de Modo a Otimizar Energeticamente os Espaços (US408)	8
Energia Necessária para refrigeração da estrutura com as mudanças de eficiência introduzidas (US408).....	9
Considerando temperatura externa de 20°C.....	9
Determinação da Potência Necessária para manter a temperatura de cada uma das Zonas, Considerando a “Versão Inicial” (US409).....	11
Para a temperatura exterior de 20°C.....	11
Para a temperatura exterior de 28°C.....	11
Determinação da Potência Necessária para manter a temperatura de cada uma das Zonas, Considerando a “Versão Otimizada” (US409).....	12
Determinação do número de sistemas de refrigeração necessários para a “versão otimizada” (US409).....	12
Conclusão	13

Breve Introdução

No âmbito do Projeto Integrador deste semestre, em sequência do relatório produzido para os efeitos de execução do Sprint 1, foi pedido que se calculassem os valores energéticos por cada hora de atividade para zonas selecionadas da estrutura idealizada anteriormente.

O cálculo de gastos energéticos é uma análise importante para uma estrutura com necessidade de manutenção de temperaturas específicas, uma vez que ajuda a determinar qual a solução (dispositivo) adequado a ser instalado para proceder ao aquecimento / arrefecimento das zonas devidas.

Foi também pedido que se determinasse a potência do sistema necessário para o arrefecimento da estrutura total por cada hora de funcionamento. Mais concretamente, deve ser determinada a potência necessária para arrefecer cada uma das zonas individualmente ou global, considerando o que teria sido feito anteriormente tanto na US407 como na US408. Por fim, otimizar o número de sistemas de arrefecimento para a estrutura referente à US408 sujeita às possíveis alterações de melhoramento térmico.

Posto isto, deve ser possível responder aos requisitos do enunciado, irão ser utilizados alguns conceitos:

- **Fluxo Térmico** $I = \frac{\Delta T}{R}$

ΔT = Variação de Temperatura ($T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}}$)

R = Resistência Térmica

O **Fluxo Térmico** funciona como se fosse uma “potência”, ou seja, as suas unidades são o Watt (ou J/s) e ao multiplicar esse fluxo por tempo (Δt) obtemos a energia em Joules para esse valor de tempo. Neste relatório vamos trabalhar apenas com valores energéticos para uma hora de funcionamento.

Energia Necessária para a Manutenção de Temperaturas Nas Zonas C, D e E (US406)

Para o cálculo das energias a fornecer para manter as temperaturas referidas, consideramos que a **temperatura exterior** ou ambiente é de **15°C**.

Para fazer o cálculo da **energia necessária** a fornecer às zonas, primeiramente calcularemos a potência ou **fluxo térmico para cada uma das paredes** de cada zona e posteriormente faremos o **total desses fluxos**, multiplicando pelo valor de 1 hora (3600 segundos) para **obter a energia em Joules**.

Os cálculos em seguida representam a energia necessária para manter as temperaturas das zonas:

C → Temperatura Interior: -10°C

D → Temperatura Interior: 0°C

E → Temperatura Interior: 10°C

Zona C:

$$\Delta T = 15^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C}) = 25^{\circ}\text{C}$$

$$R_1 = 25,16 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$R_2 = 14,48 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$I_1 = \frac{25}{25,16} \cong 0,99 \text{ W}$$

$$I_2 = \frac{25}{14,48} \cong 1,73 \text{ W}$$

$$R_3 = 19,84 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$R_4 = 14,48 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$I_3 = \frac{25}{19,84} \cong 1,26 \text{ W}$$

$$I_4 = \frac{25}{14,48} \cong 1,73 \text{ W}$$

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 5,71 \text{ W}$$

$$E = I_{total} \times 3600 \Leftrightarrow E = 20556 \text{ J}$$

Pode então concluir-se que para cada hora de funcionamento é necessário fornecer à zona C 17892 J de energia para manter uma temperatura interior de -10°C .

Zona D:

$$\Delta T = 15^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$R_1 = 24,79 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$R_2 = 18,76 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$I_1 = \frac{15}{24,79} \cong 0,61 \text{ W}$$

$$I_2 = \frac{15}{18,76} \cong 0,80 \text{ W}$$

$$R_3 = 20,77 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$R_4 = 14,48 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$I_3 = \frac{15}{20,77} \cong 0,72 \text{ W}$$

$$I_4 = \frac{15}{14,48} \cong 1,04 \text{ W}$$

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 3,17 \text{ W}$$

$$E = I_{total} \times 3600 \Leftrightarrow E = 11412 \text{ J}$$

Pode então concluir-se que para cada hora de funcionamento é necessário fornecer à zona D 11412 J de energia para manter uma temperatura interior de 0°C .

Zona E:

$$\Delta T = 15^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$R_1 = 20,15 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$R_2 = 15,72 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$I_1 = \frac{5}{20,15} \cong 0,25 \text{ W}$$

$$I_2 = \frac{5}{15,72} \cong 0,32 \text{ W}$$

$$R_3 = 25,53 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$R_4 = 15,72 \text{ m}^2\text{k/W}$$

$$I_3 = \frac{5}{25,53} \cong 0,20 \text{ W}$$

$$I_4 = \frac{5}{15,72} \cong 0,32 \text{ W}$$

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 1,09 \text{ W}$$

$$E = I_{total} \times 3600 \Leftrightarrow E = 3924 \text{ J}$$

Pode então concluir-se que para cada hora de funcionamento é necessário fornecer à zona E 3924 J de energia para manter uma temperatura interior de 10°C.

Energia Necessária para a Manutenção de Temperaturas na Estrutura Grande Interior (US407)

A abordagem a seguir, tendo em conta a interpretação do que é pedido baseia-se em calcular a energia total necessária para garantir a manutenção das temperaturas internas de cada uma das divisões, considerando dois cenários diferentes: num deles, a temperatura exterior é de 20°C e no outro, a temperatura exterior é de 28°C.

Nota: As zonas A e B, como indicado no enunciado têm uma temperatura de funcionamento inferior em 5°C à temperatura ambiente.

Para cada uma das zonas, vamos calcular a energia despendida para manter as temperaturas indicadas.

Consideram-se paredes 1, 2, 3 e 4, as indicadas em cada zona segundo o seguinte esquema:



Considerando temperatura externa de 20°C

Temperaturas a Considerar (°C)	
Temperatura A	15
Temperatura B	15
Temperatura C	-10
Temperatura D	0
Temperatura E	10

ZONA A			
Parede	R (Ω)	ΔT (°C)	Energia (J/h)
1	21,67	5	830,641
2 - C	15,25	-25	-5901,63
2 - E	15,25	-5	-1180,33
3	16,85	5	1068,249
4	37	5	486,4865

ZONA B			
Parede	R (Ω)	ΔT (°C)	Energia (J/h)
1	18,45	-15	-2926,83
2	15,55	5	1157,556
3	19,4	5	927,8351
4	15,25	-5	-1180,33

ZONA C			
Parede	R (Ω)	ΔT (°C)	Energia (J/h)
1	25,16	30	4292,53
2	14,48	10	2486,188
3	19,84	20	3629,032
4	14,48	25	6215,470

ZONA D			
Parede	R (Ω)	ΔT (°C)	Energia (J/h)
1	24,76	20	2907,916
2	18,76	20	3837,953
3	20,77	15	2599,904
4	14,48	-10	-2486,19

ZONA E			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	20,15	-20	-3573,2
2	15,72	5	1145,038
3	25,53	10	1410,106
4	15,72	5	1145,038

Pode então concluir-se que para cada hora de funcionamento é necessário fornecer a toda a estrutura 15823,18 J de energia para manter uma temperatura interior igual à indicada no enunciado.

Considerando temperatura externa de 28 $^{\circ}C$

Temperaturas a Considerar ($^{\circ}C$)	
Temperatura A	15
Temperatura B	15
Temperatura C	-10
Temperatura D	0
Temperatura E	10

ZONA A			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	21,67	5	830,6414
2 - C	15,25	-33	-7790,16
2 - E	15,25	-13	-3068,85
3	16,85	5	1068,249
4	37	5	486,4865

ZONA B			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	18,45	-23	-4487,8
2	15,55	5	1157,556
3	19,4	5	927,8351
4	15,25	-13	-3068,85

ZONA C			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	25,16	38	5437,202
2	14,48	10	2486,188
3	19,84	20	3629,032
4	14,48	33	8204,420

ZONA D			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	24,76	28	4071,082
2	18,76	28	5373,134
3	20,77	23	3986,519
4	14,48	-10	-2486,19

ZONA E			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	20,15	-20	-3573,2
2	15,72	13	2977,099
3	25,53	18	2538,19
4	15,72	13	2977,099

Pode então concluir-se que para cada hora de funcionamento é necessário fornecer a toda a estrutura 21.675,68 J de energia para manter uma temperatura interior igual à indicada no enunciado.

Possíveis Alterações aos Materiais ou da Estrutura de Modo a Otimizar Energeticamente os Espaços (US408)

Para efeitos de diminuição da energia gasta no processo de manutenção das temperaturas específicas anteriormente referidas, há sempre a possibilidade de fazer alterações na estrutura em si.

Devemos, no entanto, ter anteriormente bem definidos os seguintes conceitos:

- A energia obtém-se através do fluxo multiplicado pela unidade de tempo.
- O fluxo obtém-se através da diferença de temperatura em função da resistência
- A resistência obtém-se pelo quociente entre a espessura da parede e o produto da condutividade térmica pela área.

Ou seja...

O gasto energético é diretamente proporcional com o fluxo térmico, que, por sua vez é inversamente proporcional à resistência (R). Por outras palavras, quanto maior for a resistência, menor vai ser o gasto energético. Para aumentar a resistência temos então três opções:

- Aumentar a espessura da parede
- Aumentar a área da parede (não viável porque as medidas das paredes não são mutáveis)
- Escolher materiais com menor condutividade

Com isto, a nível das alterações propostas para as paredes interiores partilhadas, o grupo, após uma reflexão cuidada considerou que se poderia fazer uma alteração nas paredes partilhadas, a nível dos materiais, que seria a substituição do material isolante. Tendo em conta o

raciocínio adotado pelo grupo anteriormente, uma das formas de otimizar a estrutura seria diminuir a condutividade dos materiais escolhidos (aumentando a resistência térmica), por isso chegamos à conclusão de que seria substituído o PVC pela lã de vidro, tendo esta uma condutividade de 0,136 W/mK (significativamente menor do que o valor da condutividade do PVC – 1,8 W/mK).

Energia Necessária para refrigeração da estrutura com as mudanças de eficiência introduzidas (US408)

Tendo em conta a alteração realizada no material isolante das paredes interiores, e adotando o esquema de cálculos utilizado anteriormente, o resultado seria o seguinte:

- **Paredes Interiores:**

$$R_{parede\ interior} = \frac{5 \times 10^{-2}}{0,17} + \frac{5 \times 10^{-2}}{0,136} + \frac{5 \times 10^{-2}}{0,17}$$

$$\Leftrightarrow R_{parede\ interior} \cong 0,96\ m^2K/W$$

- Para o cálculo das resistências atualizadas das paredes interiores, o grupo achou que seria repetitivo voltar a colocar todos os cálculos já realizados antes na US404, e por isso realizou-os como cálculos auxiliares com apenas o valor da resistência de parede interior agora calculado.
- Para além disto, foi ainda adotado o método de calcular a energia total a fornecer à estrutura utilizado na US407.

Para cada uma das zonas, vamos calcular a energia despendida para manter as temperaturas indicadas.

Consideram-se paredes 1, 2, 3 e 4, as indicadas em cada zona segundo o seguinte esquema:



Considerando temperatura externa de 20°C

Temperaturas a Considerar (°C)	
Temperatura A	15
Temperatura B	15
Temperatura C	-10
Temperatura D	0
Temperatura E	10

ZONA A			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	21,67	5	830,641
2 - C	20,67	-25	-4354,1
2 - E	22,56	-5	-797,87
3	16,85	5	1068,25
4	37	5	486,486

ZONA B			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	29,04	-15	-1859,5
2	15,55	5	1157,56
3	19,4	5	927,835
4	22,2	-5	-810,81

ZONA C			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	25,16	30	4292,53
2	20,31	10	1772,53
3	29,42	20	2447,31
4	20,31	25	4431,31

ZONA D			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	24,76	20	2907,92
2	18,76	20	3837,95
3	29,87	15	1807,83
4	20,31	-10	-1772,5

ZONA E			
Parede	R (Ω)	ΔT ($^{\circ}C$)	Energia (J/h)
1	30,25	-20	-2380,2
2	22,2	5	810,811
3	25,53	10	1410,11
4	22,2	5	810,811

Postos estes resultados, verifica-se que, mesmo os valores de resistência das paredes interiores tendo aumentado, o valor de energia a fornecer aumentou de qualquer maneira, sendo agora de 20.971,42 J.

Este aumento deve-se às interações que as salas têm umas com as outras e a maneira como através das paredes interiores elas conseguem interagir, trocando energia por calor umas com as outras. Sendo que esta situação não era facilmente previsível, podemos considerar esta alteração uma “não otimização”, utilizando a situação inicial como a versão otimizada.

Nos pontos seguintes deste documento, a versão que sofreu alterações vai continuar a ser designada como “versão otimizada”, no entanto temos aqui a comprovação que não é bem o caso.

Determinação da Potência Necessária para manter a temperatura de cada uma das Zonas, Considerando a “Versão Inicial” (US409)

Para a temperatura exterior de 20°C

Por cada hora de funcionamento, determinou-se que a energia gasta, sendo a temperatura exterior de 20°C, foi de 15823,18 Joules, por cada hora. Assim, a potência por hora é igual a 15823,18 J/h.

Sendo $P = \frac{E}{\Delta t}$, a potência equivale a $\frac{15823,18}{3600} = 4,39W$, no SI

De outro modo, e como aparece também nestas unidades as especificações de alguns aparelhos, o valor calculado equivale também a 0,00439 kWh.

Para a temperatura exterior de 28°C

Por cada hora de funcionamento, determinou-se que a energia gasta, sendo a temperatura exterior de 28°C, foi de 21.675,68 Joules, por cada hora. Assim, a potência por hora é igual a 21.675,68 J/h.

Sendo $P = \frac{E}{\Delta t}$, a potência equivale a $\frac{21.675,68}{3600} = 6,02W$, no SI

De outro modo, e como aparece também nestas unidades as especificações de alguns aparelhos, o valor calculado equivale também a 0,00602 kWh.

Determinação da Potência Necessária para manter a temperatura de cada uma das Zonas, Considerando a “Versão Otimizada” (US409)

Nesta situação apenas se considera a situação em que a temperatura exterior é de 20°C.

Por cada hora de funcionamento, determinou-se que a energia gasta, sendo a temperatura exterior de 20°C, foi de 20.971,42 Joules, por cada hora. Assim, a potência por hora é igual a 20.971,42 J/h.

Sendo $P = \frac{E}{\Delta t}$, a potência equivale a $\frac{20.971,42}{3600} = 5,82W$, no SI

De outro modo, e como aparece também nestas unidades as especificações de alguns aparelhos, o valor calculado equivale também a 0,00582 kWh.

Como é possível verificar, a energia despendida é maior que na versão inicial. Esta situação foi mencionada anteriormente, nos cálculos para a “versão otimizada”.

Determinação do número de sistemas de refrigeração necessários para a “versão otimizada” (US409)

Visto que os gastos são muito pequenos, comparando com a potência de um ar condicionado, que ronda os 3.5 -> 4 kWh, os gastos desta estrutura (0.00582 kWh) são insignificantes.

Assim, apenas um sistema de ar condicionado é suficiente para manter as temperaturas indicadas constantes.

A potência adicional (assumindo que o output do ar condicionado pode ser regulado) pode também possivelmente ser utilizada para dias em que esteja mais calor ou para dias em que as zonas não estejam inicialmente às suas devidas temperaturas, se for possível também redirecionar o sistema de ar condicionado.

Conclusão

Para concluir este relatório, em resumo, apresentamos os gastos energéticos por hora com o objetivo de analisar quanta energia seria necessário despendar para fazer a manutenção das temperaturas interiores selecionadas. Pudemos ainda aferir, teoricamente, as possíveis formas de otimização de estruturas que levam a reduzir os gastos energéticos da manutenção de temperaturas.

Dos resultados obtidos poderemos posteriormente aferir formas de reduzir este gasto energético e escolher com precisão o sistema de controlo de temperatura mais eficiente e indicado para fazer a referida manutenção de temperatura. Para além disso pudemos observar a influência que a variação de temperatura, bem como as já referidas otimizações têm na potência, que está diretamente ligada à energia.

Por fim, conseguimos também encontrar um sistema de refrigeração que fosse adequado para fazer a climatização dos espaços.