



Academia
ADENE

Agência para a Energia



COLETÂNEA DE EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Versão Março 2024



Agência para a Energia



Índice

Questão 1	4
Questão 2	11
Questão 3	14
Questão 4	17
Questão 5	21
Questão 6	23
Questão 7	27
Questão 8	29
Questão 9	31
Questão 10	33
Questão 11	35
Questão 12	39
Questão 13	41
Questão 14	46
Questão 15	52
Questão 16	58
Questão 17	60
Questão 18	63
Questão 19	66
Questão 20	68
Questão 21	72
Questão 22	75
Questão 23	81
Questão 24	83
Questão 25	85
Questão 26	88
Questão 27	90
Questão 28	93
Questão 29	95
Questão 30	98

Questão 31	101
Questão 32	105
Questão 33	108
Questão 34	112
Questão 35	116
Questão 36	123
Questão 37	128
Questão 38	130
Questão 39	132
Questão 40	137
Questão 41	139
Questão 42	141
Questão 43	165
Questão 44	170
Questão 45	176
Questão 46	181
Questão 47	184
Questão 48	187
Questão 49	189
Questão 50	194
Questão 51	197
Questão 52	199
Questão 53	201
Questão 54	206
Questão 55	209
Questão 56	212
Questão 57	215
Atualizações	218

Questão 1

Enunciado:

Considere um apartamento em projeto de tipologia T2, com 100 m², em que a produção de águas quentes sanitárias é assegurada por um sistema solar térmico que cumpre com todos os requisitos de qualidade e manutenção, assegurando um valor de $E_{ren,p}$ de natureza solar de 1200 kWh/ano, sendo o apoio à produção de AQS assegurado por um esquentador a gás natural com uma eficiência de 89 %.

Na sala existirá uma lareira com recuperador de calor a biomassa sólida com uma eficiência de 77 %, assegurando 55 % das necessidades de aquecimento da fração. Não existirão quaisquer outros sistemas de climatização.

O fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento não é superior ao respetivo fator de referência.

Considere que $N_{ic} = 18,30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ e $N_{vc} = 9,40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$.

1. Indique o valor respetivo de N_{ic} (kWh_{EP}/m²·ano).

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 1

Resolução:

1. Indique o valor respetivo de N_{ic} ($kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$).

O valor das necessidades nominais anuais de energia primária para um edifício de habitação, N_{ic} , é determinado a partir da Equação 140 do Manual SCE:

$$N_{ic} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_i \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_v \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 140)$$

Que corresponde à soma de uma parcela relativa ao aquecimento, arrefecimento, AQS, ventilação mecânica, e das contribuições renováveis.

Aquecimento

O apartamento é aquecido por uma lareira com recuperador de calor a biomassa sólida com eficiência de 77%, que assegura 55% das necessidades de aquecimento da fração. Como não existem outros sistemas de aquecimento, será necessário complementar com um **sistema por defeito** de modo a assegurar a restante das necessidades de aquecimento.

Os sistemas por defeito em edifícios de habitação encontram-se na **Tabela 95 do Manual SCE**, onde retiramos que o sistema por defeito para aquecimento é uma **resistência elétrica com eficiência = 1**.

Tabela 95 – Eficiência dos sistemas por defeito em edifícios de habitação

Tipo de uso		Sistema por defeito	Eficiência do sistema
Aquecimento		Resistência elétrica	1,00
Arrefecimento		Split com permuta a ar ⁽¹⁾	3,00
AQS	O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso	Caldeira a gás ⁽²⁾	0,89
	O edifício não dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso	Termoacumulador elétrico	0,95

(1) Não deve ser contabilizada a componente renovável associada a este tipo de sistema

(2) Considerar o mesmo tipo de gás da rede de abastecimento de combustível gasoso

O contributo dos sistemas técnicos para aquecimento no cálculo do N_{tc} será:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_k} \right) \delta_i F_{pu,j} = \frac{0,55 \times 18,3}{0,77} \times 1 \times 1 + \frac{0,45 \times 18,3}{1} \times 2,5 = 33,66 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Onde os valores dos fatores de conversão de energia primária foram extraídos da Tabela 106 do Manual SCE:

Tabela 106 – Fatores de conversão de energia final para energia primária

Tipo de energia	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2,5
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1,0
Energia térmica de origem renovável	1,0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1,06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1,86
Energia proveniente de sistemas de trigeração no edifício de referência	1,70

Em que a lareira com recuperador de calor a biomassa sólida corresponde a uma energia térmica de origem renovável, e a resistência elétrica corresponde a eletricidade.

Como não há informação sobre o valor das necessidades de aquecimento de referência, o fator de anulação do consumo de energia para aquecimento, δ_i , assume o valor de 1.

Arrefecimento

Não existe um sistema previsto para a satisfação das necessidades de arrefecimento, as necessidades de energia útil para arrefecimento serão satisfeitas pelo sistema por defeito de arrefecimento, **um split com permuta a ar com eficiência de 3** (Tabela 95 do Manual SCE).

Tabela 95 – Eficiência dos sistemas por defeito em edifícios de habitação

Tipo de uso		Sistema por defeito	Eficiência do sistema
Aquecimento		Resistência elétrica	1,00
Arrefecimento		Split com permuta a ar ⁽¹⁾	3,00
AQS	O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso	Caldeira a gás ⁽²⁾	0,89
	O edifício não dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso	Termoacumulador elétrico	0,95

(1) Não deve ser contabilizada a componente renovável associada a este tipo de sistema

(2) Considerar o mesmo tipo de gás da rede de abastecimento de combustível gasoso

O contributo do arrefecimento no cálculo do N_{tc} será:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \right) \delta_v F_{pu,j} = \frac{1 \times 9,4}{3} \times 1 \times 2,5 = 7,83 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Onde os valores dos fatores de conversão de energia primária para a eletricidade é de 2,5 (Tabela 106 do Manual SCE).

Como o fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento é **inferior** ao respetivo fator de referência, o fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento, δ_v , assume o valor de **1**.

AQS

Um apartamento de tipologia T2 corresponde a uma ocupação (n_{oc}) de **3 pessoas** (Tabela 94 do Manual SCE)

No enunciado não há evidências que existe eficiência hídrica, pela qual o fator f_{eh} tomará o valor de **1**.

Assim, o consumo diário médio é determinado de acordo com a Equação 124 do Manual SCE, resultando em **120 L/dia**.

As necessidades de energia associadas à preparação de AQS é determinada a partir da Equação 123 do Manual SCE:

$$Q_a = (M_{AQS} \cdot 4,187 \cdot \Delta T \cdot n_d) / 3600 \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 123)$$

Em que:

Q_a – Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano];

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência [litros];

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS, assumindo o valor de fixo de 35 [°C];

n_d – Número anual de dias de consumo de AQS, assumindo o valor fixo de 365 [dias/ano].

Correspondendo a um valor de **1782,96 kWh/ano**.

O sistema solar térmico assegura um valor de $E_{ren,p}$ de 1200 kWh/ano, correspondendo a **67%** do valor das necessidades. Assim, o esquentador a gás natural apoiará nas restantes **33%** das necessidades.

A parcela correspondente à preparação de AQS na fórmula do N_{tc} será, então:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} Q_a / A_p}{\eta_k} \right) F_{pu,j} = \frac{0,67 \times 1782,96 / 100}{1} \times 1 + \frac{0,33 \times 1782,96 / 100}{0,89} \times 1$$

$$= 18,56 \text{ kWh}_{EP} / (m^2 \cdot ano)$$

Onde os valores dos fatores de conversão de energia primária foram extraídos da Tabela 106 do Manual SCE:

Tabela 106 – Fatores de conversão de energia final para energia primária

Tipo de energia	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2,5
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1,0
Energia térmica de origem renovável	1,0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1,06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1,86
Energia proveniente de sistemas de trigeração no edifício de referência	1,70

Em que o sistema solar térmico corresponde a uma energia térmica de origem renovável, e o esquentador a gás natural corresponde a um combustível gasoso não renovável.

Ventilação Mecânica

Não há informações relativamente ao uso de ventilação mecânica no apartamento. A contribuição desta parcela será 0.

Energias renováveis

Os sistemas do apartamento que recorrem a energia renovável são:

- Lareira com recuperador de calor a biomassa sólida
- Sistema solar térmico

O *split* considerado para a satisfação das necessidades de energia para arrefecimento, apesar de ter um valor superior a 2,5, **como sistema por defeito, a contribuição aerotérmica não é contabilizada.**

Assim, a parcela correspondente às energias renováveis na fórmula do N_{tc} será:

$$-\sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} F_{pu,p} = -\left(\frac{0,55 \times 18,3}{0,77} \times 1 + \frac{0,67 \times 1782,96/100}{1} \times 1 \right) = -25,02 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

N_{tc}

O valor das necessidades nominais anuais de energia primária será:

$$N_{tc} = 33,66 + 7,83 + 18,56 + 0 - 25,02 = \mathbf{35,03} \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 2

Enunciado: Considere um apartamento em projeto de tipologia T0, com 50 m², que possui chuveiros com eficiência hídrica com rótulo A ou superior, em que a produção de AQS é assegurada por um esquentador a gás natural com uma eficiência de 89 %, sendo que as tubagens da rede de distribuição interna de AQS apresentam isolamento térmico de 20 mm de espessura e com $\lambda = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

1. Indique o valor total da parcela respeitante à produção de AQS em $\text{kWh}_{\text{EP}}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ a considerar na fórmula do N_{tc} .

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 2

Resolução:

O apartamento trata-se de um T0, que corresponde a 2 ocupantes.

Tabela 94 – Número de pessoas equivalente por tipologia

Tipologia	n_{oc}
T0	2
T1	2
T2	3
T3	4
T4	5

De acordo com a Equação 124 do Manual SCE, o consumo de AQS diário será:

$$M_{AQS} = 40 \times n_{oc} \cdot f_{eh}$$

O apartamento possui chuveiros com rótulo A ou superior, resultando num $f_{eh} = 0,9$.

$$M_{AQS} = 40 \times 2 \times 0,9 = 72 \text{ litros}$$

As necessidades de energia para a preparação de AQS são calculadas a partir da Equação 123 do Manual SCE:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4,187 \times \Delta T \times 365}{3600} = \frac{72 \times 4,187 \times 35 \times 365}{3600} = 1069,78 \text{ kWh/ano}$$

As necessidades são satisfeitas por um esquentador a gás natural, com eficiência igual a 89%, pelo que o respetivo consumo de energia primária para a preparação de AQS será:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) F_{pu,j} = \frac{1 \times \frac{1069,78}{50}}{0,89} \times 1 = 24,04 \text{ kWh}_{EP}/\text{ano}$$

Visto que a rede de distribuição tem um isolamento de 20 mm com condutibilidade igual a 0,06 W/(m.°C), que assegura uma resistência térmica de 0,33 (m².°C)/W, superior a 0,25 (m².°C)/W, não é aplicado o fator de 0,9.

η_k – Eficiência do sistema k para a fonte de energia j , que corresponde ao respetivo valor de E_{DEE} , assumindo o valor de 1 no caso de sistemas de cogeração ou trigeriação e de sistemas que recorram a fontes de energia renovável, com exceção de sistemas de queima a biomassa sólida. Na ausência de isolamento térmico na rede de distribuição de água quente para aquecimento ambiente ou para preparação de AQS que assegure uma resistência térmica de, pelo menos, 0,25 (m².°C)/W, a eficiência dos respetivos sistemas técnicos deve ser multiplicada por 0,9;

Tratando-se de um sistema técnico que recorre à queima de combustíveis gasosos não renováveis, o fator de conversão de energia final para energia primária utilizado é de 1.

Tabela 106 – Fatores de conversão de energia final para energia primária

Tipo de energia	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2,5
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1,0
Energia térmica de origem renovável	1,0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1,06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1,86
Energia proveniente de sistemas de trigeriação no edifício de referência	1,70

Assim, o valor total da parcela respeitante à produção de AQS é **24,04 kWh_{EP}/(m².ano)**.

Questão 3

Enunciado: Indique qual o valor de N_{vc} , respeitante a uma fração de habitação com A_p de 120,55 m², de inércia média e que apresenta anualmente no período de arrefecimento uma transferência de calor por transmissão e por renovação de ar que totalizam 7500,22 kWh e ganhos de calor brutos de 5815,66 kWh.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 3

Resolução:

O valor das necessidades de energia para o arrefecimento ambiente é determinado a partir da Equação 105 do Manual SCE.

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v} / A_p \quad [kWh/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 105)$$

Em que:

N_{vc} – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m²·ano)];

η_v – Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

$Q_{g,v}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento [kWh/ano];

A_p – Área interior útil de pavimento [m²].

Para determinar o fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento, é necessário determinar a relação entre os ganhos térmicos brutos e a soma das transferências de calor pela envolvente e por ventilação, γ_v .

Essa relação é determinada pela Equação 122 do Manual SCE:

$$\gamma_v = \frac{Q_{g,v}}{(Q_{tr,v} + Q_{ve,v})} = \frac{5815,66}{7500,22} = 0,78$$

Sendo a relação inferior a 1 e maior que 0, o fator de utilização de ganhos térmicos é determinado a partir da Equação 119.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

a) Se $\gamma_v \neq 1$ e $\gamma_v > 0$, então:

$$\eta_v = \frac{1 - \gamma_v^{\alpha_{it}}}{1 - \gamma_v^{\alpha_{it}+1}} \quad (\text{Eq. 119})$$

b) Se $\gamma_v = 1$, então:

$$\eta_v = \frac{\alpha_{it}}{\alpha_{it} + 1} \quad (\text{Eq. 120})$$

c) Se $\gamma_v < 0$, então:

$$\eta_v = \frac{1}{\gamma_v} \quad (\text{Eq. 121})$$

$$\gamma_v = Q_{g,v} / (Q_{tr,v} + Q_{ve,v}) \quad (\text{Eq. 122})$$

Em que:

η_v – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

A partir da Tabela 92 do Manual SCE, uma fração de inércia média é caracterizada por um parâmetro de 2,6.

Tabela 92 – Parâmetro α_{it} na estação de aquecimento

Inércia térmica	α_{it} [W/°C]
Fraca	1,8
Média	2,6
Forte	4,2

Resultando num fator de utilização igual a:

$$\eta_v = \frac{1 - \gamma_v^{\alpha_{it}}}{1 - \gamma_v^{\alpha_{it}+1}} = \frac{1 - 0,78^{2,6}}{1 - 0,78^{2,6+1}} = \frac{0,48}{0,59} = 0,81$$

Voltando à Equação 105, as necessidades de energia para o arrefecimento será:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot \frac{Q_{g,v}}{A_p} = (1 - 0,81) \cdot \frac{5815,66}{120,55} = \mathbf{9,17 \text{ kWh/ano}}$$

Questão 4

Enunciado: Considere uma fração de habitação unifamiliar a construir em Oeiras a uma altitude de 100 m, de área útil do pavimento igual a 150 m², cujo coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$ é igual a 500 W/°C, o coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$ é igual a 110 W/°C, o fator de utilização dos ganhos térmicos η_i é igual a 0,82 e o valor de N_{ic} é igual a 75,2 kWh/(m².ano).

1. Indique o respetivo valor dos ganhos solares brutos no período de aquecimento ($Q_{sol,i}$).

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 4

Resolução:

Os ganhos térmicos resultantes do aproveitamento da radiação solar são determinados pela Equação 98 do Manual SCE:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \cdot \sum_n F_{s,i_{nj}} \cdot A_{s,i_{nj}} \right] \cdot M \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 98)$$

No entanto, o enunciado não fornece informação para determinar os ganhos térmicos por esta via. Daí, será necessário determinar os ganhos térmicos resultantes da radiação solar indiretamente.

Pela Equação 96 é possível determinar os ganhos térmicos resultantes da radiação solar.

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 96)$$

Em que:

$Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor na estação de aquecimento [kWh/ano];

$Q_{sol,i}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados na estação de aquecimento [kWh/ano].

Rearranjando a equação, temos:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \rightarrow Q_{sol,i} = Q_{g,i} - Q_{int,i}$$

Onde os ganhos térmicos associados a fontes internas são calculados a partir da Equação 97 do Manual SCE:

$$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 97)$$

Em que:

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, igual a 4 [W/m²];

M – Duração da estação de aquecimento [meses];

A_p – Área interior útil de pavimento [m²].

Sendo necessário determinar a duração da estação de aquecimento.

A fração de habitação encontra-se em Oeiras, a uma altitude de 100m.

Oeiras localiza-se na NUTS III de Grande Lisboa.

Concelho	NUTS III
Odivelas	Grande Lisboa
Oeiras	Grande Lisboa
Oleiros	Pinhal Interior Sul

A partir dos dados da Tabela 9 e da Equação 2 do Manual SCE é possível determinar a duração da estação de aquecimento, M :

NUTS III	z_{REF} m	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{sul} kWh/ (m ² .mês)
		M_{REF} meses	a mês/km	GD_{REF} °C	a °C/km	$\theta_{ext,i,REF}$ °C	a °C/km	
Entre Douro e Vouga	298	6,9	1	1 544	1 400	8,4	-5	135
Grande Lisboa	109	5,3	3	1 071	1 700	10,8	-4	150
Grande Porto	94	6,2	2	1 250	1 600	9,9	-7	130
Lezíria do Tejo	73	5,2	3	1 135	2 700	10,2	-7	145

$$X = X_{REF} + a \times (z - z_{REF}) \quad [^{\circ}C] \quad (Eq. 2)$$

$$M = M_{REF} + a \times (z - z_{REF}) = 5,3 + 3 \times (0,1 - 0,109) = 5,27 \text{ meses}$$

Assim, os ganhos térmicos associados por fontes internas são:

$$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p = 2276,64 \text{ kWh/ano}$$

Por outro lado, os ganhos térmicos brutos são determinados pela Equação 95:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i} \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 95)$$

Rearranjando a equação, temos:

$$Q_{gu,i} = \eta_i Q_{g,i} \rightarrow Q_{g,i} = \frac{Q_{gu,i}}{\eta_i}$$

No enunciado é referido que o valor dos coeficientes de transferência de calor por transmissão e por ventilação são, respetivamente, 500 W/°C e 110 W/°C.

A transferência de calor por transmissão é determinada pela Equação 86 e a transferência de calor por ventilação é determinada pela Equação 91 do Manual SCE:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i} \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 86)$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 91)$$

Sendo necessário determinar os graus-dias correspondente à localização do edifício.

$$GD = GD_{REF} + a \times (z - z_{REF}) = 1071 + 1700 \times (0,1 - 0,109) = 1055,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Resultando:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i} = 0,024 \times 1055,7 \times 500 = 12668,4 \text{ kWh/ano}$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} = 0,024 \times 1055,7 \times 110 = 2787,05 \text{ kWh/ano}$$

É também referido no enunciado que o valor das necessidades de energia útil para aquecimento ambiente é 75,2 kWh/(m².ano). A partir desse valor e dos dados acima calculados, é possível determinar os ganhos térmicos úteis, a partir da Equação 85 do Manual SCE.

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})/A_p \quad [kWh/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 85)$$

Rearranjando a equação, temos:

$$N_{ic} = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p} \rightarrow Q_{gu,i} = Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - (N_{ic} \cdot A_p)$$

$$Q_{gu,i} = 12668,4 + 2787,05 - 75,2 \times 150 = 4175,45 \text{ kWh/ano}$$

O enunciado fornece o fator de utilização dos ganhos térmicos, igual a 0,82, pelo que podemos agora determinar os ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento.

$$Q_{g,i} = \frac{Q_{gu,i}}{\eta_i} = \frac{4175,45}{0,82} = 5092,01 \text{ kWh/ano}$$

A partir desse dado podemos chegar aos ganhos térmicos resultantes da radiação solar:

$$Q_{sol,i} = Q_{g,i} - Q_{int,i} = 5092,01 - 2276,64 = 2815,37 \text{ kWh/ano}$$

Questão 5

Enunciado: Suponha que uma moradia com A_p de 220 m² e cujo ano de construção é 1965, vai estar sujeita a uma grande renovação.

Considere ainda que o respetivo valor de N_{ic} resultante dessa grande renovação iguala o limite máximo permitido pela legislação em vigor.

Considere ainda que:

- $Q_{tr,iref} = 11500$ kWh;
- $Q_{ve,iref} = 3250$ kWh;
- $Q_{gu,iref} = 3600$ kWh;

1. Qual o correspondente valor do N_{ic} .

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 5

Resolução:

O despacho 6476-E/2021 define, na Tabela 2, os requisitos máximos de conforto térmico para edifícios de habitação sujeitos a grande renovação. Para uma grande renovação de um edifício construído em 1965, o limite máximo das necessidades de aquecimento é de 1,25 vezes as necessidades de aquecimento do edifício de referência.

Tabela 2 — Requisitos dos edifícios de habitação sujeitos a grande renovação

Tipo de requisito	Ano de construção (A)		
	A < 1960	1960 ≤ A ≤ 1990	1990 < A
Conforto térmico			
Necessidades de aquecimento	Não aplicável	$N_{ic}/N_i \leq 1,25$	$N_{ic}/N_i \leq 1,15$
Necessidades de arrefecimento	Não aplicável	$N_{vc}/N_v \leq 1,25$	$N_{vc}/N_v \leq 1,15$
Desempenho energético			
Classe energética	Igual ou superior a C		
Energia primária total	$R_{NT} \leq 1,50$		
Energia primária renovável	$Ren_{Hab} \geq 0,50$ ⁽¹⁾		

⁽¹⁾ Apenas aplicável quando renovados, cumulativamente, a rede de distribuição e o sistema produtor de Águas Quentes Sanitárias (AQS).

Pelos dados do enunciado, podemos determinar as necessidades de aquecimento do edifício de referência pela Equação 141 do Manual SCE.

$$N_i = \frac{Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}}}{A_p} = \frac{11500 + 3250 - 3600}{220} = 50,68 \text{ kWh/ano}$$

Assim, as necessidades de aquecimento do edifício renovado será:

$$N_{ic} = 1,25 \times N_i = 1,25 \times 50,68 = \mathbf{63,35 \text{ kWh/ano}}$$

Questão 6

Enunciado: Considere um envidraçado de dimensões 2,50 m x 2,40 m, caixilharia em madeira sem quadrícula, orientado a Este, pertencente a um quarto de uma habitação unifamiliar em projeto, situada em Viana do Castelo a 70 m de altitude, que apresenta um fator solar, do vidro duplo, para uma incidência solar normal à sua superfície, de 0,45, que não tem qualquer obstrução da radiação solar (obstruções exteriores ou obstruções criadas por elementos do edifício) e que integra como dispositivo de oclusão noturna uma portada exterior de madeira de cor castanha.

1. **Qual a contribuição deste envidraçado para o valor global dos ganhos solares brutos anuais desta moradia, na estação de aquecimento?**

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 6

Resolução:

Os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar nos vãos envidraçados são determinados a partir da Equação 95 do Manual SCE:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \cdot \sum_n F_{s,i_{nj}} \cdot A_{s,i_{nj}} \right] \cdot M \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 98)$$

G_{sul} é um valor tabelado em função da NUTS III onde o edifício se encontra inserido, X_j corresponde ao fator de orientação do vão, $F_{s,i}$ corresponde ao fator de obstrução do vão envidraçado, $A_{s,i}$ é a área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado, e M a duração da estação de aquecimento.

Para obter os valores G_{sul} e M , é necessário obter o enquadramento NUTS III do edifício, localizado em Viana do Castelo. Segundo a Tabela 116 do Manual SCE, Viana do Castelo enquadra-se na NUTS III Minho-Lima.

Da Tabela 9:

NUTS III	z_{REF} m	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{sul} kWh/ (m ² .mês)
		M_{REF} meses	a mês/km	GD_{REF} °C	a °C/km	$\theta_{ext,i_{REF}}$ °C	a °C/km	
Entre Douro e Vouga	298	6,9	1	1 544	1 400	8,4	-5	135
Grande Lisboa	109	5,3	3	1 071	1 700	10,8	-4	150
Grande Porto	94	6,2	2	1 250	1 600	9,9	-7	130
Lezíria do Tejo	73	5,2	3	1 135	2 700	10,2	-7	145
Médio Tejo	168	5,9	0	1 330	1 300	9,5	-4	145
Minho-Lima	268	7,2	1	1 629	1 500	8,2	-5	130

Obtendo G_{sul} igual a 130 kWh/(m².mes) e M igual a 7 meses.

O vão envidraçado encontra-se orientado a Este, pelo que o fator de orientação X_j , de acordo com a Tabela 52 do Manual SCE, tomará o valor de 0,56.

Tabela 52 – Fator de orientação

Orientação do vão j	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O	H
X_j	0,27	0,33	1	0,84	0,56	0,89

A área efetiva coletora do vão envidraçado é determinada pela Equação 99 do Manual SCE:

$$A_{s,i} = A_W \cdot F_g \cdot g_i \quad [m^2] \quad (\text{Eq. 99})$$

Em que:

A_W – Área do vão envidraçado [m^2];

F_g – Fração envidraçada;

g_i – Fator solar de inverno.

O vão envidraçado não possui proteções solares permanentes, pelo que o fator solar na estação de aquecimento será determinado pela Equação 25 do Manual SCE:

Inexistência de dispositivos de proteção solar permanentes

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi} = 0,90 \times g_{\perp,vi} \quad (\text{Eq. 25})$$

Resultando em:

$$g_i = 0,90 \times 0,45 = 0,41$$

O vão envidraçado tem uma área de 6 m^2 e sem obstáculos, pelo que o fator de sombreamento tomará o valor de 1.

O produto do fator de orientação, X_j , com o fator de sombreamento é superior a 0,27, pelo que o fator de sombreamento não é determinado pela Equação 33 do Manual SCE.

Segundo a Tabela 47 do Manual SCE, a fração envidraçada corresponde a 65%:

Tabela 47 – Fração envidraçada

Caixilharia	F_g	
	Sem quadrícula	Com quadrícula
Sem caixilho	1,00	
Metal (Alumínio e aço)	0,70	0,60
PVC e madeira	0,65	0,57
Fachada-cortina de alumínio ou aço	0,90	

Assim, a área efetiva coletora é:

$$A_{s,i} = A_w \cdot F_g \cdot g_i = 6 \times 0,65 \times 0,41 = 1,6 \text{ m}^2$$

Resultando em ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar através do vão envidraçado de:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \sum_j \left(X_j \cdot \sum_n F_{s,i,n_j} A_{s,i,n_j} \right) \cdot M = 130 \times 0,56 \times 1 \times 1,6 \times 7 = \mathbf{815,36 \text{ kWh/ano}}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização

Questão 7

Enunciado:

Considere um apartamento de tipologia T3 incluído num edifício construído em 1989.

Como PQ vai efetuar o levantamento dimensional da fração. De acordo com o Despacho 6476-H/2021 de 1 de julho, pode optar pelos valores por defeito para o coeficiente de redução de perdas b_{ztu} .

- 1. Pode o PQ optar por utilizar estes valores para a caixa de escadas comum, e optar por determinar o coeficiente b_{ztu} da marquise da mesma fração utilizando a metodologia descrita na tabela 16 do mencionado despacho?**

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 7

Resolução:

- 1. Pode o PQ optar por utilizar estes valores para a caixa de escadas comum, e optar por determinar o coeficiente b_{ztu} da marquise da mesma fração utilizando a metodologia descrita na tabela 16 do mencionado despacho?**

Não. De acordo com o subcapítulo 6.3.1. do Despacho 6476-H/2021, "(...) O uso desta simplificação num determinado espaço implica que a mesma seja aplicada a todos os espaços caracterizados por um b_{ztu} ".

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 8

Enunciado: Considere um apartamento de tipologia T3 incluído num edifício construído em 1989. Como PQ vai efetuar o levantamento dimensional da fração.

De acordo com o Despacho 6476-H/2021 de 1 de julho, pode optar pelos valores por defeito para o coeficiente de redução de perdas b_{ztu} .

Sabendo que tal apartamento tem contacto com espaços não aquecidos que são: uma marquise, a caixa de escadas e a caixa de elevadores, e um edifício adjacente; em quais destes casos terão que ser contabilizadas as pontes térmicas lineares?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 8

Resolução:

Sabendo que tal apartamento tem contacto com espaços não aquecidos que são: uma marquise, a caixa de escadas e a caixa de elevadores, e um edifício adjacente; em quais destes casos terão que ser contabilizadas as pontes térmicas lineares?

De acordo com o subcapítulo 7.4. do Despacho 6476-H/2021, “Não se contabilizam PTL em paredes interiores separando um espaço interior útil de um espaço interior não útil ou de um edifício adjacente, desde que $b_{ztu} \leq 0,7$.”.

De acordo com o subcapítulo 6.3.1 do referido despacho “(...) O uso desta simplificação num determinado espaço implica que a mesma seja aplicada a todos os espaços caracterizados por um b_{ztu} .”.

O que resulta que a marquise, a caixa de escadas e a caixa de elevadores sejam espaços não úteis caracterizados por um b_{ztu} de 0,8, onde terá de ser contabilizado o efeito de pontes térmicas lineares, e o edifício adjacente por um b_{ztu} de 0,6, sendo dispensado da contabilização de pontes térmicas lineares.

Reprodução e distribuição proibidas sem autorização expressa

Questão 9

Enunciado: Considere uma moradia de tipologia T4 construída em 1992. Como PQ vai efetuar o levantamento dimensional da fração tendo em vista a emissão de Certificado Energético.

De acordo com o projeto que lhe foi fornecido as paredes exteriores foram construídas com a seguinte composição:

	e [m]	λ [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]	Referência
Estuque	0,02	0,57	0,04	Quadro I.2 ITE50
Tijolo cerâmico furado	0,11	-	0,27	Quadro I.5 ITE50
XPS	0,03	0,037	0,81	Quadro I.1 ITE50
Caixa-de-ar	0,04	-	0,18	Tabela 24 Manual SCE
Tijolo cerâmico furado	0,15	-	0,39	Quadro I.5 ITE50
Reboco tradicional	0,02	1,3	0,02	
		R_j [(m².°C)/W]	1,71	
		R_{se}	0,04	Tabela 23 Manual SCE
		R_{si}	0,13	Tabela 23 Manual SCE
		U [W/(m².°C)]	0,53	

Não sendo possível identificar as heterogeneidades das paredes exteriores, como sejam: pilares, caixas de estore, vigas, etc.; que coeficiente de transmissão térmica superficial utilizaria para as zonas correntes de parede exterior neste processo de certificação?

Questão 9

Resolução:

Não sendo possível identificar as heterogeneidades das paredes exteriores, como sejam: pilares, caixas de estore, vigas, etc.; que coeficiente de transmissão térmica superficial utilizaria para as zonas correntes de parede exterior neste processo de certificação?

De acordo com o subcapítulo 7.1.3.1. do Despacho 6476-H/2021, "Para efeitos da contabilização das PTP na avaliação do DEE, com exceção dos edifícios novos, pode ser considerado um agravamento de 35% do valor de U dos elementos da envolvente opaca, em alternativa à caracterização detalhada nos termos da subsecção 7.1.3".

Como não existe evidência que a solução construtiva garante a ausência ou reduzida contribuição das zonas de PTP, o PQ poderá agravar o coeficiente de transmissão térmica determinado para a zona corrente em 35%.

$$U_{\text{corr}} = 0,53 * 1,35 = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 10

Enunciado: Considere uma moradia de tipologia T4 construída em 1992, em que todos os pavimentos e tetos foram construídos em betão armado, os tetos estão revestidos a estuque, pavimentos revestidos a mosaico cerâmico, paredes de compartimentação interior em alvenaria de blocos de betão com reboco tradicional nas duas faces, paredes da envolvente exterior em alvenaria simples de blocos de betão com revestimento interior a lã de rocha e painel de gesso cartonado, e paredes da envolvente interior na separação com a garagem compostas por alvenaria de blocos de betão com reboco.

Como PQ e tendo em vista a emissão de Certificado Energético, que classe de inércia térmica interior consideraria, se optasse pela determinação com base na simplificação vertida no Despacho 6476-H/2021?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 10

Resolução:

Como PQ e tendo em vista a emissão de Certificado Energético, que Classe de Inércia Térmica Interior consideraria, se optasse pela determinação com base na simplificação vertida no Despacho 6476-H/2021?

De acordo com a Tabela 41 do Despacho 6476-H/2021:

Tabela 41 – Regras de simplificação para determinação da classe de inércia térmica

Classe de Inércia	Soluções
Inércia Forte ($I_t = 475 \text{ kg/m}^2$)	Sem soluções de isolamento térmico pelo interior
	Pavimento e teto em betão armado ou pré-esforçado
	Revestimento de teto em estuque ou reboco
	Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pelo, exceto pavimentos flutuantes
	Paredes de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco
	Paredes exteriores e interiores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco
Inércia Média ($I_t = 275 \text{ kg/m}^2$)	Caso não se verifiquem, cumulativamente, as soluções aplicáveis às classes de inércia Forte ou Fraca

No presente caso, as paredes exteriores têm isolamento térmico pelo interior, apesar de cumprirem quase a totalidade dos requisitos para classe de inércia forte, pelo que terá que ser considerada a classe de **inércia térmica média**.

Questão 11

Enunciado: Considere uma moradia de tipologia T4 construída em Seia no ano de 1992, tendo a visita do Perito Qualificado ao imóvel em 2022. A moradia dispõe de sistema de coletores solares térmicos com 4m² instalados no ano 2000. Os painéis estão orientados a Sul com uma inclinação de 35°, e encontram-se sombreados por um obstáculo de altura angular 20°.

Ao Perito Qualificado não foram fornecidos dados que permitissem comprovar que os painéis fossem certificados, nem conseguiu obter as características técnicas dos mesmos.

Deve o PQ considerar a contribuição do sistema solar térmico no cálculo das necessidades nominais de energia primária? Em caso afirmativo, qual o valor de E_{ren} a considerar?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 11

Resolução:

Deve o PQ considerar a contribuição do sistema solar térmico no cálculo das necessidades nominais de energia primária? Em caso afirmativo, qual o valor de E_{ren} a considerar?

De acordo com o subcapítulo 16.1.5.1 do Despacho 6476-H/2021 “Na ausência de informação sobre o sistema solar térmico que permita a determinação do E_{ren} recorrendo ao programa referido, nas situações em que o sistema não se encontra sujeito à verificação de requisitos, este deve ser determinado conforme as equações seguintes:”

$$E_{ren} = E_{solar_{ref}} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 128)$$

$$E_{solar_{ref}} = 0,44 \cdot A_C \cdot G_h \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 129)$$

Em que:

E_{ren} – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício [kWh/ano];

$E_{solar_{ref}}$ – Valor de referência da contribuição anual de sistemas solares térmicos para AQS [kWh/ano];

f_1 – Fator de redução relativo ao posicionamento ótimo, conforme Tabela 82;

f_2 – Fator de redução relativo ao sombreamento, conforme Tabela 83;

f_3 – Fator de redução relativo à idade do equipamento, conforme Tabela 84;

A_C – Área total de captação dos coletores [m^2];

G_h – Radiação solar média anual recebida numa superfície horizontal, conforme Tabela 81 [kWh/(m^2 .ano)].

O concelho de Seia encontra-se no NUTS III “Serra da Estrela” que, de acordo com a Tabela 81 do Manual SCE, tem uma radiação solar média anual recebida numa superfície horizontal, G_h , de 1635 kWh/(m^2 .ano).

O enunciado descreve que o sistema solar encontra-se orientado a Sul com uma inclinação de 35°, resultando num fator de redução relativo ao posicionamento ótimo de 1.

Tabela 82 – Fator de redução relativo ao posicionamento ótimo

f_1		Azimute					
		0° a +15° 0° a -15°	+16° a +30° -16° a -30°	+31° a +45° -31° a -45°	+46° a +60° -46° a -60°	+61° a +75° -61° a -75°	+76° a +90° -76° a -90°
Inclinação	0° a 15°	0,92	0,92	0,89	0,88	0,87	0,87
	16° a 30°	1,00	1,00	0,96	0,92	0,90	0,87
	31° a 45°	1,00	1,00	0,98	0,95	0,90	0,85
	46° a 60°	0,98	0,98	0,96	0,93	0,88	0,82
	61° a 75°	0,90	0,90	0,90	0,87	0,83	0,76
	76° a 90°	0,75	0,77	0,77	0,76	0,73	0,67

Existe também a indicação que o sistema solar encontra-se sombreado por um obstáculo de altura angular de 20°, resultando num fator de redução relativo ao sombreadamento de 1.

Tabela 83 – Fator de redução relativo ao sombreadamento

$f_{2,1}$		Azimute		
		0° a +30° 0° a -30°	+31° a +60° -31° a -60°	+61° a +90° -61° a -90°
Altura angular	0° a 30°	1,00	1,00	1,00
	31° a 60°	0,97	0,98	0,99
	61° a 90°	0,96	0,97	0,98

Havendo indicação que o sistema de coletores solares térmicos foi instalado no ano 2000, o fator de redução relativo à idade é de 0,8.

Tabela 84 – Fator de redução relativo à idade

Idade [anos]	f_3
0 a 9	1,00
10 a 19	0,90
20 a 29	0,80
≥ 30	0,50

O que resulta num valor de referência da contribuição anual, $E_{solar,ref}$, e num valor de energia produzida, E_{ren} , de:

$$E_{solar,ref} = 0,44 \times A_c \cdot G_h = 0,44 \times 4 \times 1635 = 2877,6 \text{ kWh/ano}$$

$$E_{ren} = E_{solar,ref} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 = 2877,6 \times 1 \times 1 \times 0,80 = \mathbf{2302,1 \text{ kWh/ano}}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 12

Enunciado:

Considere um apartamento existente, construído em 1970, com:

- Área de paredes exteriores igual a 60 m²;
- Paredes exteriores com uma espessura de 35 cm.

Na impossibilidade de se identificar direta ou indiretamente o tipo e a constituição das paredes exteriores, foi retirado o valor de U constante no Manual SCE para paredes simples ou duplas (situada em Viana do Castelo a 70 m 60). Porém, como não existem evidências de que a solução construtiva garanta a ausência ou reduzida contribuição de zonas de ponte térmica plana, o valor em causa foi majorado em 35% pelo que o valor de U utilizado no cálculo foi de 1,296 W/(m².°C).

Irá ser proposta uma medida de melhoria que consiste na aplicação exterior, de forma contínua, de EPS com 20 kg/m³ e uma espessura de 80 mm.

Em termos de cálculo, qual o valor da redução da transferência de calor por transmissão [W/°C] proporcionada pela medida de melhoria em causa?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 12

Resolução:

Em termos de cálculo, qual o valor da redução da transferência de calor por transmissão [W/°C] proporcionada pela medida de melhoria em causa?

Situação inicial

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_l [\psi_j \cdot B_j] = 1,296 \times 60 = 77,76 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Situação final

A medida de melhoria irá garantir a redução da contribuição de zonas de PTP através da aplicação de isolamento pelo exterior aplicado de forma contínua, pelo que não deverá ser majorado o valor U da parede exterior.

$$U_{sem\ majoração} = \frac{1,296}{1,35} = 0,96 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Acrescentando a contribuição do isolamento térmico, teremos:

$$U_{final} = \frac{1}{\frac{1}{U_{inicial}} + R_{EPS}} = \frac{1}{\frac{1}{0,96} + \frac{0,08}{0,04}} = 0,33 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Resultando numa transferência de calor através das paredes exteriores de:

$$H_{ext} = 0,33 \times 60 = 19,8 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

O valor da redução da transferência de calor por transmissão [W/°C] proporcionada pela medida de melhoria em causa é de $77,76 \text{ W/}^\circ\text{C} - 19,8 \text{ W/}^\circ\text{C} = 57,96 \text{ W/}^\circ\text{C}$.

Questão 13

Enunciado: Considere um apartamento existente, construído em 1970, com:

- Área de vãos envidraçados exteriores igual a 10 m²;
- Área de vãos envidraçados em contacto com ENU's fortemente ventilados igual a 3 m²;
- Vãos envidraçados exteriores e em contacto com ENU's constituídos por caixilharia de alumínio, de correr, sem corte térmico, sem classificação no que diz respeito à permeabilidade ao ar, vidro simples incolor com 6 mm e proteção solar exterior constituída por persiana de réguas plásticas de cor clara.

Irá ser proposta uma medida de melhoria que consiste na substituição das caixilharias existentes por novas caixilharias em alumínio, de abrir, com corte térmico, classe 4 no que diz respeito à permeabilidade ao ar e vidro duplo incolor 6 mm + 16 mm low ϵ + 4 mm.

Em termos de cálculo, qual o valor da redução da transferência de calor por transmissão [W/°C] proporcionada pela medida de melhoria em causa?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 13

Resolução:

Em termos de cálculo, qual o valor da redução da transferência de calor por transmissão $[W/°C]$ proporcionada pela medida de melhoria em causa?

Situação inicial

Por falta de melhor informação, o valor de U_w dos vãos envidraçados é retirado do ITE 50:

QUADRO III.2

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA
VÃOS ENVIDRAÇADOS VERTICAIS
CAIXILHARIA METÁLICA
 $U [W/(m^2 \cdot °C)]$

A – SEM CORTE TÉRMICO

Tipo de vão envidraçado	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	$U_w^{(1)}$ $[W/(m^2 \cdot °C)]$	$U_{wdn}^{(2)}$ $[W/(m^2 \cdot °C)]$		
					Dispositivo de oclusão nocturna		
					Cortina interior opaca	Outros dispositivos	
Com permeabilidade ao ar elevada	Com permeabilidade ao ar baixa						
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	fixa	—	6,0	4,9	4,5	3,8
		giratória	—	6,2	5,0	4,6	3,9
		de correr	—	6,5	5,2	4,8	4,1
	2 (vidro duplo)	fixa	6	3,9	3,4	3,2	2,8
			16	3,5	3,1	2,9	2,6
			16 low e ⁽³⁾	3,1	2,8	2,6	2,3
		giratória	6	4,3	3,7	3,4	3,0
			16	3,8	3,3	3,1	2,7
			16 low e ⁽³⁾	3,6	3,2	3,0	2,6
		de correr	6	4,5	3,9	3,6	3,1
			16	4,0	3,5	3,3	2,9
			16 low e ⁽³⁾	3,7	3,3	3,1	2,7
Duplo ⁽⁴⁾ (2 janelas)	1 (vidro simples) em cada janela	fixa, giratória ou de correr	50 a 100 mm (distância entre janelas)	3,1	2,8	2,6	2,3

Para os vãos envidraçados exteriores, do Quadro III.2 do ITE 50, o valor de U_w igual a $6,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ é obtido.

De modo a considerar o efeito da persiana de régua plástica de cor clara, recorreremos à Tabela 45 do Manual SCE:

Tabela 45 – Resistência térmica adicional devido ao dispositivo de proteção ativado

Dispositivo de proteção solar (Fluxo horizontal)		ΔR [$(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$]
Cortinas e lonas		0,08
Estore veneziano de lâminas		0,08
Persiana	Réguas de madeira	0,16
	Réguas metálicas	0,12
	Réguas plásticas com preenchimento de isolante	0,19
	Réguas plásticas sem preenchimento de isolante	0,16
Portada	Réguas	0,08
	Opaca de madeira (outras espessuras)	0,16
	Opaca de madeira com 25 a 30 mm de espessura	0,22
	Opaca de plástico com preenchimento de isolante	0,19
	Opaca de plástico sem preenchimento de isolante	0,16
	Opaca metálica	0,12

Pelo que será considerado o valor mais conservador, $0,16 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$, obtendo valores de U_{ws} e U_{wdn} de:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{6,5} + 0,16} = 3,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$U_{WDN} = \frac{U_w + U_{ws}}{2} = 4,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Para os vãos envidraçados em contacto com ENU's, será necessário corrigir os coeficientes obtidos para os vãos envidraçados exteriores, substituindo a resistência térmica superficial exterior contida por uma resistência térmica superficial interior:

$$U_{W,enu} = \frac{1}{\frac{1}{6,5} - 0,04 + 0,13} = 4,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

De acordo com o disposto na nota da Tabela 16 do Manual SCE: “Em espaços fortemente ventilados, nos termos da alínea b) da subsecção 7.1.1. deve o b_{ztu} assumir o valor igual a 1”. Assim, o b_{ztu} para os ENU's em contacto com os vãos envidraçados interiores terá o valor de 1, resultando:

$$H_{tr} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs}$$

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_l [\psi_j \cdot B_j] = 4,85 \times 10 = 48,5 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$H_{enu} = b_{ztu} \times \left[\sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_l [\psi_j \cdot B_j] \right] = 1 \times [4,1 \times 3] = 12,3 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$H_{tr, inicial} = 48,5 + 12,3 = 60,8 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Situação final

A medida de melhoria irá substituir as caixilharias existentes por novas caixilharias em alumínio com corte térmico, de corre, e vidro duplo incolor 6 mm + 16 mm low ϵ + 4 mm.

Do Quadro III.2 do ITE50:

QUADRO III.2 (cont.)

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA
VÃOS ENVIDRAÇADOS VERTICAIS
CAIXILHARIA METÁLICA
U [W/(m² · °C)]

B – COM CORTE TÉRMICO

Tipo de vão envidraçado	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	U _w ⁽¹⁾ [W/(m ² · °C)]	U _{wdn} ⁽²⁾ [W/(m ² · °C)]		
					Dispositivo de oclusão nocturna		
					Cortina interior opaca	Com permeabilidade ao ar elevada	Com permeabilidade ao ar baixa
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	fixa, giratória ou de correr	—	5,4	4,5	4,1	3,6
	2 (vidro duplo)		6	3,7	3,3	3,1	2,7
			16	3,3	2,9	2,8	2,5
			16 low ϵ ⁽³⁾	3,0	2,7	2,6	2,3

Para o vão envidraçado exterior, do Quadro III.2 do ITE 50, o valor de U_w igual a 3,0 W/(m².°C) é obtido.

O vão envidraçado continuará equipado com a persiana de régua plástica de cor clara, considerando o valor de resistência térmica adicional de 0,16 (m².°C)/W, obtendo valores de U_{ws} e U_{wdn} de:

$$U_{WS} = \frac{1}{\frac{1}{3,0} + 0,16} = 2,03 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$U_{WDN} = \frac{U_w + U_{WS}}{2} = 2,52 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

Para os vãos envidraçados em contacto com ENU's, será necessário corrigir os coeficientes obtidos para os vãos envidraçados exteriores, substituindo a resistência térmica superficial exterior contida por uma resistência térmica superficial interior:

$$U_{W,enu} = \frac{1}{\frac{1}{3,0} - 0,04 + 0,13} = 2,36 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

O que resulta em valores de transferência de calor por transmissão de:

$$H_{tr} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs}$$

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_l [\psi_j \cdot B_j] = 2,52 \times 10 = 25,2 \text{ W/°C}$$

$$H_{enu} = b_{ztu} \times \left[\sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_l [\psi_j \cdot B_j] \right] = 1 \times [2,36 \times 3] = 7,08 \text{ W/°C}$$

$$H_{tr,final} = 25,2 + 7,08 = 32,28 \text{ W/°C}$$

Assim, o valor da redução da transferência de calor por transmissão [W/°C] proporcionada pela medida de melhoria em causa é de 60,8 W/°C - 32,28 W/°C = 28,52 W/°C.

Questão 14

Enunciado: Considere um apartamento existente, construído em 1970, com:

- Área de vãos envidraçados exteriores, todos orientados a sudoeste, igual a 5 m²;
- Vãos envidraçados exteriores constituídos por caixilharia de alumínio, sem quadrícula, de correr, sem corte térmico, sem classificação no que diz respeito à permeabilidade ao ar, vidro simples incolor com 6 mm e proteção solar exterior constituída por persiana de réguas plásticas de cor clara;
- Não existem proteções permanentes.

Irá ser proposta uma medida de melhoria que consiste na substituição das caixilharias existentes por novas caixilharias em PVC, sem quadrícula, de abrir, classe 4 no que diz respeito à permeabilidade ao ar, com vidro duplo cujo fator solar é de 0,58.

Em termos de cálculo, qual o valor da redução da área efetiva dos vãos envidraçados exteriores a considerar na estação de arrefecimento, $A_{s,v}$ [m²] proporcionada pela medida de melhoria em causa ?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 14

Resolução:

Em termos de cálculo, qual o valor da redução da área efetiva dos vãos envidraçados exteriores a considerar na estação de arrefecimento, $A_{s,v}$ [m²] proporcionada pela medida de melhoria em causa ?

Situação inicial

A área efetiva coletora da radiação solar ($A_{s,v}$) corresponde à área que é utilizada para efeitos de contabilização dos ganhos solares, conforme a Equação 115 do Manual SCE:

$$A_{s,v} = A_W \cdot F_g \cdot g_v \quad [m^2] \quad (\text{Eq. 115})$$

Em que:

A_W – Área do vão envidraçado [m²];

F_g – Fração envidraçada;

g_v – Fator solar de verão.

A área do vão envidraçado é 5 m². Sendo o vão envidraçado de alumínio sem quadrícula, de acordo com a Tabela 47 do capítulo 8.2. a fração envidraçada é de 0,7.

Tabela 47 – Fração envidraçada

Caixilharia	F_g	
	Sem quadrícula	Com quadrícula
Sem caixilho	1,00	
Metal (Alumínio e aço)	0,70	0,60
PVC e madeira	0,65	0,57
Fachada-cortina de alumínio ou aço	0,90	

O vão envidraçado não tem proteções permanentes, e uma proteção solar exterior móvel constituída por persiana de réguas plásticas de cor clara.

De acordo com o subcapítulo 8.3.1.2. do Manual SCE, o fator solar do vão envidraçado nestas condições é determinado pela Equação 29:

Existência apenas de dispositivos de proteção solar móveis

$$g_v = F_{mv} \cdot g_{tot} + (1 - F_{mv}) \cdot F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} \quad (Eq. 29)$$

Com:

Tabela 49 – Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados

Orientação do vão	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O	H
F_{mv}	0	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9

Tabela 50 – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento

Orientação do vão	$F_{w,v}^{(1)}$				
	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85

(1) Nos restantes casos, incluindo a orientação horizontal, $F_{w,v} = 0,90$

Tabela 48 – Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,vc}$					
		Vidro simples $g_{\perp,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{\perp,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Dispositivos de proteção exteriores							
Estore veneziano de lâminas de madeira	Não	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08
Estore veneziano de lâminas metálicas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09
Lona muito transparente	Não	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20
Lona opaca	Não	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
Lona pouco transparente	Não	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
Persiana de réguas de madeira	Sim	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Persiana de réguas metálicas ou plásticas	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Portada de lâminas fixas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09

Tabela 51 – Fator solar de áreas transparentes

Tipo de solução	$g_{\perp,vi}$
Vidro simples	
Incolor 4 mm	0,88
Incolor 5 mm	0,87
Incolor 6 mm	0,85
Incolor 8 mm	0,82
Colorido na massa 4 mm	0,70
Colorido na massa 5 mm	0,65
Colorido na massa 6 mm	0,60
Colorido na massa 8 mm	0,50
Refletante Incolor 4 a 8 mm	0,60
Refletante colorido na massa 4 a 5 mm	0,50
Refletante colorido na massa 6 a 8 mm	0,45
Fosco	(1)

Como o 1º elemento de proteção solar, do exterior para o interior, é opaco, o valor de g_{tot} assume o valor retirado da tabela. Assim, o fator solar de verão é:

Existência apenas de dispositivos de proteção solar móveis

$$g_v = F_{mv} \cdot g_{tot} + (1 - F_{mv}) \cdot F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} \quad (\text{Eq. 29})$$

$$g_v = F_{mv} \cdot g_{tot} + (1 - F_{mv}) \cdot F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} = 0,7 \times 0,07 + 0,3 \times 0,9 \times 0,85 = 0,279$$

E:

$$A_{s,v} = A_W \cdot F_g \cdot g_v = 5 \times 0,7 \times 0,279 = 0,977 \text{ m}^2$$

Situação final

As caixilharias irão ser substituídas por caixilharias em PVC, sem quadrícula, com vidro duplo cujo fator solar é de 0,58.

Tabela 47 – Fração envidraçada

Caixilharia	F_g	
	Sem quadrícula	Com quadrícula
Sem caixilho	1,00	
Metal (Alumínio e aço)	0,70	0,60
PVC e madeira	0,65	0,57
Fachada-cortina de alumínio ou aço	0,90	

Tratando-se de um vidro duplo, os valores do fator de correção da seletividade angular e fator solar do vão envidraçado são alterados:

Tabela 50 – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento

Orientação do vão	$F_{w,v}^{(1)}$				
	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85

(1) Nos restantes casos, incluindo a orientação horizontal, $F_{w,v} = 0,90$

Tabela 48 – Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,vc}$					
		Vidro simples $g_{L,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{L,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Dispositivos de proteção exteriores							
Estore veneziano de lâminas de madeira	Não	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08
Estore veneziano de lâminas metálicas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09
Lona muito transparente	Não	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20
Lona opaca	Não	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
Lona pouco transparente	Não	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
Persiana de réguas de madeira	Sim	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Persiana de réguas metálicas ou plásticas	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Portada de lâminas fixas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09

Resultando em:

$$g_v = F_{mv} \cdot g_{tot} + (1 - F_{mv}) \cdot F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} = 0,7 \times 0,04 + 0,3 \times 0,85 \times 0,58 = 0,176$$

$$A_{s,v} = A_W \cdot F_g \cdot g_v = 5 \times 0,65 \times 0,176 = 0,572 \text{ m}^2$$

Resposta: O valor da redução da área efetiva dos vãos envidraçados exteriores a considerar na estação de arrefecimento, $A_{s,v}$ [m²] proporcionada pela medida de melhoria em causa é de $0,977 \text{ m}^2 - 0,572 \text{ m}^2 = 0,405 \text{ m}^2$.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 15

Enunciado: Considere um apartamento existente, construído em 1970, com:

- Área interior útil de pavimento igual a 100 m²;
- Lareira aberta na sala cuja área é igual a 30 m²;
- Rede de gás natural;
- Esquentador para produção de AQS com uma eficiência de 0,88;
- Ventilação natural.

Não existem quaisquer equipamentos de climatização instalados e não foi possível comprovar a existência de isolamento nas tubagens da rede de distribuição interna de AQS.

$N_{ic} = 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$, $N_i = 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$, $N_{vc} = 6 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$, $N_v = 9 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$
e $Q_a = 2377,29 \text{ kWh/ano}$.

No verão o fator de utilização dos ganhos térmicos é superior ao respetivo fator de referência.

Irá ser proposta uma medida de melhoria que consiste na instalação na lareira aberta de um recuperador de calor a lenha com uma eficiência de 0,75.

Qual o valor da redução da razão N_{ic}/N_i proporcionada pela medida de melhoria em causa?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 15

Resolução:

Situação inicial

Edifício previsto

Uma vez que no verão o fator de utilização dos ganhos térmicos é superior ao respetivo valor de referência, $\delta_v = 0$, pelo que não é contabilizada no N_{tc} a parcela do N_{vc} .

O equipamento por defeito para satisfazer as necessidades de aquecimento ambiente é obtido da Tabela 95 do Manual SCE:

Tabela 95 – Eficiência dos sistemas por defeito em edifícios de habitação

Tipo de uso		Sistema por defeito	Eficiência do sistema
Aquecimento		Resistência elétrica	1,00
Arrefecimento		Split com permuta a ar ⁽¹⁾	3,00
AQS	O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso	Caldeira a gás ⁽²⁾	0,89
	O edifício não dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso	Termoacumulador elétrico	0,95

(1) Não deve ser contabilizada a componente renovável associada a este tipo de sistema

(2) Considerar o mesmo tipo de gás da rede de abastecimento de combustível gasoso

E os fatores de conversão são obtidos da Tabela 106 do Manual SCE:

Tabela 106 – Fatores de conversão de energia final para energia primária

Tipo de energia	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2,5
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1,0
Energia térmica de origem renovável	1,0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1,06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1,86
Energia proveniente de sistemas de trigeração no edifício de referência	1,70

A parcela no N_{tc} referente ao aquecimento ambiente terá uma eficiência de 1 e um fator de conversão de energia final para energia primária de 2,5, enquanto a parcela da preparação de AQS terá uma eficiência do sistema previsto de 0,88, um fator de conversão de energia final para energia primária de 1, e afetado por um fator de 0,9 devido à impossibilidade de comprovar a existência de isolamento nas tubagens da rede de distribuição interna de AQS e pelo fator da idade do sistema, $F_{age} = 0,8$, obtido da Tabela 76 do Manual SCE, utilizando como idade do sistema o ano de construção do apartamento.

$$\begin{aligned}
 N_{tc} &= \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_k} \right) \delta_i F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \right) \delta_v F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} F_{pu,j} \\
 &\quad - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} F_{pu,p} \\
 &= \frac{1 \times 50}{1} \times 1 \times 2,5 + \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \times 0 \times F_{pu,j} + \frac{1 \times \frac{2377,29}{100}}{0,88 \times 0,8 \times 0,90} \times 1 + 0 - 0 \\
 &= 162,52 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{aligned}$$

Edifício de referência

Os equipamentos de referência para edifícios de habitação encontram-se na Tabela 99 do Manual SCE, com base nos sistemas admitidos no edifício previsto:

Tabela 99 – Eficiência de referência dos sistemas em edifícios de habitação

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Eficiência a considerar no edifício de referência
Aquecimento	Sistema que recorre a queima de combustível	0,89
	<i>Split, multisplit e VRF</i> com permuta exterior a ar	3,40
	Unidades compactas com permuta exterior a ar	3,20
	<i>Split, multisplit e VRF</i> com permuta exterior a água	3,70
	Unidades compactas com permuta exterior a água	4,40
	<i>Rooftop</i> com permuta exterior a ar	3,20
	<i>Rooftop</i> com permuta exterior a água	4,40
	<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar	3,00
	<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a água	4,15
	Cogeração ou trigeração	1,00
	Outros sistemas que recorram a eletricidade	1,00
	Sistema por defeito	1,00
Arrefecimento	<i>Split, multisplit e VRF</i> permuta exterior a ar	3,00
	Unidades compactas permuta exterior a ar	2,80
	<i>Split, multisplit e VRF</i> permuta exterior a água	3,30
	Unidades compactas permuta exterior a água	4,10
	<i>Rooftop</i> com permuta exterior a ar	2,80
	<i>Rooftop</i> com permuta exterior a água	4,10
	<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar	2,90
	<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a água	4,65
	Cogeração ou trigeração	1,00
	Outros sistemas que recorram a eletricidade	3,00
	Sistema por defeito	3,00
AQS	Sistema que recorre a queima de combustível	0,89
	Bomba de calor	2,80
	Cogeração ou trigeração	1,00
	Outros sistemas que recorram a eletricidade	0,95
	Sistema por defeito	O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso
O edifício não dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso		0,95

Resultando num N_t e respetivo R_{Nt} :

$$\begin{aligned}
 N_t &= \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_{a,ref}}{A_p}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} \\
 &= \frac{1 \times 25}{1} \times 2,5 + \frac{1 \times 9}{3} \times 2,5 + \frac{1 \times \frac{2377,29}{100}}{0,89} \times 1 = 96,71 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \\
 R_{Nt} &= \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{162,52}{96,71} = 1,68
 \end{aligned}$$

Com a classificação D, com base na Tabela 108 do Manual SCE.

Situação final

Após a implementação da medida de melhoria, a parcela referente ao aquecimento ambiente terá uma componente assegurada pelo recuperador de calor, $f_{i,recuperador \text{ de calor}} = 0,3$, referente à área que serve (Área da sala/Área do apartamento), com eficiência de 0,75, e uma componente assegurada pelo sistema por defeito, $f_{i,sistema \text{ por defeito}} = 0,7$, com eficiência de 1.

No cálculo do N_{tc} , uma vez que a biomassa é energia renovável, a parcela da lareira com recuperador de calor a lenha entra na expressão com o mesmo valor, mas inicialmente com sinal positivo nas necessidades de aquecimento ambiente, e por fim com sinal negativo na parcela da energia renovável, anulando-se, portanto, as componentes.

$$\begin{aligned}
 N_{tc} &= \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_k} \right) \delta_i F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \right) \delta_v F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} F_{pu,j} \\
 &\quad - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} F_{pu,p} \\
 &= \frac{0,7 \times 50}{1} \times 1 \times 2,5 + \frac{0,3 \times 50}{0,75} \times 1 \times 1 + \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \times 0 \times F_{pu,j} \\
 &\quad + \frac{1 \times \frac{2377,29}{100}}{0,88 \times 0,8 \times 0,90} \times 1 + 0 - \frac{0,3 \times 50}{0,75} \times 1 = 125,02 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_t &= \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_{a,ref}}{A_p}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} \\
 &= \frac{0,7 \times 25}{1} \times 2,5 + \frac{0,3 \times 25}{0,89} \times 1 + \frac{1 \times 9}{3} \times 2,5 + \frac{1 \times \frac{2377,29}{100}}{0,89} \times 1 \\
 &= 86,39 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{aligned}$$

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{125,02}{86,39} = 1,45$$

Com a classificação C, com base na Tabela 108 do Manual SCE.

Resposta: O valor da redução da razão R_{Nt} proporcionada pela medida de melhoria em causa é de $1,68 - 1,45 = 0,23$.

Questão 16

Enunciado:

Calcule o valor, em $W/^\circ C$, da ponte térmica linear referente à ligação entre a fachada e a caixilharia de um vão envidraçado de dimensões $2\text{ m} * 2,1\text{ m}$, sabendo que o isolamento térmico da parede contacta com a caixilharia.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 16

Resolução:

Da Tabela 33 do Manual SCE, o valor do coeficiente de transmissão linear para uma ligação entre a fachada e a caixilharia de um vão envidraçado em que o isolamento térmico contacta com a caixilharia é de 0,1 W/(m.°C).

Tipo de ligação		ψ [W/(m.°C)]		
		Isolamento da parede		
		Interior	Exterior	Outro (*)
Duas paredes verticais em ângulo saliente		0,10	0,40	0,50
Fachada com caixilharia	Isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	0,10	0,10	0,10
	Isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	0,25	0,25	0,25
Zona da caixa de estores		0,30	0,30	0,30

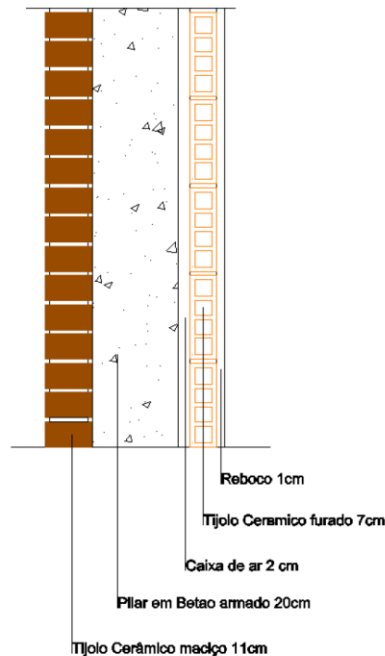
O perímetro do vão envidraçado é de $2 \times (2,1 + 2) = 8,2$ m.

O produto entre o coeficiente de transmissão linear e o desenvolvimento linear resulta em:

$$H_{ext(PTL)} = B \times \psi = 8,2 \times 0,1 = \mathbf{0,82 \text{ W}/^{\circ}\text{C}}$$

Questão 17

Enunciado: Calcule o valor por unidade de área (kg/m^2) com que a solução da ponte térmica plana seguinte contribui para a inércia térmica da fração de habitação.



Na superfície corrente de fachada existe então um pilar de betão armado de secção 20 cm x 30 cm, sendo esta zona de ponte térmica plana constituída pelos seguintes elementos, indicados pela ordem do sentido do exterior para o interior do compartimento:

- Tijolo maciço com 11 cm de espessura ($2000 \text{ kg}/\text{m}^3$ incluindo argamassa de assentamento);
- Pilar de betão armado com 20 cm espessura ($2400 \text{ kg}/\text{m}^3$);
- Caixa-de-ar com 2 cm de espessura;
- Tijolo furado com 7 cm de espessura ($1200 \text{ kg}/\text{m}^3$ incluindo argamassa de assentamento);
- Reboco tradicional de argamassa de cimento e cal hidráulica com 1 cm de espessura ($1800 \text{ kg}/\text{m}^3$).

Questão 17

Resolução:

O elemento ilustrado trata-se de um elemento do tipo EL1, que tem como limite de massa superficial útil de 150 kg/m^2 , de acordo com a Tabela 36 do Manual SCE.

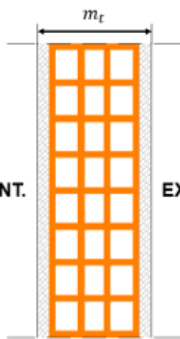
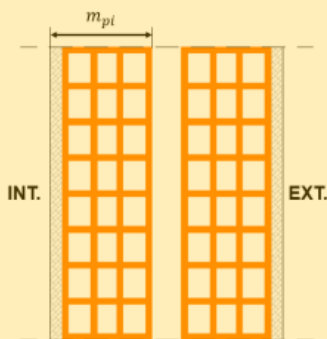
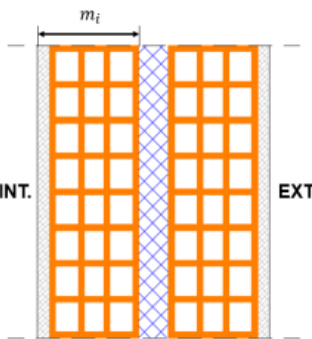
Tabela 36 – Regras e valores limite por tipo de elemento

Tipo de elemento	Tabela	Limite
EL1	Tabela 37	$M_{si} \leq 150 \text{ kg/m}^2$
EL2	Tabela 38	$M_{si} \leq 150 \text{ kg/m}^2$
EL3	Tabela 39	$M_{si} \leq 300 \text{ kg/m}^2$ (*)

(*) Caso este tipo de elemento possua isolamento térmico, deve ser determinada a massa de cada face, encontrando-se cada uma limitada a um máximo igual ou inferior a 150 kg/m^2

Tratando-se de um elemento com caixa-de-ar, enquadra-se na segunda categoria da Tabela 37, sendo contabilizada para a massa superficial útil as camadas entre o espaço interior e a caixa-de-ar.

Tabela 37 – Elementos do tipo EL1

1) Sem isolamento térmico e sem caixa-de-ar	2) Sem isolamento térmico e com caixa-de-ar	3) Com isolamento térmico
		
$M_{si} = \frac{m_t}{2} \text{ [kg/m}^2\text{]}$	$M_{si} = m_{pi} \text{ [kg/m}^2\text{]}$	$M_{si} = m_i \text{ [kg/m}^2\text{]}$
m_t – Massa total do elemento [kg/m ²]	m_{pi} – Massa do pano interior. Massa do elemento interior, até à caixa-de-ar [kg/m ²]	m_i – Massa do elemento interior até ao isolamento térmico (*) [kg/m ²]
$M_{si} \leq 150 \text{ kg/m}^2$	$M_{si} \leq 150 \text{ kg/m}^2$	$M_{si} \leq 150 \text{ kg/m}^2$

(*) Caso se verifique a existência de uma caixa-de-ar entre o espaço interior útil e o isolamento térmico, deverá ser considerado o previsto na situação 2)

Resultando numa massa superficial útil de:

- Reboco tradicional de argamassa com 1 cm de espessura e 1800 kg/m³ de massa volúmica. $M_{si} = 1800 * 0,01 = 18 \text{ kg/m}^2$;
- Tijolo furado com 7 cm de espessura e 1200 kg/m³ de massa volúmica. $M_{si} = 1200 * 0,07 = 84 \text{ kg/m}^2$.

$$M_{si} = m_{pi} = 18 + 84 = \mathbf{102 \text{ kg/m}^2}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 18

Enunciado: Considere que a parede exterior, dupla com caixa de ar, de uma moradia unifamiliar, em projeto, apresenta um $U = 1,29 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e que como projetista pretende melhorar o respetivo isolamento térmico. Indique qual a espessura comercial de poliestireno extrudido (XPS) que deverá ser adotada para que o U da parede em causa passe a ser de $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$?

Considere que as espessuras comerciais disponíveis no mercado são as seguintes (30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 e 140 mm).

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 18

Resolução:

Situação inicial

O valor da resistência total inicial é de:

$$R_{tot, inicial} = \frac{1}{U_{inicial}} = \frac{1}{1,29} = 0,775 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

Situação final

O valor da resistência total final é de:

$$R_{tot, final} = \frac{1}{U_{final}} = \frac{1}{0,35} = 2,857 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

A camada de XPS terá que garantir uma resistência igual ou superior a $2,857 - 0,775 = 2,082 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$.

Do ITE50, a condutibilidade térmica de XPS é de $0,037 \text{ (m} \cdot \text{°C)/W}$.

QUADRO I.1		CONDUTIBILIDADES TÉRMICAS ISOLANTES TÉRMICOS	
		$\lambda \text{ [W/(m} \cdot \text{°C)]}$	
Material	Massa volúmica aparente seca, ρ [kg/m ³]	Condutibilidade térmica, valor de cálculo, λ [W/(m · °C)]	
ISOLANTES TÉRMICOS			
<i>lã mineral (MW)</i>			
lã de rocha	20 – 35	0,045	
	35 – 100	0,040	
	100 – 180	0,042	
lã de vidro	8 – 15	0,045	
	15 – 100	0,040	
<i>aglomerado de cortiça expandida (ICB)</i>		90 – 140	0,045
<i>aglomerado de cortiça natural com ligantes betuminosos ou sintéticos</i>		100 – 150	0,050
		150 – 250	0,055
<i>poliestireno expandido moldado (EPS)</i>	< 11	0,055	
	11 – 13	0,045	
	13 – 15	0,042	
	15 – 20	0,040	
	> 20	0,037	
<i>poliestireno expandido extrudado (XPS)</i>		25 – 40	0,037

A resistência de um material homogêneo é obtida através da divisão da espessura da camada e da condutibilidade térmica do material.

$$R_{XPS} = \frac{e_{XPS}}{\lambda}$$

Obtendo:

$$e_{XPS} = R_{XPS} \cdot \lambda = 2,082 \times 0,037 = 0,077 \text{ m}$$

Deve aplicar-se XPS de 80 mm de espessura.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 19

Enunciado: Considere um edifício de habitação multifamiliar a construir em Valongo constituído por 16 frações autónomas T3 e 16 frações autónomas T2. Cada fração autónoma T3 tem uma área útil de $100,61 \text{ m}^2$ e cada fração autónoma T2 tem uma área útil de $76,04 \text{ m}^2$, sendo o pé-direito de todas as frações igual a $2,7 \text{ m}$. A ventilação do edifício é assegurada por um sistema centralizado, através de extração mecânica, com evacuação permanente de $5000 \text{ m}^3/\text{h}$. O ventilador mecânico tem as seguintes características:

- Funcionamento contínuo (24h/dia);
- Potência total é de $0,833 \text{ kW}$;
- Diferença de pressão total do ventilador é de 260 Pa ;
- Rendimento é de 35% .

As entradas do ar são realizadas por aberturas autorreguláveis (a 20 Pa) instaladas nos compartimentos principais de cada fração, sendo que o caudal de insuflação é igual ao caudal de extração.

As saídas de ar são realizadas nos compartimentos de serviço de cada fração autónoma por condutas verticais de exaustão, ligadas ao ventilador mecânico.

Diga qual o consumo de energia elétrica de funcionamento do ventilador (W_{vm}) que deve considerar para cada uma das frações de tipologia T2.

Reprodução e distribuição proibidas sem autorização expressa

Questão 19

Resolução:

O edifício de habitação contém 16 apartamentos T3 e 16 apartamentos T2.

Volume [m ³]	
16 T3	16 * 100,61 * 2,7 = 4346,35
16 T2	16 * 76,04 * 2,7 = 3284,93
Total	7631,28

O volume de insuflação para cada fração T2 em estudo é igual a:

$$\frac{V_{T2}}{V_{Total}} \times 5000 \text{ m}^3/\text{h} = \frac{205,31}{7631,28} \times 5000 \text{ m}^3/\text{h} = \mathbf{134,52 \text{ m}^3/\text{h}}$$

De acordo com a Equação 125 do Manual SCE:

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \cdot \frac{\Delta P_{tot}}{\eta_{tot}} \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (\text{Eq. 125})$$

Em que:

W_{vm} – Consumo de energia elétrica do funcionamento do ventilador [kWh/ano];

V_f – Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador [m³/h];

ΔP_{tot} – Diferença de pressão total no ventilador [Pa];

η_{tot} – Eficiência da unidade de ventilação baseada na pressão total;

H_f – Número de horas anuais de funcionamento do ventilador [h/ano].

No enunciado está descrito que o ventilador mecânico tem funcionamento contínuo 24h/dia, resultando em 8760h anuais. Assim, a potência associada à ventilação mecânica para uma fração T2 é:

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \frac{\Delta P_{tot}}{\eta_{tot}} \frac{H_f}{1000} = \frac{134,52}{3600} \times \frac{260}{0,35} \times \frac{8760}{1000} = \mathbf{243,16 \text{ kWh/ano}}$$

Questão 20

Enunciado: Considere uma habitação unifamiliar a construir em Vila Velha de Ródão, a uma altitude de 320 m. Suponha que a laje (não integra caixas-de-ar) que separa a zona útil do 1º andar da zona não útil do R/C possui uma resistência térmica de 2,60 (m².°C)/W, considerando fluxo vertical descendente. Suponha ainda que uma parte dessa laje está, a nível inferior, em contacto com o exterior devido ao facto do 1º andar possuir uma parte saliente em relação ao R/C. Qual o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) em período de arrefecimento referente a essa parte da laje que está em contacto com o exterior?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 20

Resolução:

O concelho Vila Velha de Ródão, de acordo com o Anexo II do Manual SCE, fica localizado no NUTS III Beira Interior Sul.

Concelho	NUTS III
Vieira do Minho	Ave
Vila de Rei	Pinhal Interior Sul
Vila do Bispo	Algarve
Vila do Conde	Grande Porto
Vila do Corvo	RA dos Açores
Vila do Porto	RA dos Açores
Vila Flor	Alto Trás-os-Montes
Vila Franca de Xira	Grande Lisboa
Vila Franca do Campo	RA dos Açores
Vila Nova da Barquinha	Médio Tejo
Vila Nova de Cerveira	Minho-Lima
Vila Nova de Famalicão	Ave
Vila Nova de Foz Côa	Douro
Vila Nova de Gaia	Grande Porto
Vila Nova de Paiva	Dão-Lafões
Vila Nova de Poiares	Pinhal Interior Norte
Vila Pouca de Aguiar	Alto Trás-os-Montes
Vila Real	Douro
Vila Real de Santo António	Algarve
Vila Velha de Ródão	Beira Interior Sul

De acordo com a Tabela 10 do Manual SCE, os parâmetros climáticos para um edifício localizado em Vila Velha de Ródão a uma altitude de 320 m são:

- $Z_{ref} = 328 \text{ m}$;

- $\Theta_{ext,v,ref} = 25,3 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- $\alpha(\Theta_{ext,v}) = -7 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{km}$;

Tabela 10 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento

NUTS III	z_{REF} m	$\theta_{ext,v}$		G_{sol} [kWh/m ²]								
		$\theta_{ext,v,REF}$ °C	α °C/km	0° H	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SO	90° O	90° NO
Alentejo Central	221	24,3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365
Algarve	145	23,1	0	865	225	375	515	500	405	500	515	375
Alto Alentejo	246	24,5	0	845	225	365	505	500	415	500	505	365
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Alentejo	178	24,7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Beira Interior Norte	717	21,7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355
Beira Interior Sul	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360

O que resulta numa temperatura exterior média na estação de arrefecimento de:

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,v,ref} + \alpha(z - z_{ref}) = 25,3 - 7 \times (0,32 - 0,328) = 25,36^\circ\text{C}$$

A temperatura interior para um edifício de habitação na estação de arrefecimento é de 25°C. Sendo esta temperatura inferior à temperatura exterior, o fluxo de calor será de fora para dentro. No caso da laje, o fluxo de calor será fluxo ascendente.

A resistência total da laje fornecida no enunciado é de 2,60 (m².°C)/W considerando as resistências térmicas superficiais resultantes de fluxo descendente, extraídos da Tabela 23 do Manual SCE.

Tabela 23 – Resistências térmicas superficiais

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial [(m ² .°C)/W]	
	Interior (R_{si})	Exterior (R_{se})
Horizontal ⁽¹⁾	0,13	0,04
Ascendente	0,10	
Descendente	0,17	

(1) Inclinação entre 0° e ± 30°

Ou seja:

$$\sum_j R_j = R_{tot,desc} - R_{si,desc} - R_{se} = 2,60 - 0,17 - 0,17 = 2,26 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

Para fluxo ascendente, a resistência térmica total contabilizará o valor da resistência térmica superficial interior ascendente, de valor 0,10, resultando:

$$R_{tot} = R_{si,asc} + \sum_j R_j + R_{se} = 0,10 + 2,26 + 0,04 = 2,40 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

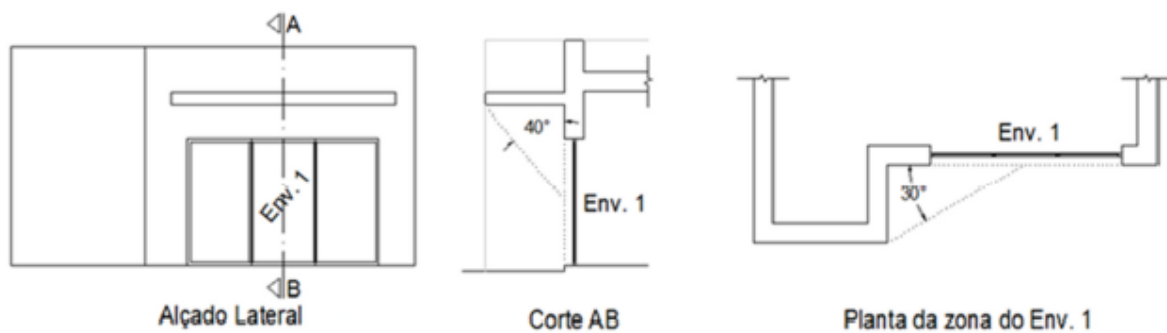
O que resulta num valor de coeficiente de transmissão superficial de:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{2,40} = 0,42 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 21

Enunciado: Considerando o vão envidraçado (Env. 1), orientado a sul, esquematizado na figura abaixo, indique qual o valor do respetivo fator de sombreamento (F_s) a considerar para efeitos da respetiva verificação dos requisitos mínimos Regulamentares de fator solar. Considere que este envidraçado pertence a um edifício que se situa no interior da zona urbana do Porto, a uma altitude de 40 m. Sempre que necessário deverá realizar interpolações nas tabelas dos fatores de sombreamento.



Reprodução e distribuição proibida

Questão 21

Resolução:

O fator de sombreamento é determinado com base na Equação 32 do Manual SCE:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (\text{Eq. 32})$$

O objetivo da questão é a verificação dos requisitos mínimos regulamentares de fator solar, que se aplicam no verão, com base na zona climática em que o edifício se insere. Assim, de acordo com o subcapítulo 8.4.1 do Manual SCE, o valor do fator de sombreamento do horizonte, na estação de arrefecimento, toma um valor igual a 1.

De modo a obter o fator de sombreamento devido a pala horizontal, na estação de arrefecimento, recorreremos à Tabela 55 do Manual SCE:

Tabela 55 – Fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de arrefecimento

Ângulo	Portugal Continental e RAA					Região Autónoma da Madeira				
	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30°	0,98	0,86	0,75	0,68	0,63	0,97	0,84	0,74	0,69	0,68
45°	0,97	0,78	0,64	0,57	0,55	0,95	0,76	0,63	0,60	0,62
60°	0,94	0,70	0,55	0,50	0,52	0,92	0,68	0,55	0,54	0,60

O ângulo fornecido no enunciado (40°) encontra-se entre os valores tabelados de 30 e 45°, pelo qual será necessário recorrer à interpolação:

$$\frac{F_{o,40^\circ} - F_{o,30^\circ}}{40 - 30} = \frac{F_{o,45^\circ} - F_{o,30^\circ}}{45 - 30}$$

$$F_{o,40^\circ} = \frac{F_{o,45^\circ} - F_{o,30^\circ}}{45 - 30} (40 - 30) + F_{o,30^\circ}$$

$$F_{o,40^\circ} = 0,58$$

De acordo com o subcapítulo 8.4.3., a posição “esquerda” e “direita” das palas verticais é avaliada com base de um espectador inserido no interior do edifício. Assim, a pala vertical ilustrada localiza-se no lado direito. De modo a obter o fator de sombreamento

devido a pala vertical, na estação de arrefecimento, recorreremos à Tabela 57 do Manual SCE:

Tabela 57 – Fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de arrefecimento

Posição da Pala	Ângulo	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Pala à esquerda	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	1	0,96	0,91	0,91	0,96	0,95	0,86
	45°	1	1	0,96	0,85	0,87	0,95	0,93	0,78
	60°	1	1	0,95	0,77	0,84	0,93	0,88	0,69
Pala à direita	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	0,86	0,95	0,96	0,91	0,91	0,96	1
	45°	1	0,78	0,93	0,95	0,87	0,85	0,96	1
	60°	1	0,69	0,88	0,93	0,84	0,77	0,95	1

O fator de sombreamento do elemento vertical à direita é extraído diretamente da Tabela.

$$F_{f,dir,30^\circ} = 0,91$$

Assim, o valor do produto $F_h \cdot F_o \cdot F_f$ na estação de arrefecimento é:

$$F_h \cdot F_o \cdot F_f = 1 \times 0,58 \times 0,91 = 0,53 > 0,27$$

Verificação:

Tabela 52 – Fator de orientação

Orientação do vão j	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O	H
X_j	0,27	0,33	1	0,84	0,56	0,89

De acordo com o capítulo 8.4. do Manual SCE, o produto $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$ terá que ser superior a 0,27, sendo corrigido pela Equação 33 caso contrário.

Questão 22

Enunciado: Suponha uma habitação unifamiliar de um único piso, com $A_p = 220 \text{ m}^2$ em Ponta Delgada, sujeita a uma grande renovação e cujas características são as seguintes:

<i>Áreas dos elementos construtivos [m²]</i>			
<i>Pavimento em contacto com o solo</i>	<i>Cobertura em terraço</i>	<i>Paredes exteriores</i>	<i>Paredes interiores de compartição</i>
220	220	190	130

Constituição dos elementos construtivos antes da grande renovação:

- Pavimento: Enrocamento e betonilha, com massa total de 330 kg/m^2 , revestido com soalho (madeira densa) de 2 cm sobre espaço de ar não ventilado de 2,5 cm de espessura;
- Cobertura: Laje aligeirada com 280 kg/m^2 com teto falso de gesso cartonado de 2 cm contendo caixa-de-ar de 10 cm e placas de XPS de 4 cm, por baixo da cobertura em terraço. Considere uma massa específica do gesso cartonado de 800 kg/m^3 ;
- Paredes exteriores: Alvenaria dupla de tijolo furado $0,15\text{m} + 0,15\text{m}$, com XPS de 4 cm na caixa-de-ar, rebocada em ambas as faces com reboco tradicional de ligantes hidráulicos com $\lambda = 1,30 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ e com 2 cm de espessura (massa do pano de alvenaria de 0,15 m de espessura com reboco numa face = 195 kg/m^2);
- Paredes interiores – alvenaria simples de tijolo furado 0,11 m rebocada em ambas as faces com reboco tradicional de ligantes hidráulicos com $\lambda = 1,30 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ e com 2 cm de espessura (massa total = 185 kg/m^2).

Calcule o valor de I_t e diga como classifica a inércia térmica da moradia.

Questão 22

Resolução:

A inércia térmica de um edifício é determinada de acordo com a Equação 11 do Manual SCE, determinada na tabela de seguida:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad [\text{kg/m}^2] \quad (\text{Eq. 11})$$

Em que:

I_t – Massa superficial útil por metro quadrado de área interior útil de pavimento [kg/m^2];

M_{si} – Massa superficial útil do elemento i [kg/m^2];

r_i – Fator de redução da massa superficial útil do elemento i ;

S_i – Área da superfície interior do elemento i [m^2];

A_p – Área interior útil de pavimento [m^2].

Pavimento

O pavimento enquadra-se como um elemento do tipo EL2 – elemento com condição fronteira solo, registando uma massa superficial útil máxima de 150 kg/m^2 . Do Quadro I.2 do ITE50, a condutibilidade térmica do soalho é de $0,23 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$, resultando numa resistência térmica de $0,087 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$, e da Tabela 24 do Manual SCE, a resistência associada ao espaço de ar de $2,5 \text{ cm}$ é de $0,16 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$ para fluxo ascendente e $0,19 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$ para fluxo descendente. Tratando-se de um pavimento, o fluxo será descendente, resultando numa resistência total de $0,28 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$ e fator de redução igual a $0,5$.

MADEIRA E DERIVADOS		
	<i>madeiras maciças</i>	
balsa		≤ 200
madeiras muito leves (excl. balsa)		200 - 435
madeiras leves		435 - 565
madeiras semi-densas		565 - 750
madeiras densas		750 - 870
madeiras muito densas		> 870
resinosas leves		≤ 435
resinosas semi-densas		435 - 520
resinosas densas		520 - 610
resinosas muito densas		> 610

Tabela 24 – Resistência térmica de espaços de ar não ventilados

Espessura média [cm]	R_{ar} [(m ² .°C)/W]		
	Fluxo horizontal ⁽¹⁾	Fluxo ascendente	Fluxo descendente
< 0,5	0,00		
0,5	0,11		
0,7	0,13		
1	0,15		
1,5	0,17	0,16	0,17
2,5	0,18		0,19
5			0,21
10			0,22
30			0,23

(1) Inclinação entre 0° e ± 30°

Cobertura

A cobertura enquadra-se como um elemento do tipo EL1 – elemento da envolvente com condição fronteira exterior, registando uma massa superficial útil máxima de 150 kg/m². Este elemento construtivo dispõe de isolamento térmico, pelo qual a massa superficial útil resulta da massa das camadas até o isolamento térmico (neste caso, a camada de gesso cartonado, que é obtida através do produto da massa específica com a espessura da camada). Do Quadro I.2 do ITE50, a condutibilidade térmica do gesso cartonado é de 0,25 W/(m.°C), resultando numa resistência térmica de 0,08 (m².°C)/W, e da Tabela

24 do Manual SCE, a resistência associada ao espaço de ar de 10 cm é de 0,16 (m².°C)/W para fluxo ascendente. Assim, a resistência total do revestimento é igual a 0,24, resultando num fator de redução de 0.5.

Material	Massa volúmica aparente seca, ρ [kg/m ³]	Condutibilidade térmica, valor de cálculo, λ [W/(m. °C)]
GESSOS (ESTUQUES) (cont.)		
<i>estuques com inertes leves e/ou fibras minerais</i>		
estuque com grânulos de perlite ou de vermiculite expandidas (1 a 2 mm)	500 - 600	0,18
	600 - 900	0,30
placas de gesso cartonado	750 - 1000	0,25

Tabela 24 – Resistência térmica de espaços de ar não ventilados

Espessura média [cm]	R_{ar} [(m ² .°C)/W]		
	Fluxo horizontal ⁽¹⁾	Fluxo ascendente	Fluxo descendente
< 0,5	0,00		
0,5	0,11		
0,7	0,13		
1	0,15		
1,5	0,17	0,16	0,17
2,5	0,18		0,19
5			0,21
10			0,22
30			0,23

(1) Inclinação entre 0° e ± 30°

Paredes exteriores

As paredes exteriores enquadram-se como um elemento do tipo EL1 – elemento da envolvente com condição fronteira exterior, registando uma massa superficial útil máxima de 150 kg/m². Este elemento construtivo dispõe de isolamento térmico (XPS), pelo qual a massa superficial útil resulta da soma das massas superficiais da camada interior até o isolamento térmico, detalhadas no enunciado de 195 kg/m². A condutibilidade térmica do reboco tradicional

fornecido é de $1,3 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, resultando numa resistência térmica de $0,015 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$, resultando num fator de redução de 1.

Tabela 40 – Fator de redução de massa superficial útil

Resistência do revestimento [(m ² ·°C)/W]	r_i
$R < 0,14$	1
$0,14 \leq R \leq 0,30$	0,5
$R > 0,30$	0

Paredes interiores

As paredes interiores enquadram-se como um elemento do tipo EL3 – elemento de compartimentação interior, registando uma massa superficial útil máxima de $300 \text{ kg}/\text{m}^2$. Este elemento construtivo não dispõe de isolamento térmico, pelo que a massa superficial útil resulta da massa superficial total do elemento construtivo, detalhada no enunciado de $185 \text{ kg}/\text{m}^2$. A condutibilidade térmica do reboco tradicional fornecido é de $1,3 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, resultando numa resistência térmica de $0,015 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$, equivalendo num fator de redução de 1.

Tabela 40 – Fator de redução de massa superficial útil

Resistência do revestimento [(m ² ·°C)/W]	r_i
$R < 0,14$	1
$0,14 \leq R \leq 0,30$	0,5
$R > 0,30$	0

Elemento construtivo	Tipo	Massa total [kg/m²]	Massa superficial útil [kg/m²]	Fator de redução [-]	Área superficial [m²]	$M_s \times r_i \times S_i$ [kg]
Pavimento	EL2	330	150	0,5	220	16500
Cobertura	EL1	280	16	0,5	220	1760
Paredes exteriores	EL1	390	150	1	190	28500
Parede interiores	EL3	185	185	1	130	24050

A soma das massas dos elementos superficiais, a dividir pela área do pavimento de 220 m², resulta numa inércia térmica de **322 kg/m²**, classificando o edifício como um edifício de **inércia média**.

Tabela 35 – Classes de inércia térmica

Classe de Inércia Térmica	I_t [kg/m²]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

Questão 23

Enunciado:

Considere um espaço, num edifício de serviços licenciado em janeiro de 2022, que se destina a sala de formação. Qual a densidade de potência de iluminação máxima por 100 lux que o autor do projeto de iluminação poderá considerar de forma que o espaço cumpra as disposições da portaria 138-I/2021?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 23

Resolução:

Os sistemas de iluminação fixa devem dispor de uma densidade de potência instalada em cada espaço, por 100 lux, inferior ao seu valor máximo conforme a Tabela 25 da Portaria 138-I/2021.

Nesta tabela, o valor máximo para um espaço destinado a sala de formação (salas de aulas) é de 1,5 (W/m²)/100lx.

Tabela 25 — Valores de densidade de potência instalada máxima por tipo de espaço, por 100 lux (DPI_{100lx,máx})

Tipo de espaço	DPI _{100lx,máx} [(W/m ²)/100 lx]
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho	1,3
Escritório individual 1-6 pessoas	1,5
Salas de reuniões, salas de conferências, auditórios	1,5
Show room e salas de exposição, museus	1,5
Salas de congressos/ Hall de exposições	1,5
Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio	1,5
Laboratórios, salas de exames/tratamento ⁽¹⁾ , blocos operatórios ⁽¹⁾	1,5
Salas de pré e pós-operatório	2,1
Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares	2,1
Cozinhas industriais e hoteleiras e armazéns de apoio	2,1
Salas técnicas, arrecadações e outros locais de armazenagem	2,1

Reprodução e distribuição

Questão 24

Enunciado: Considere o ventilador com as seguintes especificações.

<i>Dados do ventilador</i>		<i>Dados motor</i>			<i>Rendimentos</i>		
Tamanho	ADH 280 L	Potência nominal	1.1	kW	Caudal de ar	4300	m ³ /h
	Standard	Tensão	230/400V-3ph-50Hz			1.194	m ³ /s
Pás	Acção	Protecção	IP55 Standard		PDC CTA	231	Pa
Amortecedores	Amortecedores de borracha	Protecção térmica	PTO		Pressão disp.	120	Pa
Velocidade Rot.	1083 rpm	Velocidade nominal	1415	rpm	Pressão din.	50	Pa
Eficiência	60 %	Intensidade nominal	2.55	A	Pressão total	401	Pa
		Pot. absorv.	1.25	kW			

1. Qual o valor da potência específica do ventilador (em W/(m³/s))?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 24

Resolução:

Para dar resposta a esta questão é necessário calcular o *Specific Fan Power* (SFP) deste ventilador, utilizando a Equação 49 do Manual SCE:

$$SFP = \frac{P_{abs}}{q_v} = \frac{\Delta P_{tot}}{3600 \times \eta_{tot}} = \frac{\Delta P_{stat}}{3600 \times \eta_{stat}} \quad [W/(m^3/h)] \quad (Eq. 49)$$

Em que:

SFP – Potência específica da unidade de ventilação [$W/(m^3/h)$];

P_{abs} – Potência elétrica absorvida pela unidade de ventilação [W];

q_v – Caudal de ar da unidade de ventilação [m^3/h];

ΔP_{tot} – Diferença de pressão total no ventilador [Pa];

η_{tot} – Eficiência da unidade de ventilação baseada na pressão total;

ΔP_{stat} – Diferença de pressão estática no ventilador [Pa];

η_{stat} – Eficiência da unidade de ventilação baseada na pressão estática.

Analisando os elementos fornecidos, teremos:

Dados do ventilador		Dados motor		Rendimentos	
Tamanho	ADH 280 L Standard	Potência nominal	1.1 kW	Caudal de ar	4300 m ³ /h
Pás	Acção	Tensão	230/400V-3ph-50Hz		1.194 m ³ /s
Amortecedores	Amortecedores de borracha	Protecção	IP55 Standard	PDC CTA	231 Pa
Velocidade Rot.	1083 rpm	Protecção térmica	PTO	Pressão disp.	120 Pa
Eficiência	60 %	Velocidade nominal	1415 rpm	Pressão din.	50 Pa
		Intensidade nominal	2.55 A	Pressão total	401 Pa
		Pot. absorv.	1.25 kW		

Utilizando o caudal de ar por hora:

$$SFP = \frac{P_{abs}}{q_v} = \frac{1250}{\frac{4300}{3600}} = 1047 \text{ W}/(m^3/s)$$

Utilizando o caudal de ar por segundo:

$$SFP = \frac{P_{abs}}{q_v} = \frac{1250}{1,194} = 1047 \text{ W}/(m^3/s)$$

Questão 25

Enunciado: Considere o projeto de um pequeno edifício de serviços. Está previsto um espaço destinado a um escritório, com uma área de 70 m² e com uma ocupação de 5 pessoas e um sistema de ventilação mecânica por deslocamento.

Verificou-se a existência predominante (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente.

Tendo em conta que o autor de projeto optou pelo método prescritivo, indique qual o valor do caudal de ar novo mínimo que deveria ser considerado no projeto para cumprir os requisitos (arredonde os cálculos à unidade):

- a) 117 m³/h;
- b) 120 m³/h;
- c) 140 m³/h;
- d) 144 m³/h;
- e) Este espaço não está obrigado a cumprir os requisitos de caudal de ar novo mínimo.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 25

Resolução:

Em primeiro lugar é necessário efetuar o cálculo mínimo de ar novo utilizando o método prescritivo (caudal de ar novo necessário para remover os poluentes gerados pelos ocupantes). Da Tabela 69 do Manual SCE:

Tabela 69 – Caudal de ar novo por ocupante, em função do tipo de espaço

Tipo de espaço	Tipo de atividade	Caudal de ar novo [m ³ /(h.ocupante)]
Quartos, dormitórios e similares	Sono	16
Salas de repouso, salas de espera, salas de conferências, auditórios e similares, bibliotecas	Descanso	20
Escritórios, gabinetes, secretarias, salas de aula, cinemas, salas de espetáculo, salas de refeições, lojas e similares, museus e galerias, salas de convívio, salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares	Sedentária	24
Salas de jardim de infância e pré-escolar e salas de creche		28
Laboratórios, <i>ateliers</i> , salas de desenho e trabalhos oficiais, cafés, bares, salas de jogos e similares	Moderada	35
Pista de dança, salas de ginásios, salas de <i>ballet</i> e similares	Ligeiramente alta	49
Salas de musculação, salas em ginásios e pavilhões desportivos e similares	Alta	98

Caudal mínimo de ar novo pelo método prescritivo = 5 ocupantes * 24 m³/h = 120 m³/h.

Em seguida é necessário efetuar o cálculo mínimo de ar necessário para remover os poluentes gerados pelo edifício e atividade aí desenvolvida. Da Tabela 73 do Manual SCE:

Tabela 73 – Caudal de ar novo por unidade de área, em função da carga poluente

Situação do edifício	Caudal de ar novo [m ³ /(h.m ²)]
Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	3
Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos ⁽¹⁾	5
Com espaços em que a existência predominante (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente ⁽²⁾	2
Piscinas (em que a área de referência é a área do plano de água)	20

(1) Lavandarias, perfumarias, farmácias, salões de beleza, lojas de animais, salas de aula de artes, laboratórios de escolas, estabelecimentos comerciais de mobiliário e de madeiras e outros similares

(2) Para a verificação da existência predominante de materiais de baixa emissão poluente deve ser considerada apenas a área exposta de revestimento de paredes, pavimentos e tetos, incluindo a superfície exposta de mobiliário fixo previsto em projeto

Caudal mínimo de ar novo pelo critério edifício = $70 \text{ m}^2 * 2 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2 = 140 \text{ m}^3/\text{h}$.

O caudal mínimo de ar novo será o máximo entre o caudal mínimo obtido pelo critério ocupação e pelo critério edifício, afetado pela eficácia de remoção de poluentes da estratégia de ventilação adotada.

Da Tabela 68 do Manual SCE:

Tabela 68 – Eficácia da remoção de poluentes

Configuração da distribuição de ar na zona	ϵ_v
Insuflação pelo teto, ar frio	1
Insuflação pelo teto e extração junto ao pavimento, ar quente	1
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8 °C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto	0,8
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8 °C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto, desde que o jato de ar de insuflação, tenha velocidade superior a 0,8 m/s e alcance até 1,4 m do pavimento	1 ⁽¹⁾
Insuflação de ar frio junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, desde que o jato de ar de insuflação com uma velocidade de 0,8 m/s, tenha um alcance de 1,4 m ou mais, em relação ao pavimento	1
Insuflação de ar frio a baixa velocidade junto ao pavimento e extração junto ao teto, numa estratégia de ventilação do tipo deslocamento, proporcione um fluxo unidirecional e estratificação térmica	1,2
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração junto ao pavimento, no lado oposto do compartimento	1
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto	0,7

Assim, o caudal mínimo de ar novo a insuflar neste espaço será então:

$$Q_{ANF} = \frac{Q_{AN_{min}}}{\epsilon_v} = \frac{\text{máximo}(120; 140)}{1,2} = \frac{140}{1,2} = 117 \text{ m}^3/\text{h}$$

Questão 26

Enunciado: Ao efetuar o cálculo dos índices de eficiência energética de um pequeno edifício de serviços obteve os resultados que se apresentam.

<i>Indicadores de Eficiência Energética</i>		
<i>Indicador</i>	<i>Edifício previsto</i>	<i>Edifício referência</i>
$IEE_{pr,S}$	78,9 kWh _{EP} /(m ² .ano)	52,6 kWh _{EP} /(m ² .ano)
$IEE_{pr,T}$	65,3 kWh _{EP} /(m ² .ano)	65,3 kWh _{EP} /(m ² .ano)
$IEE_{pr,ren}$	3,3 kWh _{EP} /(m ² .ano)	0 kWh _{EP} /(m ² .ano)
IEE	140,9 kWh _{EP} /(m ² .ano)	117,9 kWh _{EP} /(m ² .ano)

Qual a classe energética deste edifício?

- a) A+;
- b) A;
- c) B;
- d) B-;
- e) Outra Classe.

Questão 26

Resolução:

Para determinar a classe energética de um edifício de comércio e serviços recorre-se à Equação 164 do Manual SCE:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (\text{Eq. 164})$$

Em que:

R_{IEE} – Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços;

$IEE_{pr,S}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo S [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$];

$IEE_{pr,ren}$ – Indicador de eficiência energética previsto renovável [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$];

$IEE_{ref,S}$ – Indicador de eficiência energética de referência do tipo S [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$].

Ou seja:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} = \frac{78,9 - 3,3}{52,6} = 1,44$$

De acordo com a Tabela 109 do Manual SCE, este edifício apresenta uma classe **C**.

Tabela 109 – Intervalos de valor de R_{IEE} para edifícios de comércio e serviços

Classe energética	R_{IEE}
A+	$R_{IEE} \leq 0,25$
A	$0,25 < R_{IEE} \leq 0,50$
B	$0,50 < R_{IEE} \leq 0,75$
B -	$0,75 < R_{IEE} \leq 1,00$
C	$1,00 < R_{IEE} \leq 1,50$
D	$1,50 < R_{IEE} \leq 2,00$
E	$2,00 < R_{IEE} \leq 2,50$
F	$R_{IEE} > 2,50$

Questão 27

Enunciado: Considere um edifício de serviços, localizado em Lisboa, com uma área interior útil de pavimento de 950 m². O edifício é climatizado por um sistema “ar-água”, através de ventiloconvetores a quatro tubos. A renovação de ar é assegurada por UTANs.

A produção de água aquecida e arrefecida é efetuada por dois chillers bomba-de-calor com uma eficiência de aquecimento (COP) de 4,4 e uma eficiência energética de refrigeração (EER) de 3.4.

Considere como aproximação os valores constantes das eficiências, correspondentes às condições nominais de funcionamento.

	Necessidades [kWh/ano]			Consumo Energia Final [kWh/ano]			
	Aquecimento	Arrefecimento	AQS	Bombas e Ventiladores AVAC	Elevadores	Iluminação interior	Outros equipamentos
Previsto	29 000	69 000	0	64 000	8 600	65 000	46 000

Com base nos resultados fornecidos pela simulação dinâmica multizona que se apresentam na tabela anterior, determine o valor do IEE_{pr} e selecione a opção correta.

- a) 410 kWh_{EP}/(m².ano);
- b) 144 kWh_{EP}/(m².ano);
- c) 554 kWh_{EP}/(m².ano);
- d) 239 kWh_{EP}/(m².ano);
- e) 171 kWh_{EP}/(m².ano).

Questão 27

Resolução:

Para a determinação do IEE_{pr} é necessário, em primeiro lugar, garantir que todos os consumos representam energia final. De acordo com a tabela, são apresentadas as necessidades de aquecimento e arrefecimento, ou seja, a energia útil.

Será necessário convertê-las para energia final, e posteriormente converter todos os consumos para energia primária.

Indicador	Tipo	Energia Útil [kWh/ano]	COP EER η	Energia Final [kWh/ano]	Renovável?	F_{pu} $\left[\frac{kWh_{EP}}{kWh}\right]$	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]
Aquecimento	S	29000	4,4	6591		2,5	16478
				22409	Sim	1	22409
Arrefecimento	S	69000	3,4	20294		2,5	50735
				48706	Sim	1	48706
AQS	S	0		0			
Bombas & Ventiladores AVAC	S			64000		2,5	160000
Elevadores	T			8600		2,5	21500
Iluminação Interior	S			65000		2,5	162500

Outros Equipamentos	T			46000		2,5	115000
----------------------------	---	--	--	-------	--	-----	--------

IEE_{pr}

$$= \frac{16478 + 22409 + 50735 + 48706 + 160000 + 21500 + 162500 + 115000 - 22409 - 48706}{950}$$

$$= 554 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 28

Enunciado: Considere uma fração residencial existente de tipologia T3, com um sistema solar térmico que assegura 72 % das necessidades de AQS e cumpre com todos os requisitos de qualidade e manutenção, sendo o apoio à produção de AQS assegurado por um esquentador a gás natural com uma eficiência de 87 %, não tendo sido possível comprovar que a rede interior de distribuição de AQS seja isolada.

Não existem sistemas de arrefecimento. O fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento não é superior ao respetivo fator de referência. Na sala existe um recuperador de calor a biomassa com eficiência igual a 75% e que assegura 35 % das necessidades de aquecimento. Não existem sistemas de aquecimento nos restantes compartimentos.

$$N_{ic} = 18,00 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$$

$$N_{vc} = 7,00 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$$

1. Indique o valor de $E_{ren,p}$ de natureza solar considerado no cálculo.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 28

Resolução:

A fração residencial trata-se de um T3, que corresponde a 4 ocupantes.

Tabela 94 – Número de pessoas equivalente por tipologia

Tipologia	n_{oc}
T0	2
T1	2
T2	3
T3	4
T4	5

De acordo com a Equação 124 do Manual SCE, o consumo de AQS diário será:

$$M_{AQS} = 40 \times n_{oc} \cdot f_{eh}$$

O enunciado não esclarece que as torneiras/chuveiros tenham eficiência hídrica, pelo que não vamos considerar um fator de 0,9 para a eficiência hídrica.

$$M_{AQS} = 40 \times 4 \times 1 = 160 \text{ litros}$$

As necessidades de energia para a preparação de AQS são calculadas a partir da Equação 123 do Manual SCE:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4,187 \times \Delta T \times 365}{3600} = \frac{160 \times 4,187 \times 35 \times 365}{3600} = 2377,29 \text{ kWh/ano}$$

O sistema solar térmico assegura 72% das necessidades de AQS, pelo que irá assegurar 1711,65 kWh/ano.

Questão 29

Enunciado: Considere uma fração residencial existente com 86,06 m² de área útil, de tipologia T2, localizada em Viseu, a uma altitude de 66 m, em que a produção de AQS é assegurada por um esquentador a gás natural com uma eficiência de 82 %, não tendo sido possível comprovar que a rede interior de distribuição de AQS seja isolada.

1. Identifique o valor total da parcela respeitante à produção de AQS em kWh_{EP}/(m².ano) a considerar na fórmula do N_{tc}.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 29

Resolução:

A fração residencial trata-se de um T2, que corresponde a 3 ocupantes.

Tabela 94 – Número de pessoas equivalente por tipologia

Tipologia	n_{oc}
T0	2
T1	2
T2	3
T3	4
T4	5

De acordo com a Equação 124 do Manual SCE, o consumo de AQS diário será:

$$M_{AQS} = 40 \times n_{oc} \cdot f_{eh}$$

O enunciado não esclarece que as torneiras/chuveiros tenham eficiência hídrica, pelo que não vamos considerar um fator de 0,9 para a eficiência hídrica.

$$M_{AQS} = 40 \times 3 \times 1 = 120 \text{ litros}$$

As necessidades de energia para a preparação de AQS são calculadas a partir da Equação 123 do Manual SCE:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4,187 \times \Delta T \times 365}{3600} = \frac{120 \times 4,187 \times 35 \times 365}{3600} = 1782,96 \text{ kWh/ano}$$

As necessidades de energia para a preparação de AQS são satisfeitas por um esquentador a gás natural com uma eficiência de 82%. Como não foi possível verificar isolamento na rede interior de distribuição de AQS, essa eficiência será afetada por um fator de 0,9. Assim, a energia primária será:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) F_{pu,j} = \frac{1 \times \frac{1782,96}{86,06}}{0,82 \times 0,9} \times 1 = 28,07 \text{ kWh}_{EP}/\text{ano}$$

Assim, o valor total da parcela respeitante à produção de AQS é **28,07 kWh_{EP}/(m².ano)**.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 30

Enunciado: Considere uma moradia existente com 240 m² de área útil, de inércia média que apresenta anualmente no período de arrefecimento uma transferência de calor por transmissão e por renovação de ar que totalizam 9000 kWh e ganhos de calor brutos de 6500 kWh.

1. Indique o valor do N_{vc} .

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 30

Resolução:

O valor das necessidades de energia para o arrefecimento ambiente é determinado a partir da Equação 105 do Manual SCE.

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v} / A_p \quad [kWh/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 105)$$

Em que:

N_{vc} – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m²·ano)];

η_v – Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

$Q_{g,v}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento [kWh/ano];

A_p – Área interior útil de pavimento [m²].

Para determinar o fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento, é necessário determinar a relação entre os ganhos térmicos brutos e a soma das transferências de calor pela envolvente e por ventilação, γ_v .

Essa relação é determinada pela Equação 122 do Manual SCE:

$$\gamma_v = \frac{Q_{g,v}}{(Q_{tr,v} + Q_{ve,v})} = \frac{6500}{9000} = 0,722$$

Sendo a relação diferente de 1 e maior que 0, o fator de utilização de ganhos térmicos é determinado a partir da Equação 119.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

a) Se $\gamma_v \neq 1$ e $\gamma_v > 0$, então:

$$\eta_v = \frac{1 - \gamma_v^{\alpha_{it}}}{1 - \gamma_v^{\alpha_{it}+1}} \quad (\text{Eq. 119})$$

b) Se $\gamma_v = 1$, então:

$$\eta_v = \frac{\alpha_{it}}{\alpha_{it} + 1} \quad (\text{Eq. 120})$$

c) Se $\gamma_v < 0$, então:

$$\eta_v = \frac{1}{\gamma_v} \quad (\text{Eq. 121})$$

$$\gamma_v = Q_{g,v} / (Q_{tr,v} + Q_{ve,v}) \quad (\text{Eq. 122})$$

Em que:

η_v – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

A partir da Tabela 92 do Manual SCE, uma fração de inércia média é caracterizada por um parâmetro de 2,6.

Tabela 92 – Parâmetro α_{it} na estação de aquecimento

Inércia térmica	α_{it} [W/°C]
Fraca	1,8
Média	2,6
Forte	4,2

Resultando num fator de utilização igual a:

$$\eta_v = \frac{1 - \gamma_v^{\alpha_{it}}}{1 - \gamma_v^{\alpha_{it}+1}} = \frac{1 - 0,722^{2,6}}{1 - 0,722^{2,6+1}} = \frac{0,571}{0,69} = 0,828$$

Voltando à Equação 105, as necessidades de energia para o arrefecimento será:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot \frac{Q_{g,v}}{A_p} = (1 - 0,828) \times \frac{6500}{240} = 4,66 \text{ kWh/ano}$$

Questão 31

Enunciado: Considere uma fração de habitação unifamiliar em projeto, de tipologia T3, com área útil do pavimento igual a 150 m^2 , que possui chuveiros com rótulo A (eficiência hídrica), em que a produção de AQS é assegurada por um termoacumulador elétrico com eficiência igual a 95%, sendo que a tubagem interna de distribuição de AQS possuirá isolamento com uma espessura de 20 mm e coeficiente de condutibilidade térmica de $0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

1. Indique o valor total da parcela respeitante à produção de AQS em $\text{kWh}_{\text{EP}}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ a considerar na fórmula do N_{tc} .

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 31

Resolução:

O apartamento trata-se de um T3, que corresponde a 4 ocupantes.

Tabela 94 – Número de pessoas equivalente por tipologia

Tipologia	n_{oc}
T0	2
T1	2
T2	3
T3	4
T4	5

De acordo com a Equação 124 do Manual SCE, o consumo de AQS diário será:

$$M_{AQS} = 40 \times n_{oc} \cdot f_{eh}$$

O apartamento possui chuveiros com rótulo A ou superior, resultando num $f_{eh} = 0,9$.

$$M_{AQS} = 40 \times 4 \times 0,9 = 144 \text{ litros}$$

As necessidades de energia para a preparação de AQS são calculadas a partir da Equação 123 do Manual SCE:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4,187 \times \Delta T \times 365}{3600} = \frac{144 \times 4,187 \times 35 \times 365}{3600} = 2139,56 \text{ kWh/ano}$$

Visto que a rede de distribuição tem um isolamento de 20 mm com condutibilidade igual a 0,037 W/(m.°C), que assegura uma resistência térmica de 0,53 (m².°C)/W, superior a 0,25 (m².°C)/W, não é aplicado o fator de 0,9.

η_k – Eficiência do sistema k para a fonte de energia j , que corresponde ao respetivo valor de E_{DEE} , assumindo o valor de 1 no caso de sistemas de cogeração ou trigeriação e de sistemas que recorram a fontes de energia renovável, com exceção de sistemas de queima a biomassa sólida. Na ausência de isolamento térmico na rede de distribuição de água quente para aquecimento ambiente ou para preparação de AQS que assegure uma resistência térmica de, pelo menos, $0,25 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$, a eficiência dos respetivos sistemas técnicos deve ser multiplicada por 0,9;

Tratando-se de um sistema elétrico, o fator de conversão de energia final para energia primária utilizado é de 2,5.

Tabela 106 – Fatores de conversão de energia final para energia primária

Tipo de energia	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2,5
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1,0
Energia térmica de origem renovável	1,0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1,06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1,86
Energia proveniente de sistemas de trigeriação no edifício de referência	1,70

As necessidades são satisfeitas por um termoacumulador elétrico, com eficiência igual a 95%. No entanto, de acordo com o capítulo 10 do Manual SCE, para a avaliação do desempenho energético do edifício, deve ser considerada uma eficiência de 0,9 para termoacumuladores elétricos para AQS, pelo que o respetivo consumo de energia primária para a preparação de AQS será:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} Q_a}{\eta_k} \right) F_{pu,j} = \frac{1 \times \frac{2139,56}{150}}{0,90} \times 2,5 = 39,62 \text{ kWh}_{EP}/\text{ano}$$

Assim, o valor total da parcela respeitante à produção de AQS é **39,62 kWh_{EP}/(m².ano)**.

Adicionalmente, nas situações previstas nas alíneas seguintes, deve a eficiência do sistema para determinada função ser obtida através da Tabela 76:

- a) Sistemas de aquecimento ambiente ou de AQS por efeito de Joule (resistência elétrica);
- b) Termoacumuladores elétricos para a função AQS;
- c) Sistemas bomba de calor, que não possuam a sua eficiência determinada através da Norma EN 16147, para a função AQS;
- d) Ausência de informação, independentemente da função.

Tabela 76 – Eficiência energética e fator de depreciação devido à idade

Tipo de sistema	Eficiência E	Idade do sistema ⁽¹⁾	F_{age} ⁽²⁾
Resistência elétrica	1	-	1
Termoacumulador	0,90	idade \leq 1 ano	1
		1 ano < idade \leq 10 anos	0,95
		10 anos < idade \leq 20 anos	0,90
		idade > 20 anos	0,85

Reprodução e distribuição

Questão 32

Enunciado: Considere uma fração de habitação unifamiliar nova construída em Vila Velha de Ródão, a uma altitude em que o valor dos Graus-Dias de aquecimento é igual a $1367,6^{\circ}\text{C}$. Essa fração apresenta uma área útil do pavimento igual a 180 m^2 , um coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$ igual a $450\text{ W}/^{\circ}\text{C}$, um coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$ igual a $95,50\text{ W}/^{\circ}\text{C}$, um fator de utilização dos ganhos térmicos η_i igual a $0,8$ e um valor de N_{ic} igual a $72,49\text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$.

1. Indique para esta fração qual o valor dos ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento $Q_{g,i}$?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 32

Resolução:

Os ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento são determinados pela Equação 95:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i} \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 95)$$

Rearranjando a equação, temos:

$$Q_{gu,i} = \eta_i Q_{g,i} \rightarrow Q_{g,i} = \frac{Q_{gu,i}}{\eta_i}$$

No enunciado é referido que o valor dos coeficientes de transferência de calor por transmissão e por ventilação são, respetivamente, 450 W/°C e 95,5 W/°C.

A transferência de calor por transmissão é determinada pela Equação 86 e a transferência de calor por ventilação é determinada pela Equação 91 do Manual SCE:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i} \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 86)$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 91)$$

Resultando:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i} = 0,024 \times 1367,6 \times 450 = 14770,08 \text{ kWh/ano}$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} = 0,024 \times 1367,6 \times 95,5 = 3134,54 \text{ kWh/ano}$$

É também referido no enunciado que o valor das necessidades de energia útil para aquecimento ambiente é 72,49 kWh/(m².ano). A partir desse valor e dos dados acima calculados, é possível determinar os ganhos térmicos úteis, a partir da Equação 85 do Manual SCE.

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})/A_p \quad [kWh/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 85)$$

Rearranjando a equação, temos:

$$N_{ic} = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p} \rightarrow Q_{gu,i} = Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - (N_{ic} \cdot A_p)$$

$$Q_{gu,i} = 14770,08 + 3134,54 - 72,49 \times 180 = 4856,42 \text{ kWh/ano}$$

O enunciado fornece o fator de utilização dos ganhos térmicos, igual a 0,82, pelo que podemos agora determinar os ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento.

$$Q_{g,i} = \frac{Q_{gu,i}}{\eta_i} = \frac{4856,42}{0,8} = 6070,53 \text{ kWh/ano}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 33

Enunciado: Considere uma moradia em projeto, de tipologia T4, com A_p de 160 m², que possui chuveiros com rótulo A (eficiência hídrica).

A produção de AQS será assegurada por um termoacumulador elétrico com eficiência igual a 95 %.

As tubagens serão isoladas termicamente com material de espessura 2 cm e coeficiente de condutibilidade térmica de valor igual a 0,04 W/(m.°C).

1. Qual o valor total da parcela respeitante à produção de AQS em kWh_{EP}/(m².ano) a considerar na fórmula do N_{TC} .

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 33

Resolução:

O apartamento trata-se de um T4, que corresponde a 5 ocupantes.

Tabela 94 – Número de pessoas equivalente por tipologia

Tipologia	n_{oc}
T0	2
T1	2
T2	3
T3	4
T4	5

De acordo com a Equação 124 do Manual SCE, o consumo de AQS diário será:

$$M_{AQS} = 40 \times n_{oc} \cdot f_{eh}$$

O apartamento possui chuveiros com rótulo A ou superior, resultando num $f_{eh} = 0,9$.

$$M_{AQS} = 40 \times 5 \times 0,9 = 180 \text{ litros}$$

As necessidades de energia para a preparação de AQS são calculadas a partir da Equação 123 do Manual SCE:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4,187 \times \Delta T \times 365}{3600} = \frac{180 \times 4,187 \times 35 \times 365}{3600} = 2674,45 \text{ kWh/ano}$$

Visto que a rede de distribuição tem um isolamento de 20 mm com condutibilidade igual a 0,04 W/(m.°C), que assegura uma resistência térmica de 0,5 (m².°C)/W, superior a 0,25 (m².°C)/W, não é aplicado o fator de 0,9.

η_k – Eficiência do sistema k para a fonte de energia j , que corresponde ao respetivo valor de E_{DEE} , assumindo o valor de 1 no caso de sistemas de cogeração ou trigeriação e de sistemas que recorram a fontes de energia renovável, com exceção de sistemas de queima a biomassa sólida. Na ausência de isolamento térmico na rede de distribuição de água quente para aquecimento ambiente ou para preparação de AQS que assegure uma resistência térmica de, pelo menos, $0,25 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$, a eficiência dos respetivos sistemas técnicos deve ser multiplicada por 0,9;

Tratando-se de um sistema elétrico, o fator de conversão de energia final para energia primária utilizado é de 2,5.

Tabela 106 – Fatores de conversão de energia final para energia primária

Tipo de energia	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2,5
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1,0
Energia térmica de origem renovável	1,0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1,06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1,86
Energia proveniente de sistemas de trigeriação no edifício de referência	1,70

As necessidades são satisfeitas por um termoacumulador elétrico, com eficiência igual a 95%. No entanto, de acordo com o capítulo 10 do Manual SCE, para a avaliação do desempenho energético do edifício, deve ser considerada uma eficiência de 0,9 para termoacumuladores elétricos para AQS, pelo que o respetivo consumo de energia primária para a preparação de AQS será:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} Q_a}{\eta_k} \right) F_{pu,j} = \frac{1 \times \frac{2674,45}{160}}{0,90} \times 2,5 = 46,43 \text{ kWh}_{EP}/\text{ano}$$

Assim, o valor total da parcela respeitante à produção de AQS é **46,43 kWh_{EP}/(m².ano)**.

Adicionalmente, nas situações previstas nas alíneas seguintes, deve a eficiência do sistema para determinada função ser obtida através da Tabela 76:

- a) Sistemas de aquecimento ambiente ou de AQS por efeito de Joule (resistência elétrica);
- b) Termoacumuladores elétricos para a função AQS;
- c) Sistemas bomba de calor, que não possuam a sua eficiência determinada através da Norma EN 16147, para a função AQS;
- d) Ausência de informação, independentemente da função.

Tabela 76 – Eficiência energética e fator de depreciação devido à idade

Tipo de sistema	Eficiência E	Idade do sistema ⁽¹⁾	F_{age} ⁽²⁾
Resistência elétrica	1	-	1
Termoacumulador	0,90	idade \leq 1 ano	1
		1 ano < idade \leq 10 anos	0,95
		10 anos < idade \leq 20 anos	0,90
		idade > 20 anos	0,85

Reprodução e distribuição

Questão 34

Enunciado: Considere uma fração de habitação unifamiliar nova construída em Castelo Branco, com A_p de 180 m² e os seguintes dados:

- O nº de graus-dias de aquecimento a 1360°C;
- O nº de meses (M) da estação de aquecimento é igual a 5,4;
- O coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$ é igual a 550 W/°C;
- O coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$ é igual a 95,60 W/°C;
- O fator de utilização dos ganhos térmicos η_i é igual a 0,85;
- O valor de N_{ic} é igual a 69,56 kWh/(m².ano).

1. Indique o respetivo valor dos ganhos solares brutos no período de aquecimento ($Q_{sol,i}$).

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 34

Resolução:

Os ganhos térmicos resultantes do aproveitamento da radiação solar são determinados pela Equação 98 do Manual SCE:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \cdot \sum_n F_{s,i_{nj}} \cdot A_{s,i_{nj}} \right] \cdot M \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 98)$$

No entanto, o enunciado não fornece informação para determinar os ganhos térmicos por esta via. Daí, será necessário determinar os ganhos térmicos resultantes da radiação solar por outra via.

Pela Equação 96 é possível determinar os ganhos térmicos resultantes da radiação solar.

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 96)$$

Em que:

$Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor na estação de aquecimento [kWh/ano];

$Q_{sol,i}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados na estação de aquecimento [kWh/ano].

Rearranjando a equação, temos:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \rightarrow Q_{sol,i} = Q_{g,i} - Q_{int,i}$$

Onde os ganhos térmicos associados a fontes internas são calculados a partir da Equação 97 do Manual SCE:

$$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 97)$$

Em que:

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, igual a 4 [W/m²];

M – Duração da estação de aquecimento [meses];

A_p – Área interior útil de pavimento [m²].

O enunciado fornece o número de graus-dias e a duração da estação de aquecimento, 1360°C e 5,4 meses respetivamente.

Assim, os ganhos térmicos associados por fontes internas são:

$$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p = 2799,36 \text{ kWh/ano}$$

Por outro lado, os ganhos térmicos brutos são determinados pela Equação 95:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (\text{Eq. 95})$$

Rearranjando a equação, temos:

$$Q_{gu,i} = \eta_i Q_{g,i} \rightarrow Q_{g,i} = \frac{Q_{gu,i}}{\eta_i}$$

No enunciado é referido que o valor dos coeficientes de transferência de calor por transmissão e por ventilação são, respetivamente, 550 W/°C e 95,6 W/°C.

A transferência de calor por transmissão é determinada pela Equação 86 e a transferência de calor por ventilação é determinada pela Equação 91 do Manual SCE:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (\text{Eq. 86})$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (\text{Eq. 91})$$

Resultando:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i} = 0,024 \times 1360 \times 550 = 17952 \text{ kWh/ano}$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} = 0,024 \times 1360 \times 95,6 = 3120,38 \text{ kWh/ano}$$

É também referido no enunciado que o valor das necessidades de energia útil para aquecimento ambiente é 69,56 kWh/(m².ano). A partir desse valor e dos dados acima calculados, é possível determinar os ganhos térmicos úteis, a partir da Equação 85 do Manual SCE.

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})/A_p \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (\text{Eq. 85})$$

Rearranjando a equação, temos:

$$N_{ic} = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p} \rightarrow Q_{gu,i} = Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - (N_{ic} \cdot A_p)$$

$$Q_{gu,i} = 17952 + 3120,38 - 69,56 \times 180 = 8551,58 \text{ kWh/ano}$$

O enunciado fornece o fator de utilização dos ganhos térmicos, igual a 0,82, pelo que podemos agora determinar os ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento.

$$Q_{g,i} = \frac{Q_{gu,i}}{\eta_i} = \frac{8551,58}{0,85} = 10060,68 \text{ kWh/ano}$$

A partir desse dado podemos chegar aos ganhos térmicos resultantes da radiação solar:

$$Q_{sol,i} = Q_{g,i} - Q_{int,i} = 10060,68 - 2799,36 = 7261,32 \text{ kWh/ano}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 35

Enunciado: Considere um apartamento existente, construído em 1970, com:

- Área interior útil de pavimento igual a 100 m²;
- Rede de gás natural;
- Termoacumulador elétrico com idade superior a 20 anos (sem características disponíveis);
- Ventilação natural.

Não existem quaisquer equipamentos de climatização instalados e não foi possível comprovar a existência de isolamento nas tubagens da rede de distribuição interna de AQS.

$N_{ic} = 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$, $N_i = 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$, $N_{vc} = 6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$, $N_v = 9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$
e $Q_a = 2377,29 \text{ kWh/ano}$.

No verão o fator de utilização dos ganhos térmicos é superior ao respetivo fator de referência.

Irá ser proposta uma medida de melhoria que consiste na instalação de um esquentador de condensação a gás natural com uma eficiência de 1,01.

Qual o valor da redução da razão N_{ic}/N_t proporcionada pela medida de melhoria em causa?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 35

Resolução:

Situação inicial

Edifício previsto

Uma vez que no verão o fator de utilização dos ganhos térmicos é superior ao respetivo valor de referência, $\delta_v = 0$, pelo que não é contabilizada no N_{tc} a parcela do N_{vc} .

O equipamento por defeito para satisfazer as necessidades de aquecimento ambiente é obtido da Tabela 95 do Manual SCE:

Tabela 95 – Eficiência dos sistemas por defeito em edifícios de habitação

Tipo de uso		Sistema por defeito	Eficiência do sistema
Aquecimento		Resistência elétrica	1,00
Arrefecimento		Split com permuta a ar ⁽¹⁾	3,00
AQS	O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso	Caldeira a gás ⁽²⁾	0,89
	O edifício não dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso	Termoacumulador elétrico	0,95

(1) Não deve ser contabilizada a componente renovável associada a este tipo de sistema

(2) Considerar o mesmo tipo de gás da rede de abastecimento de combustível gasoso

E os fatores de conversão são obtidos da Tabela 106 do Manual SCE:

Tabela 106 – Fatores de conversão de energia final para energia primária

Tipo de energia	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2,5
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1,0
Energia térmica de origem renovável	1,0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1,06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1,86
Energia proveniente de sistemas de trigeração no edifício de referência	1,70

A parcela no N_{tc} referente ao aquecimento ambiente terá uma eficiência de 1 e um fator de conversão de energia final para energia primária de 2,5.

A preparação de AQS será satisfeita por um termoacumulador elétrico sem características disponíveis, sendo que será necessário recorrer à eficiência disponível na Tabela 76 afetada pelo fator de idade de 0,85.

Tabela 76 – Eficiência energética e fator de depreciação devido à idade

Tipo de sistema	Eficiência E	Idade do sistema ⁽¹⁾	F_{age} ⁽²⁾
Resistência elétrica	1	-	1
Termoacumulador	0,90	idade ≤ 1 ano	1
		1 ano < idade ≤ 10 anos	0,95
		10 anos < idade ≤ 20 anos	0,90
		idade > 20 anos	0,85

Resultando numa eficiência corrigida de 0,765.

A parcela referente à preparação de AQS enquanto a parcela da preparação de AQS terá uma eficiência de 0,765, um fator de conversão de energia final para energia primária de 2,5, e afetado por um fator de 0,9 devido à impossibilidade de comprovar a existência de isolamento nas tubagens da rede de distribuição interna de AQS.

$$\begin{aligned}
 N_{tc} &= \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_k} \right) \delta_i F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \right) \delta_v F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} F_{pu,j} \\
 &\quad - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} F_{pu,p} \\
 &= \frac{1 \times 50}{1} \times 1 \times 2,5 + \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \times 0 \times F_{pu,j} + \frac{1 \times \frac{2377,29}{100}}{0,765 \times 0,90} \times 2,5 + 0 - 0 \\
 &= 211,32 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{aligned}$$

Edifício de referência

Os equipamentos de referência para edifícios de habitação encontram-se na Tabela 99 do Manual SCE, com base nos sistemas admitidos no edifício previsto:

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Tabela 99 – Eficiência de referência dos sistemas em edifícios de habitação

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Eficiência a considerar no edifício de referência
Aquecimento	Sistema que recorre a queima de combustível	0,89
	<i>Split, multisplit e VRF</i> com permuta exterior a ar	3,40
	Unidades compactas com permuta exterior a ar	3,20
	<i>Split, multisplit e VRF</i> com permuta exterior a água	3,70
	Unidades compactas com permuta exterior a água	4,40
	<i>Rooftop</i> com permuta exterior a ar	3,20
	<i>Rooftop</i> com permuta exterior a água	4,40
	<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar	3,00
	<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a água	4,15
	Cogeração ou trigeração	1,00
	Outros sistemas que recorram a eletricidade	1,00
	Sistema por defeito	1,00
Arrefecimento	<i>Split, multisplit e VRF</i> permuta exterior a ar	3,00
	Unidades compactas permuta exterior a ar	2,80
	<i>Split, multisplit e VRF</i> permuta exterior a água	3,30
	Unidades compactas permuta exterior a água	4,10
	<i>Rooftop</i> com permuta exterior a ar	2,80
	<i>Rooftop</i> com permuta exterior a água	4,10
	<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar	2,90
	<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a água	4,65
	Cogeração ou trigeração	1,00
	Outros sistemas que recorram a eletricidade	3,00
Sistema por defeito	3,00	
AQS	Sistema que recorre a queima de combustível	0,89
	Bomba de calor	2,80
	Cogeração ou trigeração	1,00
	Outros sistemas que recorram a eletricidade	0,95
	Sistema por defeito	O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso
O edifício não dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso		0,95

Resultando num N_t e respetivo R_{Nt} :

$$\begin{aligned}
 N_t &= \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_{a,ref}}{A_p}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} \\
 &= \frac{1 \times 25}{1} \times 2,5 + \frac{1 \times 9}{3} \times 2,5 + \frac{1 \times \frac{2377,29}{100}}{0,95} \times 2,5 = 132,56 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \\
 R_{Nt} &= \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{211,32}{132,56} = 1,59
 \end{aligned}$$

Com a classificação D, com base na Tabela 108 do Manual SCE.

Situação final

Após a implementação da medida de melhoria, a parcela referente à preparação de AQS será satisfeita por um esquentador a gás natural com uma eficiência de 1,01, afetada pelo fator 0,9, resultante da impossibilidade de comprovar a existência de isolamento nas tubagens da rede de distribuição interna de AQS.

$$\begin{aligned}
 N_{tc} &= \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_k} \right) \delta_i F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \right) \delta_v F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} F_{pu,j} \\
 &\quad - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} F_{pu,p} \\
 &= \frac{1 \times 50}{1} \times 1 \times 2,5 + \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_k} \times 0 \times F_{pu,j} + \frac{1 \times \frac{2377,29}{100}}{1,01 \times 0,90} \times 1 + 0 - 0 \\
 &= 151,15 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_t &= \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} N_{ic}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} N_{vc}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \frac{Q_{a,ref}}{A_p}}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} \\
 &= \frac{1 \times 25}{1} \times 2,5 + \frac{1 \times 9}{3} \times 2,5 + \frac{1 \times \frac{2377,29}{100}}{0,89} \times 1 = 96,71 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{aligned}$$

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{151,15}{96,71} = 1,56$$

Com a classificação D, com base na Tabela 108 do Manual SCE.

Resposta: O valor da redução da razão R_{Nt} proporcionada pela medida de melhoria em causa é de $1,59 - 1,56 = 0,03$.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 36

Enunciado: Considere que numa moradia unifamiliar em projeto, a respetiva cobertura plana, que inclui do lado interior um teto falso cuja caixa de ar tem 30 cm de espessura, apresenta, para fluxo ascendente, um $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e que como projetista pretende melhorar o respetivo isolamento térmico.

Indique qual a espessura comercial de poliestireno expandido extrudido (XPS), que deverá ser colocado na caixa de ar do teto falso, para que o U da cobertura em causa, para fluxo descendente, passe a ser de $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$?

Considere que as espessuras comerciais de XPS disponíveis no mercado são as seguintes (30, 40, 50, 60, 80 mm) e que todos os cálculos devem ser arredondados a 2 casas decimais.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 36

Resolução:

Fluxo ascendente:

O valor da resistência total inicial é de:

$$R_{tot,asc} = \frac{1}{U_{asc}} = \frac{1}{1,3} = 0,77 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

Com base na Tabela 23 do Manual SCE:

Tabela 23 – Resistências térmicas superficiais

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial [(m ² ·°C)/W]	
	Interior (R _{si})	Exterior (R _{se})
Horizontal ⁽¹⁾	0,13	0,04
Ascendente	0,10	
Descendente	0,17	

(1) Inclinação entre 0° e ± 30°

O valor da resistência total obtida está a ser afetada pelas resistências térmicas superficiais resultantes do fluxo vertical ascendente, 0,10 e 0,04.

$$R_{tot,asc} = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se} \rightarrow \sum_j R_{j,inal} = 0,77 - 0,10 - 0,04 = 0,63 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

Resultando num somatório das resistências das camadas constituintes da cobertura de 0,63 (m²·°C)/W, resultando da soma da resistência da caixa de ar para um fluxo ascendente e das restantes camadas. A resistência da caixa de ar é obtida da Tabela 24:

Tabela 24 – Resistência térmica de espaços de ar não ventilados

Espessura média [cm]	R_{ar} [(m ² ·°C)/W]		
	Fluxo horizontal ⁽¹⁾	Fluxo ascendente	Fluxo descendente
< 0,5	0,00		
0,5	0,11		
0,7	0,13		
1	0,15		
1,5	0,17	0,16	0,17
2,5	0,18		0,19
5			0,21
10			0,22
30			0,23

(1) Inclinação entre 0° e ± 30°

Sendo retirado o valor de 0,16 (m²·°C)/W.

Fluxo descendente:

O projetista pretende um valor U final, para fluxo descendente, de 0,4, que resulta de um valor da resistência total de:

$$R_{tot,desc} = \frac{1}{U_{desc}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

$$R_{tot,desc} = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se} \rightarrow \sum_j R_{j,final} = 2,5 - 0,17 - 0,04 = 2,29 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

A camada de XPS será colocada no interior da caixa de ar, mas sendo que a sua espessura varia entre 30 mm e 80 mm, o impacto no valor da resistência da caixa de ar para fluxo descendente para espessuras entre 22 cm e 27 cm, obtida por interpolação, arredondada a 2 casas decimais, assume o valor de 0,23.

Tabela 24 – Resistência térmica de espaços de ar não ventilados

Espessura média [cm]	R_{ar} [(m ² .°C)/W]		
	Fluxo horizontal ⁽¹⁾	Fluxo ascendente	Fluxo descendente
< 0,5	0,00		
0,5	0,11		
0,7	0,13		
1	0,15		
1,5	0,17	0,16	0,17
2,5	0,18		0,19
5			0,21
10			0,22
30			0,23

(1) Inclinação entre 0° e ± 30°

Ou seja, a camada de XPS terá que garantir uma resistência de $(2,29-0,23) - (0,63-0,16) = 1,59$ (m².°C)/W.

Do ITE50, a condutibilidade térmica de XPS é de 0,037 (m.°C)/W.

Reprodução e distribuição proibidas

QUADRO I.1

CONDUTIBILIDADES TÉRMICAS

ISOLANTES TÉRMICOS

$$\lambda [W/(m \cdot ^\circ C)]$$

Material	Massa volúmica aparente seca, ρ [kg/m ³]	Condutibilidade térmica, valor de cálculo, λ [W/(m. °C)]
ISOLANTES TÉRMICOS		
<i>lã mineral (MW)</i>		
lã de rocha	20 – 35	0,045
	35 – 100	0,040
	100 – 180	0,042
lã de vidro	8 – 15	0,045
	15 – 100	0,040
<i>aglomerado de cortiça expandida (ICB)</i>	90 – 140	0,045
<i>aglomerado de cortiça natural com ligantes betuminosos ou sintéticos</i>	100 – 150	0,050
	150 – 250	0,055
<i>poliestireno expandido moldado (EPS)</i>	< 11	0,055
	11 – 13	0,045
	13 – 15	0,042
	15 – 20	0,040
	> 20	0,037
<i>poliestireno expandido extrudido (XPS)</i>	25 – 40	0,037

A resistência de um material homogéneo é obtida através da divisão da espessura da camada e da condutibilidade térmica do material.

$$R_{XPS} = \frac{e_{XPS}}{\lambda}$$

Obtendo:

$$e_{XPS} = R_{XPS} \cdot \lambda = 1,59 \times 0,037 = 0,059 \text{ m}$$

Pelo que deve aplicar-se uma camada de XPS de 60 mm de espessura.

Questão 37

Enunciado:

Vai ser construído, em Bragança, um edifício constituído em propriedade horizontal com 5 pisos e um estacionamento na cave. O R/C terá 3 frações destinadas à atividade de comércio e serviços com áreas de 200, 130 e 450 m² e em cada um dos restantes pisos 2 apartamentos (um T2 e um T4).

No que respeita à climatização dos espaços e preparação de AQS está previsto o seguinte:

- Espaços de comércio e serviços: Não têm AQS nem climatização
- Apartamentos T2: Sistemas independentes constituídos por caldeira a *pellets* com potências de 20 kW como unidade de produção de energia térmica que alimenta os radiadores.
- Apartamentos T4: Sistemas independentes constituídos por caldeira a *pellets* com potências de 30 kW como unidade de produção de energia térmica que alimenta os radiadores.

Enquanto PQ I chamado a intervir na fase de pedido de autorização de construção, quantos Pré-Certificados Energéticos poderá emitir?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 37

Resolução:

Uma vez que o edifício está constituído em propriedade horizontal e o sistema de climatização não é centralizado haverá lugar à emissão de um certificado energético por cada fração de serviços e por cada fração de habitação. **O PQ I poderá emitir 11 PCE.**

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 38

Enunciado: Considere uma habitação existente em que o valor de $R_{ph,i}$ determinado através da folha de cálculo de ventilação disponibilizada pelo LNEC é de $0,62 \text{ h}^{-1}$. Quais os valores de $R_{ph,v}$ e $R_{ph,i,ref}$ a utilizar no cálculo da transferência de calor por ventilação?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 38

Resolução:

De acordo com o subcapítulo 16.1.2.4. do Manual SCE:

Na determinação de $H_{ve,v}$ deve ser considerado o valor de $R_{ph,v}$ calculado, desde que este seja igual ou superior a 0,6 renovações por hora, assumindo o valor deste limite inferior nas situações em que a condição não se verifique.

Logo, $R_{ph,v}$ assume o valor de **0,62h⁻¹**.

Para o edifício de referência, de acordo com o subcapítulo 16.2.1.2. do Manual SCE:

A determinação da transferência de calor por ventilação de referência ($Q_{ve,i,ref}$) é efetuada tal como no edifício previsto, considerando uma taxa nominal de renovação do ar interior de referência na estação de aquecimento ($R_{ph,i,ref}$) igual ao $R_{ph,i}$ do edifício previsto, até um máximo de 0,6 renovações por hora. Assim:

- Se $R_{ph,i} < 0,5 h^{-1}$, então $R_{ph,i,ref} = 0,5 h^{-1}$;
- Se $0,5 \leq R_{ph,i} \leq 0,6 h^{-1}$, então $R_{ph,i,ref} = R_{ph,i}$;
- Se $R_{ph,i} > 0,6 h^{-1}$, então $R_{ph,i,ref} = 0,6 h^{-1}$.

Logo, $R_{ph,i,ref}$ assume o valor de **0,6h⁻¹**.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 39

Enunciado: Considere um vão envidraçado de uma fração de habitação a construir em Lisboa, orientado a Oeste e composto por vidro simples incolor de 6 mm com proteção solar pelo interior constituída por portadas de madeira de cor verde-claro, cujos ângulos de sombreamento relativos a palas verticais e horizontais são os seguintes:

- β_1 (devido a pala vertical à direita) = $30,0^\circ$;
- β_2 (devido a pala vertical à esquerda) = $10,0^\circ$;
- α (devido a pala horizontal) = $8,0^\circ$.

Qual o valor do produto $g_{tot} \cdot F_o \cdot F_t$ na estação de arrefecimento?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 39

Resolução:

De acordo com a Tabela 51 do Manual SCE, o valor por defeito do fator solar de um vidro simples incolor de 6 mm é de 0,85.

Tabela 51 – Fator solar de áreas transparentes

Tipo de solução	$g_{L,vi}$
Vidro simples	
Incolor 4 mm	0,88
Incolor 5 mm	0,87
Incolor 6 mm	0,85
Incolor 8 mm	0,82
Colorido na massa 4 mm	0,70
Colorido na massa 5 mm	0,65
Colorido na massa 6 mm	0,60
Colorido na massa 8 mm	0,50
Refletante Incolor 4 a 8 mm	0,60
Refletante colorido na massa 4 a 5 mm	0,50
Refletante colorido na massa 6 a 8 mm	0,45
Fosco	(1)

O vão envidraçado está equipado com proteção solar pelo interior constituída por portadas de madeira de cor verde-claro.

De acordo com a Tabela 20 do Manual SCE, a cor verde-claro trata-se de uma cor média.

Tabela 20 – Absortância solar

Cor da superfície	α_{sol}
Cores claras: branco, creme, amarelo, laranja e vermelho-claro	0,4
Cores médias: vermelho-escuro, verde-claro, azul-claro e cinzento-claro	0,5
Cores escuras: castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro e cinzento-escuro	0,8

Da Tabela 48 do Manual SCE, o valor do fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e portada de madeira (opaca) de cor média é de 0,4.

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,vc}$					
		Vidro simples $g_{L,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{L,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Portada opaca	Sim	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
Dispositivos de proteção interiores							
Cortina ligeiramente transparente	Não	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
Cortina muito transparente	Não	0,70	-	-	0,63	-	-
Cortina opaca	Sim	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
Cortina transparente	Não	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
Estore de lâminas	Não	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Persiana	Sim	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Portada de lâminas fixas	Não	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Portada opaca	Sim	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	Não	-	-	-	0,28	0,34	0,40

Notas:

- 1) A definição da cor (clara, média ou escura) deve ser efetuada através da Tabela 20

Como o vidro simples trata-se de um vidro simples corrente, não é necessário retificar o valor retirado da Tabela, logo, $g_{tot} = g_{tot,vc} = 0,4$.

De modo a obter o fator de sombreamento devido a pala horizontal, na estação de arrefecimento, recorreremos à Tabela 55 do Manual SCE:

Tabela 55 – Fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de arrefecimento

Ângulo	Portugal Continental e RAA					Região Autónoma da Madeira				
	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30°	0,98	0,86	0,75	0,68	0,63	0,97	0,84	0,74	0,69	0,68
45°	0,97	0,78	0,64	0,57	0,55	0,95	0,76	0,63	0,60	0,62
60°	0,94	0,70	0,55	0,50	0,52	0,92	0,68	0,55	0,54	0,60

O ângulo fornecido no enunciado (8°) encontra-se entre os valores tabelados de 0 e 30°, pelo qual será necessário recorrer à interpolação:

$$\frac{F_{o,8^\circ} - F_{o,0^\circ}}{8 - 0} = \frac{F_{o,30^\circ} - F_{o,0^\circ}}{30 - 0}$$

$$F_{o,8^\circ} = \frac{F_{o,30^\circ} - F_{o,0^\circ}}{30 - 0} (8 - 0) + F_{o,0^\circ}$$

$$F_{o,8^\circ} = 0,93$$

De modo a obter o fator de sombreamento devido as palas verticais, na estação de arrefecimento, recorreremos à Tabela 57 do Manual SCE:

Tabela 57 – Fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de arrefecimento

Posição da Pala	Ângulo	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Pala à esquerda	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	1	0,96	0,91	0,91	0,96	0,95	0,86
	45°	1	1	0,96	0,85	0,87	0,95	0,93	0,78
	60°	1	1	0,95	0,77	0,84	0,93	0,88	0,69
Pala à direita	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	0,86	0,95	0,96	0,91	0,91	0,96	1
	45°	1	0,78	0,93	0,95	0,87	0,85	0,96	1
	60°	1	0,69	0,88	0,93	0,84	0,77	0,95	1

O ângulo fornecido no enunciado para a pala vertical à esquerda (10°) encontra-se entre os valores tabelados de 0 e 30° , pelo qual será necessário recorrer à interpolação:

$$F_{f,esq,10^\circ} = \frac{F_{f,esq,30^\circ} - F_{f,esq,0^\circ}}{30 - 0} (10 - 0) + F_{f,esq,0^\circ}$$

$$F_{f,esq,10^\circ} = 0,98$$

O fator de sombreamento do elemento vertical à direita é extraído diretamente da Tabela.

$$F_{f,dir,30^\circ} = 0,96$$

Assim, o valor do produto $g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$ na estação de arrefecimento é:

$$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f = g_{tot} \cdot F_{o,8^\circ} \cdot F_{f,esq,10^\circ} \cdot F_{f,dir,30^\circ} = 0,4 \times 0,93 \times 0,98 \times 0,96 = \mathbf{0,35}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 40

Enunciado: Suponha que um edifício de habitação multifamiliar (em propriedade horizontal), situado em Viseu é constituído por 4 frações de habitação T2 e 2 frações de habitação T3. Cada fração T2 possui uma área útil de pavimento de 120 m² e cada fração T3 possui uma área útil de pavimento de 155 m². Para reabilitar este edifício estão previstas as seguintes renovações:

- Isolar termicamente pelo exterior as fachadas (sistema ETICS) cujo valor da renovação está orçamentado em 100 000 Euros;
- Isolar termicamente a cobertura cujo valor da renovação está orçamentado em 30 000 Euros;
- Substituir os envidraçados por novos com classe energética A cujo valor da renovação está orçamentado em 110 000 Euros.

Diga se o conjunto destas intervenções se pode classificar, à luz da legislação em vigor, de uma grande renovação. De acordo com a sua resposta refira as implicações de tal situação para a função de PQ.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 40

Resolução:

O critério que distingue se uma renovação se trata de uma grande renovação é se a estimativa do custo total da obra excede 25% do valor da totalidade do edifício.

O valor da totalidade do edifício é determinado com base na Equação 1 do subcapítulo 3.2.3 do Manual SCE:

$$V_e = V_{mc} \times A_t \quad [\text{€}] \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

V_e – Valor da totalidade do edifício [€];

V_{mc} – Valor médio de construção [€/m²];

A_t – Área bruta de construção do edifício [m²].

A área bruta de construção do edifício é $4 \times 120 + 2 \times 155 = 790 \text{ m}^2$.

O Artigo 1.º da Portaria 310/2021, de 20 de dezembro, fixa o valor médio de construção por metro quadrado:

Artigo 1.º

Fixação do valor médio de construção

É fixado em (euro) 512 o valor médio de construção por metro quadrado, para efeitos do artigo 39.º do Código do Imposto Municipal sobre Imóveis, a vigorar no ano de 2022.

Assim, o valor da totalidade do edifício é:

$$V_e = V_{mc} \times A_t = 512 \times 790 = 404480 \text{ €}$$

O valor da intervenção é $100\,000 + 30\,000 + 110\,000 = 240\,000 \text{ €}$, sendo superior a 25% do valor da totalidade do edifício, **enquadrando o edifício numa grande renovação. Deste modo, esta renovação carece de certificação energética de todas as frações.**

Questão 41

Enunciado:

Considere um edifício de habitação multifamiliar a construir em Valongo constituído por 16 frações autónomas T3 e 16 frações autónomas T2.

Encontra-se projetado um sistema solar térmico coletivo para abastecimento de água quente sanitária (AQS), que cumprirá com todos os requisitos de qualidade e manutenção aplicáveis, e cujo valor total da energia solar renovável fornecida ($E_{ren,solar}$), calculado pelo programa informático SCE.ER, é de 34 353 kWh.

Diga qual a comparticipação deste valor que deve considerar para cada uma das frações de tipologia T2.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 41

Resolução:

O edifício de habitação contém 16 apartamentos T3 e 16 apartamentos T2.

Ocupação	
16 T3	16 * 4 = 64
16 T2	16 * 3 = 48
Total	112

Assim, o valor de energia renovável a considerar para uma fração T2 é:

$$E_{ren} = \frac{n_{ocup,T2}}{n_{ocup,Total}} E_{ren,total} = \frac{3}{112} \times 34353 = \mathbf{920,17 kWh/ano}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 42

Enunciado:

Considere as peças desenhadas anexas correspondentes ao projeto de uma grande renovação a realizar num edifício de habitação anterior a 1960 situado no concelho de Évora, a uma altitude de 287 m.

Todos os vãos envidraçados serão constituídos por:

- Caixilharia em PVC, com quadrícula, com vidro duplo, $U_w = 1,57 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e $g_{\perp vi} = 0,57$;
- Proteção solar interior constituída por portadas opacas de cor azul-claro.

Os coeficientes de transmissão térmica superficial dos elementos opacos serão os seguintes:

- Elementos verticais:
 - Paredes (exteriores): $U = 0,50 \text{ [W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$;
 - Paredes (interiores): $U = 1,50 \text{ [W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$.
- Elementos horizontais:
 - Pavimentos (interiores): $U = 0,45 \text{ [W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$;
 - Pavimentos (solo): $U = 0,7 \text{ [W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$;
 - Coberturas (interiores): $U = 0,35 \text{ [W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$.

A produção de AQS será assegurada por um sistema solar térmico que cumprirá todos os requisitos de qualidade e manutenção.

- Dados do sistema a instalar – baseado em coletores solares certificados de acordo com as Normas EN 12976 ou 12975:
 - 1 coletor solar plano orientado a sul e com uma inclinação de 20° ;
 - 1 depósito solar de 200 litros com área de $2,57 \text{ m}^2$ de superfície e isolamento térmico de 50 mm (com coeficiente de condutibilidade térmica de $0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$);
 - Tubagem do circuito primário solar em cobre de 22 mm, isolada com 20 mm de isolamento (com coeficiente de condutibilidade térmica de $0,042 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$);

- o $E_{ren,p} = 918 \text{ kWh/ano}$, determinado através do software SCE.ER.

O sistema solar térmico poderá, em determinadas situações, entrar em estagnação por não conseguir dissipar a energia para o depósito pelo que a temperatura no circuito poderá atingir 150°C .

O apoio à produção de AQS será realizado através de uma resistência elétrica.

Não estão definidos quaisquer sistemas de climatização.

A tubagem de distribuição interna de AQS (possuirá recirculação) será executada em PPR de 32 mm e isolada termicamente com 23 mm de material com coeficiente de condutibilidade térmica de $0,042 \text{ W/(m}\cdot^{\circ}\text{C)}$.

A temperatura da água que circulará na tubagem de distribuição interna de AQS não será superior a 65°C .

A inércia da cozinha será fraca.

Não existirão aberturas permanentemente abertas ao exterior nos espaços não úteis, com exceção do desvão de cobertura, que tem aberturas de ventilação permanentemente abertas.

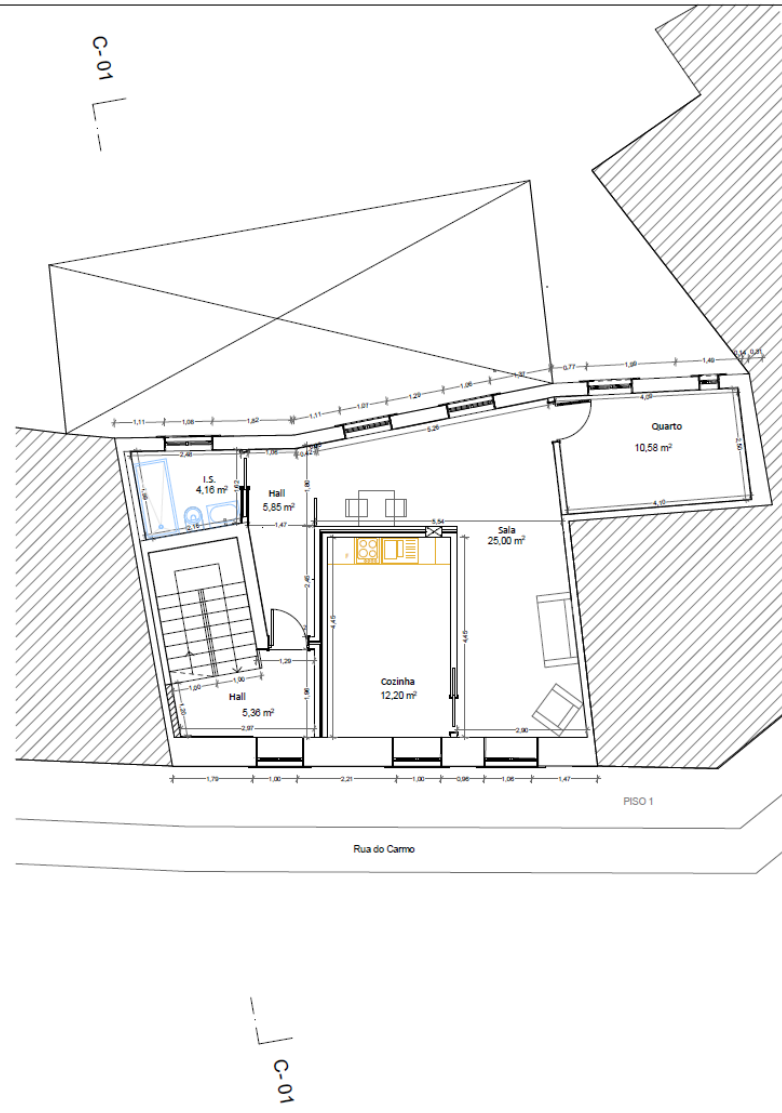
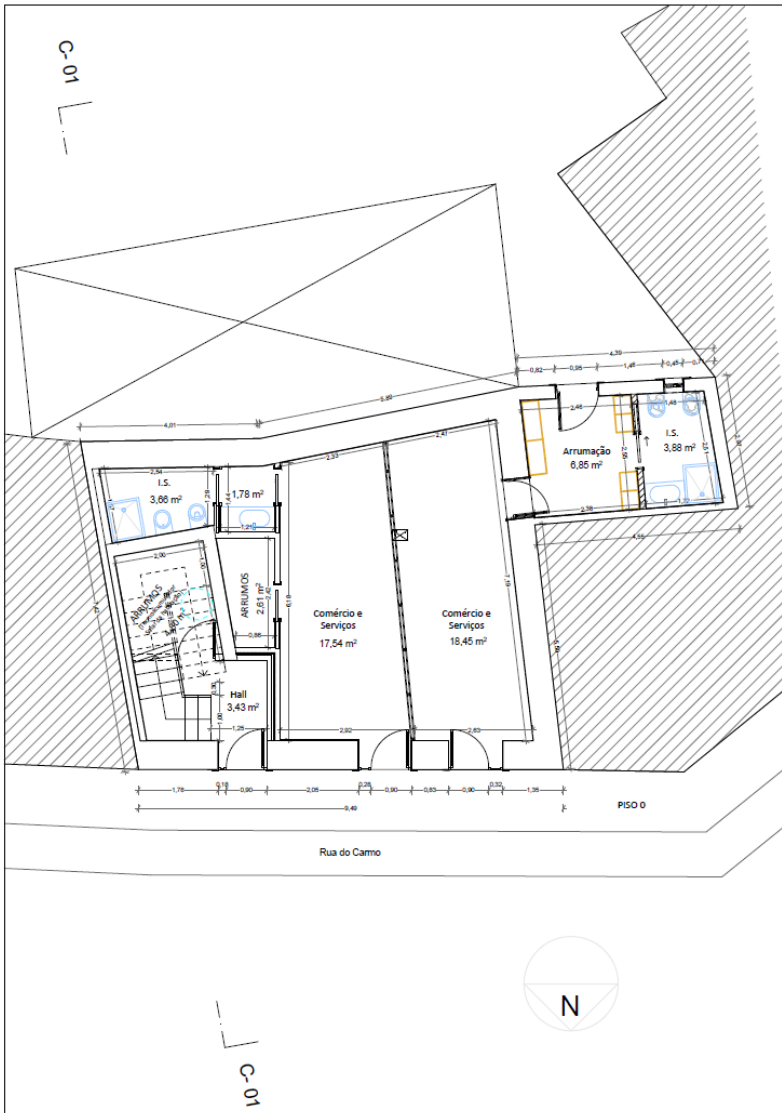
A ventilação será natural e o valor constante na folha de cálculo do LNEC para "Rph estimada em condições nominais (h^{-1})" é de 0,54 pelo que o valor a considerar para Rph na estação de arrefecimento de 0,60.

- 1. Identifique corretamente todos os espaços não úteis (ENU's) que estão em contacto com as áreas úteis da habitação e assinale nas peças desenhadas (plantas e cortes) a envolvente térmica da habitação.**
- 2. Em relação à habitação em estudo, verifique todos os requisitos mínimos incluídos no Quadro seguinte, sendo que no caso do $g_{tot.Fo.Ff}$ dos vãos envidraçados apenas tenha em conta o existente na cozinha.**

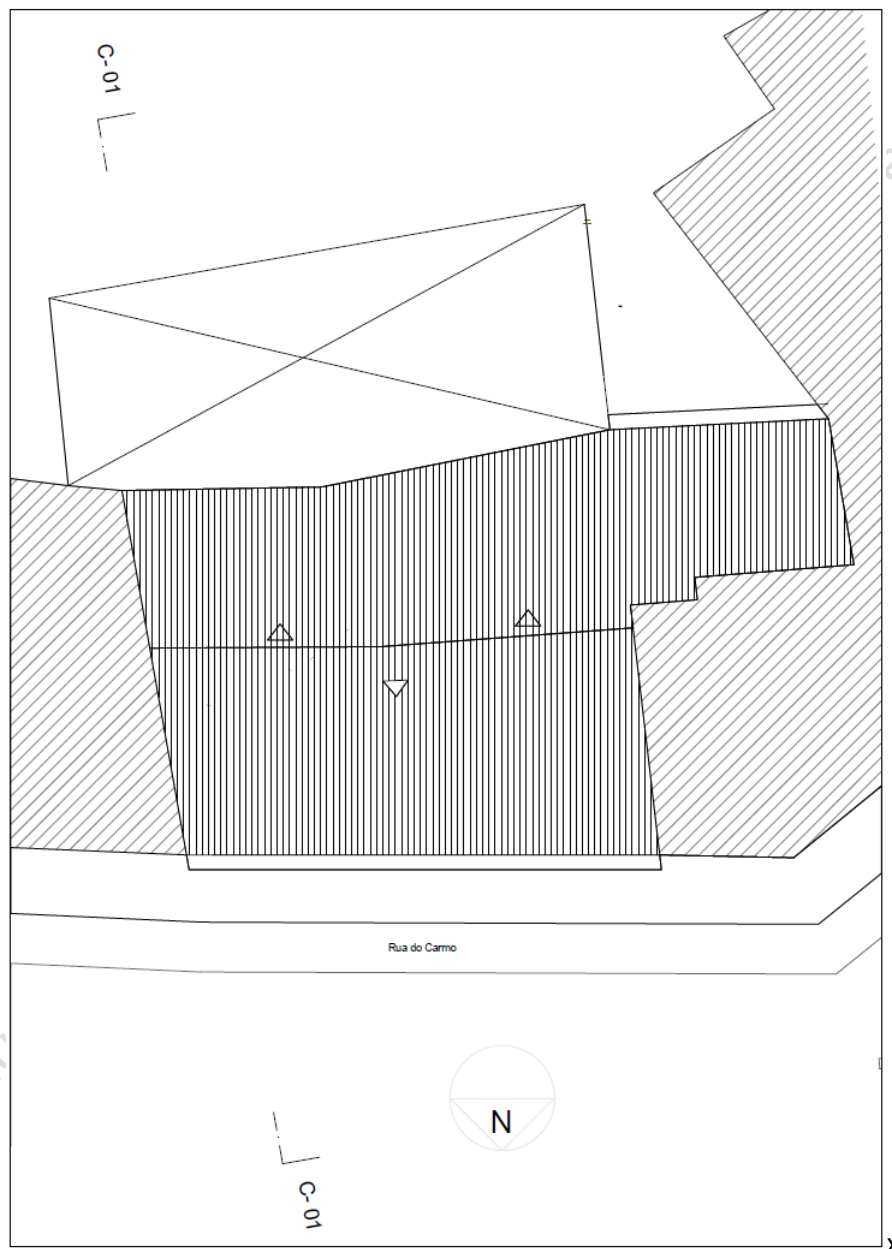
Nota: Caso exista algum elemento não sujeito a requisito mínimo deverá ser devidamente justificada a razão pela qual o mesmo não se encontra sujeito.

Elemento	Solução	Requisito	Cumpre/Não cumpre
<i>Envolvente térmica (U)</i>			
<i>Fator solar ($g_{tot} \cdot F_o \cdot F_i$)</i>			
<i>Ventilação</i>			
<i>Isolamento de tubagens, condutas, depósitos e equipamentos</i>			
<i>Energia primária renovável</i>			
<i>Outras observações</i>			

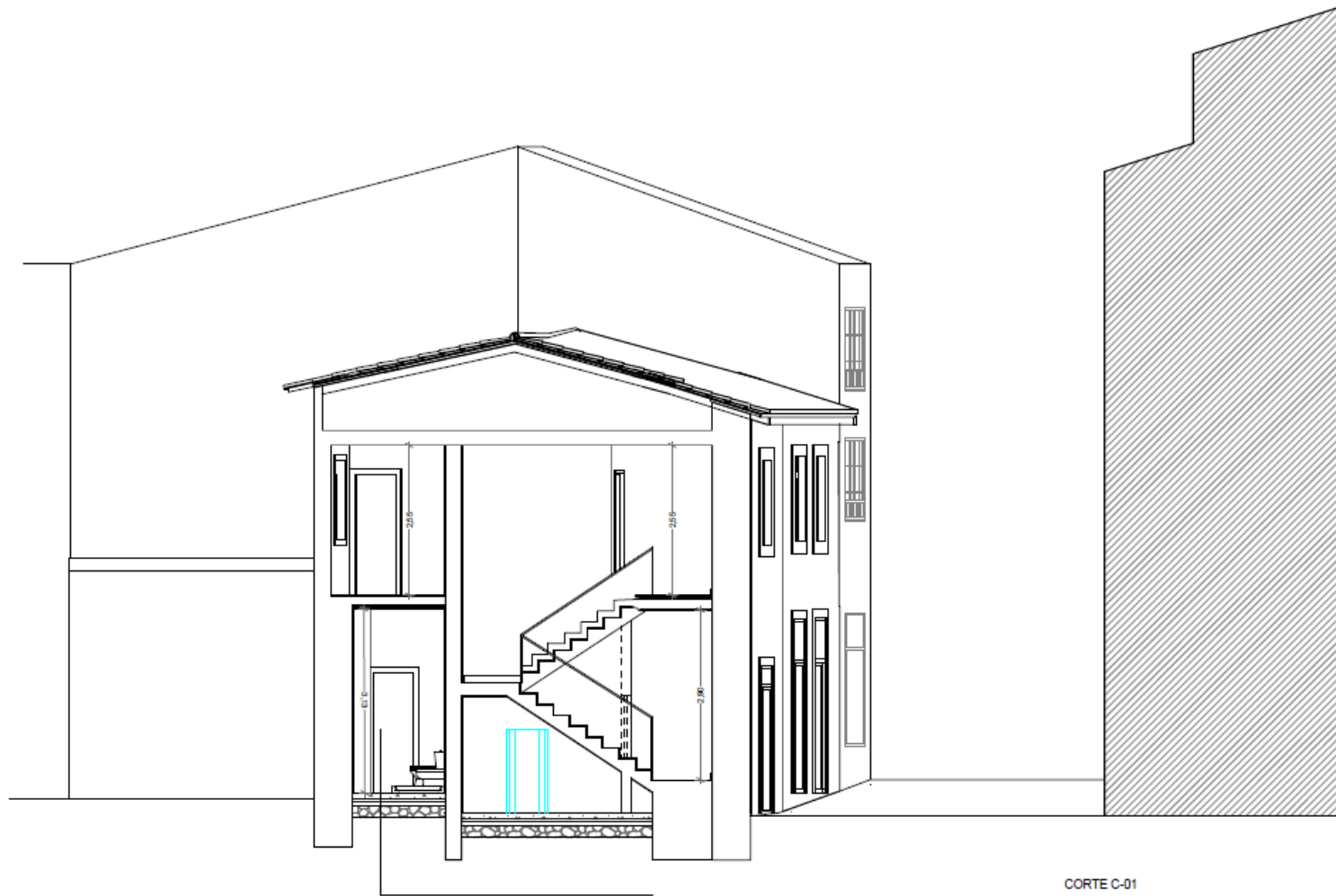
Reprodução e distribuição proibidas sem autorização expressa.



Rep.







Re,

Questão 42

Resolução:

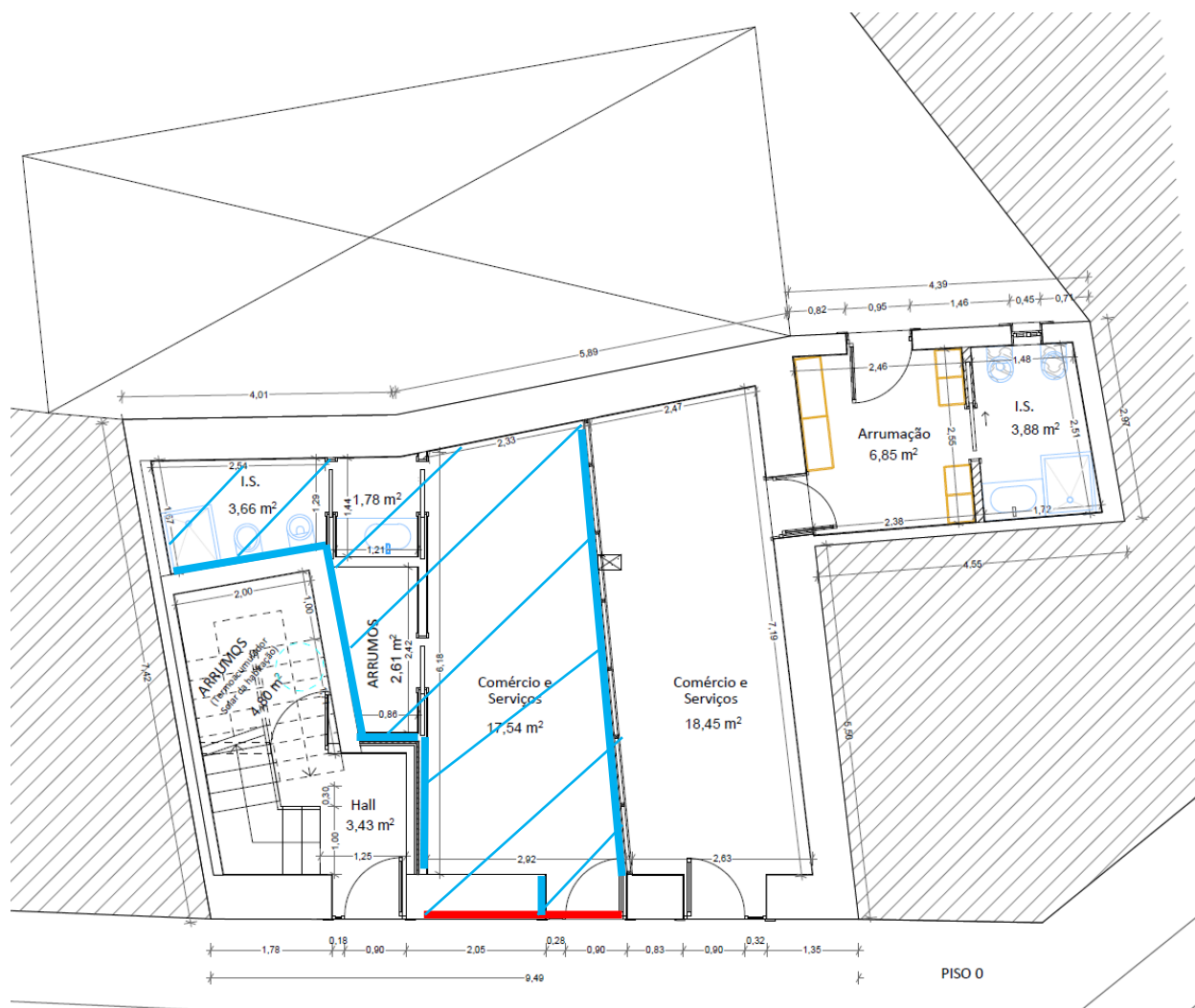
- 1. Identifique corretamente todos os espaços não úteis (ENU's) que estão em contacto com as áreas úteis da habitação e calcule para cada um o respetivo coeficiente de redução de perdas b_{ztu} .**

O edifício é constituído por 2 frações de comércio e serviços e uma fração de habitação.

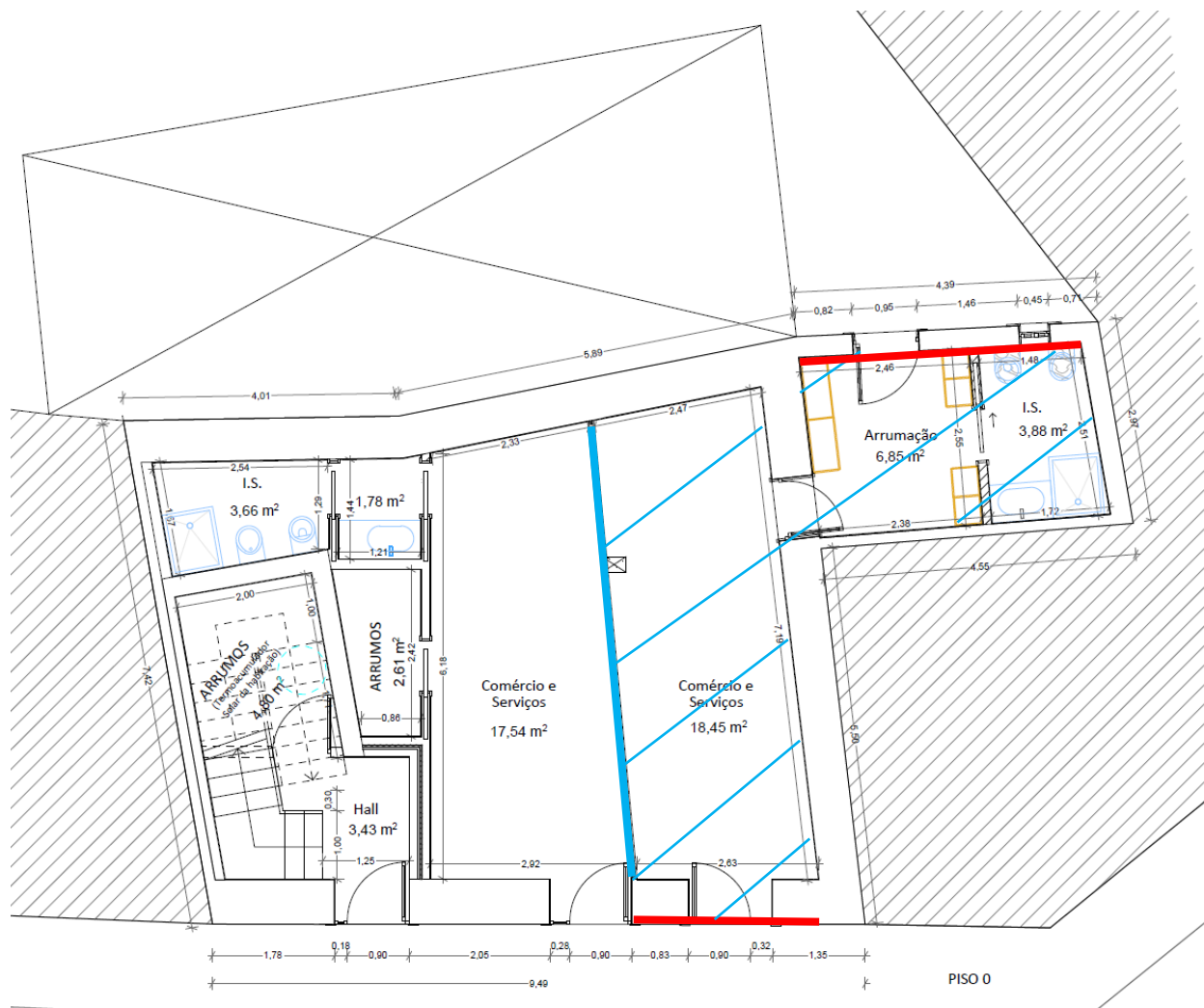
As frações de comércio e serviços são constituídos por uma loja, uma zona de arrumos, e uma instalação sanitária.

Da Tabela 14 do Manual SCE, verifica-se que todos os espaços identificados são úteis à sua fração, pelo que, para a fração de habitação, as frações de comércio e serviços constituem, cada, apenas um espaço não útil.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

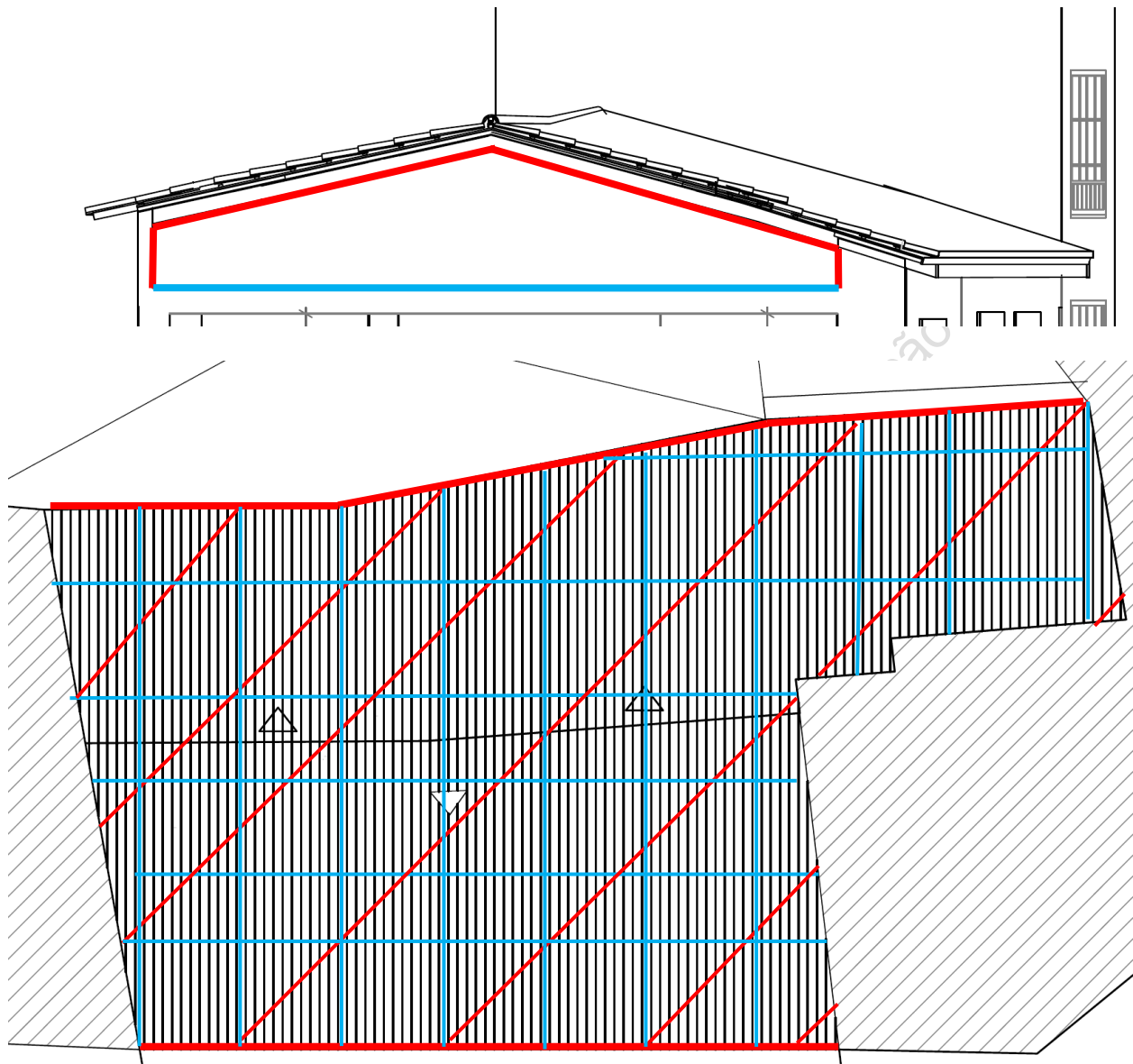


Elemento	Altura (m)	Volume (m ³)	A _i (m ²)	A _u (m ²)	A _i /A _u	f ou F	b _{ztu}
Loja 1	3,13	80,1	72,46	9,14	7,93	f	0,4



Elemento	Altura (m)	Volume (m³)	A _i (m²)	A _u (m²)	A _i /A _u	f ou F	b _{ztu}
Loja 2	3,08 (loja) 3,13 (Arrumação e I.S.)	90,41	48,28	21,12	2,29	f	0,5

Quanto à fração de habitação, verifica-se que todos os espaços são úteis, com exceção do desvão da cobertura.



Neste caso, por observação, é possível aferir que a demarcação da cobertura será amarela, pois $A_i < A_u$ e possui aberturas de ventilação permanentemente abertas, o $b_{z_{tu}}$ do espaço será sempre superior a 0,7.

Tabela 16 – Coeficiente de redução

b_{ztu}	$V_{enu} \leq 50 \text{ m}^3$		$50 \text{ m}^3 < V_{enu} \leq 200 \text{ m}^3$		$V_{enu} > 200 \text{ m}^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0,5$	1,0					
$0,5 \leq A_i/A_u < 1,0$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1,0 \leq A_i/A_u < 2,0$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2,0 \leq A_i/A_u < 4,0$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i/A_u \geq 4,0$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

$A_i < A_u$

Tabela 16 – Coeficiente de redução

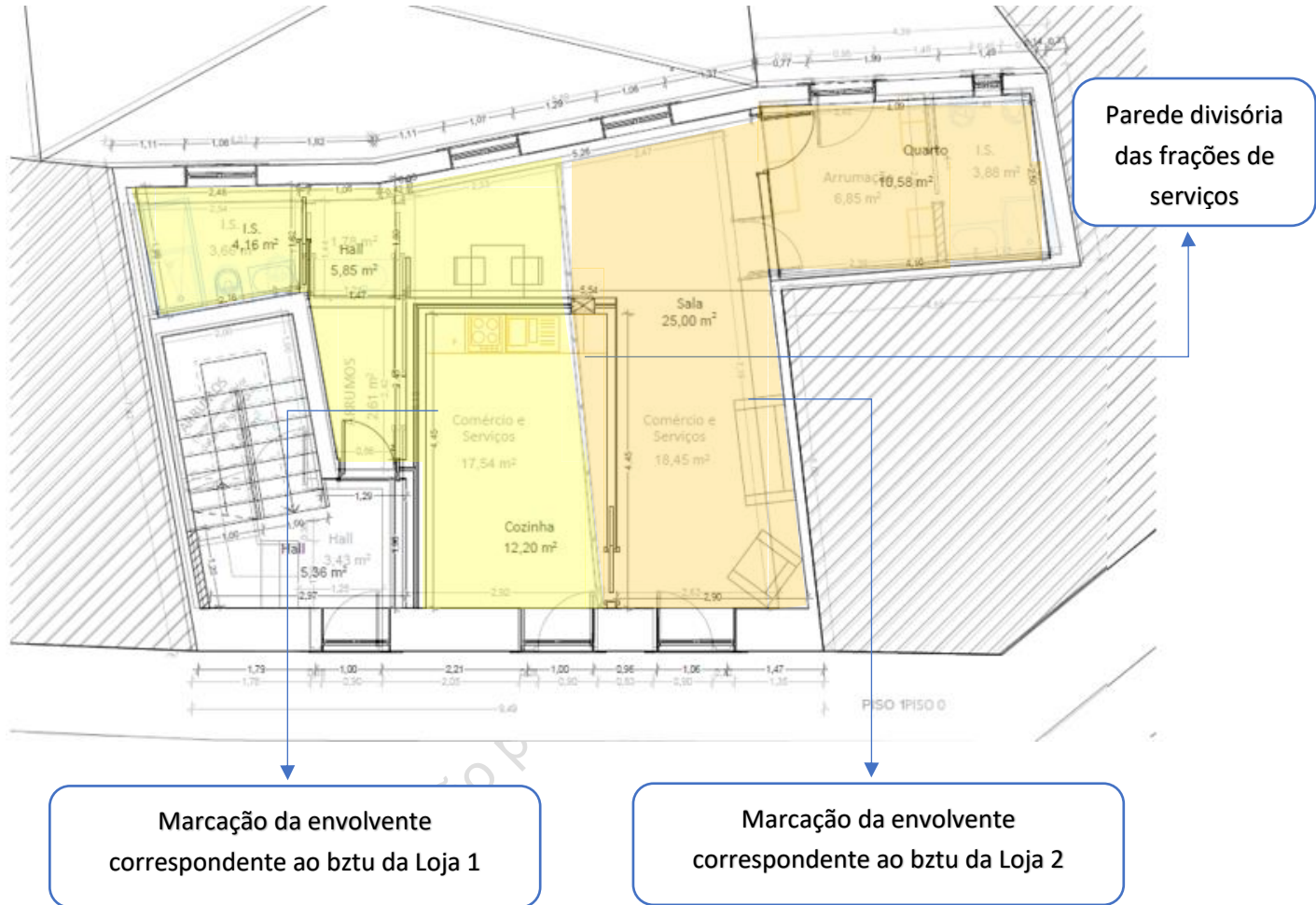
b_{ztu}	$V_{enu} \leq 50 \text{ m}^3$		$50 \text{ m}^3 < V_{enu} \leq 200 \text{ m}^3$		$V_{enu} > 200 \text{ m}^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0,5$	1,0					
$0,5 \leq A_i/A_u < 1,0$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1,0 \leq A_i/A_u < 2,0$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2,0 \leq A_i/A_u < 4,0$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i/A_u \geq 4,0$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

$A_i \geq A_u$

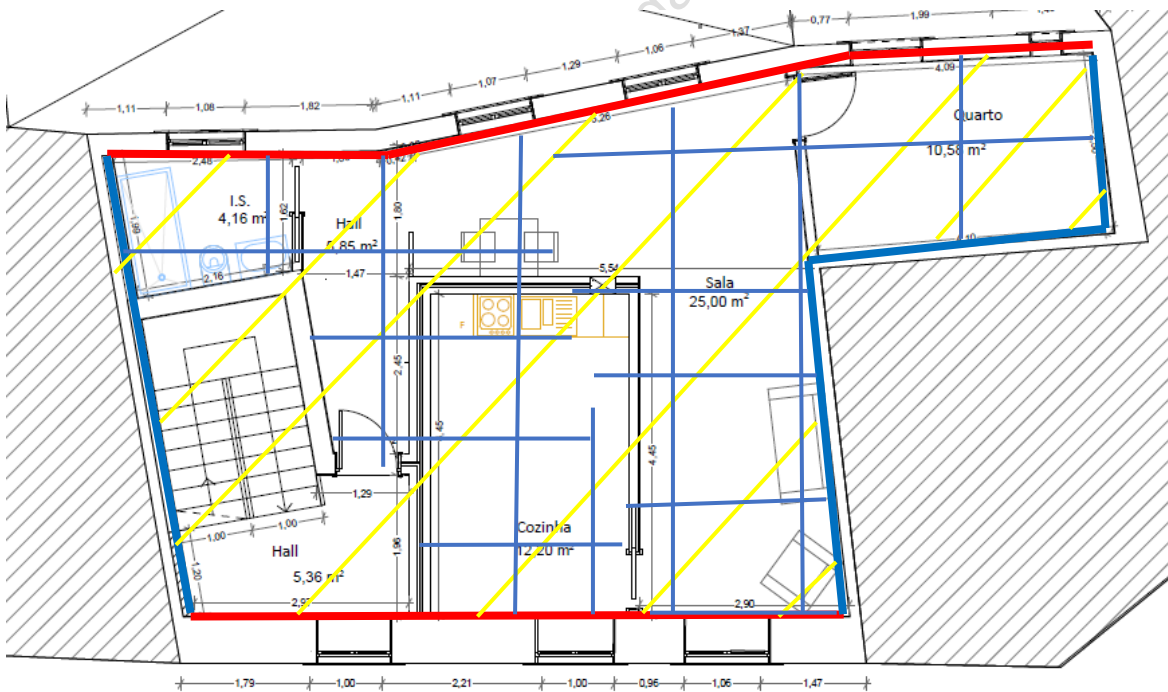
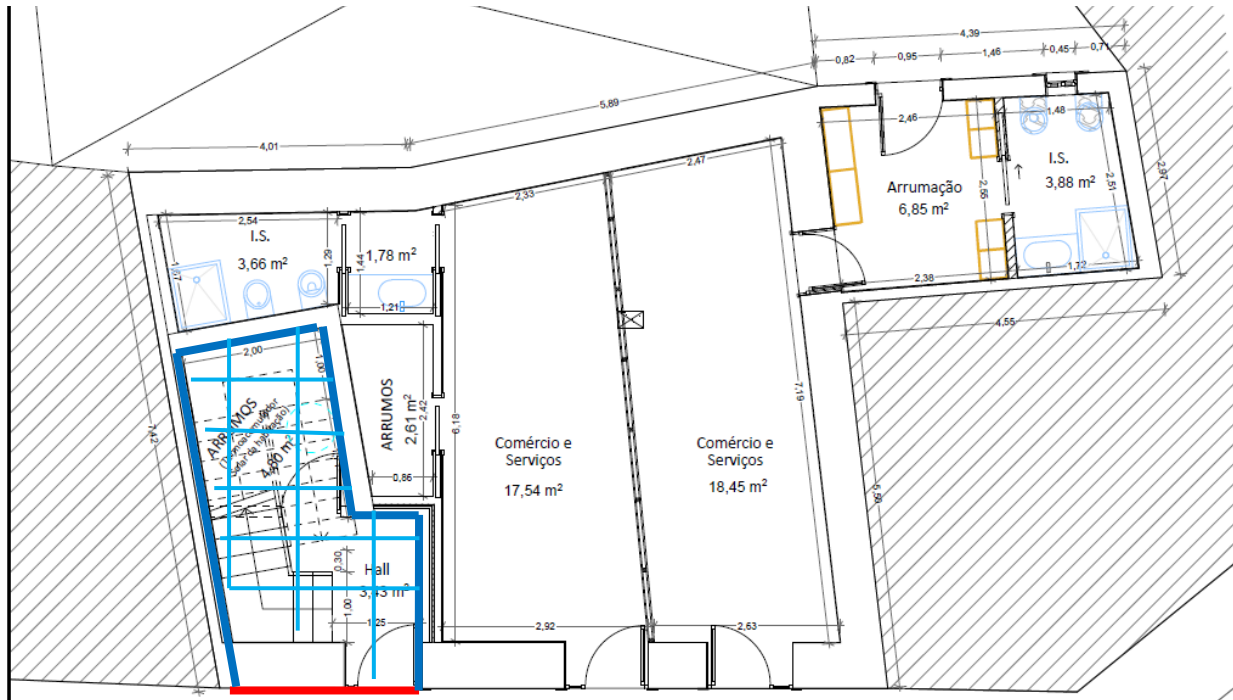
Assim:

ENU	Marcação da envolvente
Loja 1	Azul
Loja 2	Azul
Desvão da cobertura	Amarela

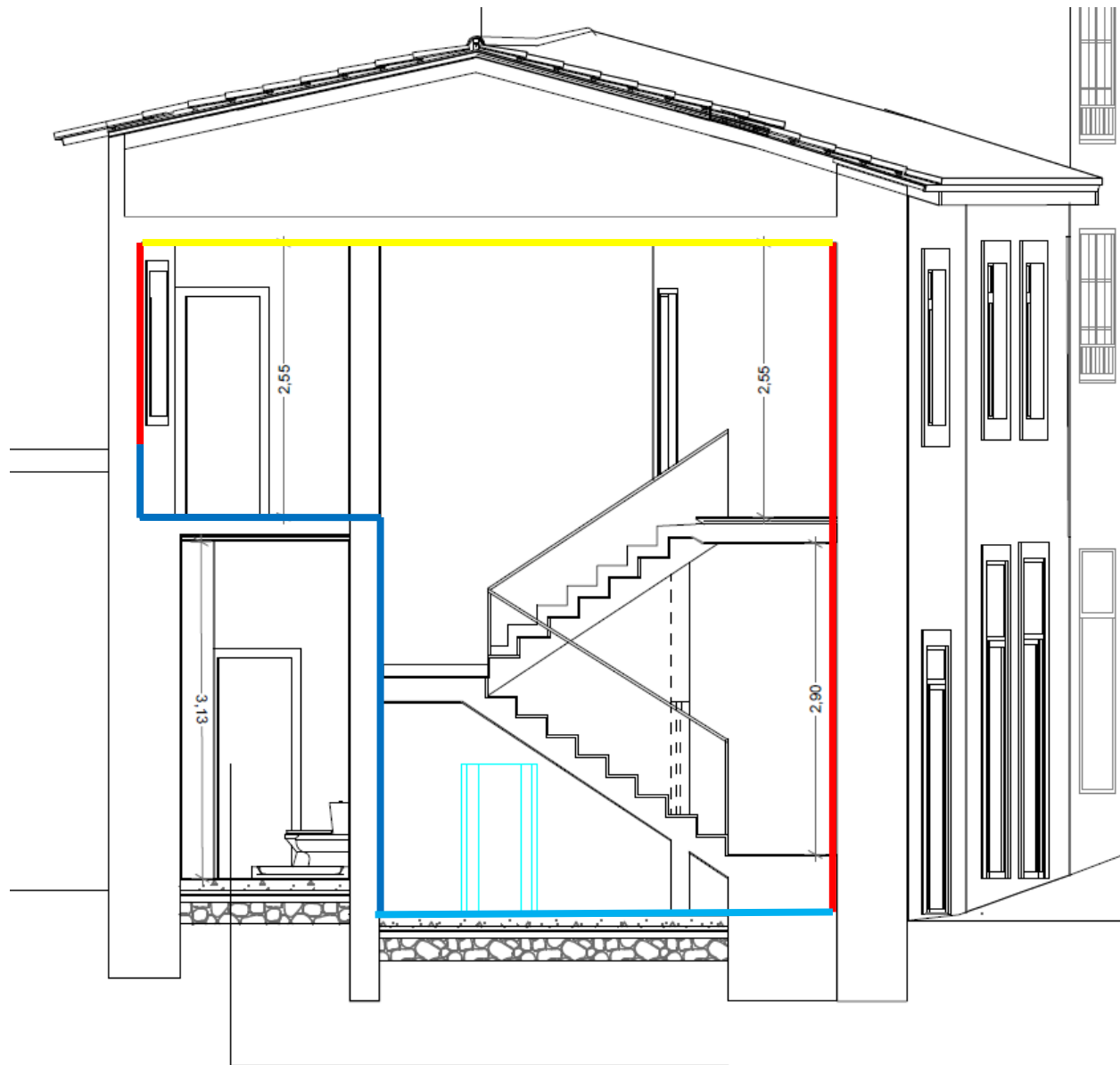
Nota: Como o pavimento da fração de habitação se encontra sobre dois espaços não úteis distintos, é necessário delimitar o pavimento conforme o b_{ztu} do espaço subjacente.



Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.



PISO 1



2. Em relação à habitação em estudo, verifique todos os requisitos mínimos incluídos no Quadro seguinte, sendo que no caso do $g_{tot.Fo.Ff}$ dos vãos envidraçados apenas tenha em conta o existente na cozinha.

Nota: Caso exista algum elemento não sujeito a requisito mínimo deverá ser devidamente justificada a razão pela qual o mesmo não se encontra sujeito.

Elemento	Solução	Requisito	Cumpre/Não cumpre
<i>Envolvente térmica (U)</i>			
<i>Fator solar ($g_{tot} \cdot F_o \cdot F_i$)</i>			
<i>Ventilação</i>			
<i>Isolamento de tubagens, condutas, depósitos e equipamentos</i>			
<i>Equipamentos</i>			
<i>Energias renováveis</i>			

O concelho de Évora, de acordo com o Anexo II do Manual SCE, fica localizado no NUTS
III **Alentejo Central**.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Concelho	NUTS III
Chamusca	Lezíria do Tejo
Chaves	Alto Trás-os-Montes
Cinfães	Tâmega
Coimbra	Baixo Mondego
Condeixa-a-Nova	Baixo Mondego
Constância	Médio Tejo
Coruche	Lezíria do Tejo
Covilhã	Cova da Beira
Crato	Alto Alentejo
Cuba	Baixo Alentejo
Elvas	Alto Alentejo
Entroncamento	Médio Tejo
Espinho	Grande Porto
Esposende	Cávado
Estarreja	Baixo Vouga
Estremoz	Alentejo Central
Évora	Alentejo Central
Fafe	Ave

De acordo com as Tabelas 9 e 10 do Manual SCE, os parâmetros climáticos para um edifício localizado em Alentejo Central a uma altitude de 287 m são:

- $Z_{ref} = 221$ m;
- $GD_{REF} = 1150$ °C;
- $\alpha(GD) = 1100$ °C/km;
- $\theta_{ext,v,REF} = 24,3$ °C;
- $\alpha(\theta_{ext,v}) = 0$ °C/km;

Tabela 9 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento

NUTS III	z_{REF} m	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{sol} kWh/ (m ² .mês)
		M_{REF} meses	a mês/km	GD_{REF} °C	a °C/km	$\theta_{ext,i,REF}$ °C	a °C/km	
Alentejo Central	221	5,3	2	1 150	1 100	10,0	-4	150
Alentejo Litoral	88	5,3	2	1 089	1 100	10,8	-2	150

Tabela 10 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento

NUTS III	z_{REF} m	$\theta_{ext,v}$		G_{sol} [kWh/m ²]								
		$\theta_{ext,v,REF}$ °C	a °C/km	0° H	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SO	90° O	90° NO
Alentejo Central	221	24,3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365

O que resulta numa temperatura exterior média na estação de arrefecimento de 24,3 °C e um número de graus-dias na estação de aquecimento de:

$$GD = GD_{ref} + a(z - z_{ref}) = 1150 + 1100 \times (0,287 - 0,221) = 1222,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Assim, o edifício enquadra-se na zona climática I1 – V3.

Envolvente térmica

Quanto à envolvente opaca, o edifício dispõe dos seguintes elementos, que se encontram sujeitos aos requisitos definidos na Tabela 1 da Portaria 138-I/2021:

- Elementos verticais:
 - Paredes (exteriores): $U = 0,50$ [W/(m².°C)];
 - Paredes (interiores): $U = 1,50$ [W/(m².°C)].
- Elementos horizontais:
 - Pavimentos (interiores): $U = 0,45$ [W/(m².°C)];
 - Coberturas (interiores): $U = 0,35$ [W/(m².°C)].

Tabela 1 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação — Portugal Continental, $U_{máx}$ [W/(m².°C)]

Portugal Continental			Zona Climática		
Tipo de elemento	Condição fronteira		I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente.	Verticais	Exterior ou interior com $b_{ztu} > 0,7$	0,50	0,40	0,35
		Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{ztu} > 0,7$	0,40	0,35	0,30
		Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20

A parede exterior, com um coeficiente de transmissão térmica U igual a 0,5 W/(m².°C), cumpre com o requisito definido.

Da marcação da envolvente, verificamos que as paredes interiores, que separam a fração de habitação dos edifícios adjacentes e do espaço não útil loja 1, e o pavimento interior, que separa a fração de habitação dos ENUs loja 1 e loja 2, espaços caracterizados por um b_{ztu} inferior ou igual a 0,7, cumprem com os requisitos estabelecidos. Verificamos igualmente que a cobertura interior, que separa a fração de habitação do desvão de cobertura, caracterizado por um b_{ztu} superior a 0,7.

Todos os vãos envidraçados são caracterizados por um $U_w = 1,57$ W/(m².°C), inferior ao requisito estabelecido na Tabela 6 da Portaria 138-I/2021, pelo que não é necessário calcular o valor U_{wdn} , afetado pela resistência criada pelo dispositivo de proteção solar.

Tabela 6 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada, $U_{w,máx}$ [W/(m².°C)]

	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Portugal Continental:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30

Assim:

Elemento	Elemento	Solução	Requisito	Cumpre/Não cumpre
<i>Envoltente térmica (U)</i>	Parede (exterior)	0,5	0,5	Cumpre
	Parede (interior)	1,5	2	Cumpre
	Pavimento (interior)	0,45	1,65	Cumpre
	Cobertura (interior)	0,35	0,40	Cumpre
	Vãos envidraçados	1,57	2,8	Cumpre

Fator Solar

O vão envidraçado em estudo incide no vão envidraçado da cozinha, enquadrada como um espaço de inércia fraca. O vão envidraçado da cozinha encontra-se orientado a Norte, pelo que, de acordo a alínea k) do ponto 2.2 do Anexo I da portaria 138-I/2021, não se encontra sujeito a cumprimento de requisitos de fator solar.

Elemento	Elemento	Solução	Requisito	Cumpre/Não cumpre
<i>Fator solar</i> $(g_{tot}.F_o.F_f)$	Vão envidraçado da cozinha	---	Não se aplica	Não se aplica

Ventilação

A renovação por hora em condições nominais obtida pela folha de cálculo do LNEC foi de $0,54 \text{ h}^{-1}$, pelo que se encontra em conformidade com o requisito de ventilação.

Elemento	Solução	Requisito	Cumpre/Não cumpre
Ventilação	$0,54 \text{ h}^{-1}$	0,5	Cumpre

Isolamento de tubagens, condutas, depósitos e equipamentos

O edifício não é equipado por sistemas de climatização, pelo que apenas o coletor solar térmico se encontra sujeito a requisitos de isolamento. O coletor solar dispõe de um depósito com área de $2,57 \text{ m}^2$ de superfície com 50 mm de isolamento térmico e tubagem do circuito primário com diâmetro igual a 22 mm com 20 mm de isolamento térmico (coeficiente de condutibilidade térmica igual a $0,042 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, pelo que a espessura do isolamento térmico corrigida a uma condutibilidade térmica de $0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ é de 19 mm).

A tubagem de distribuição interna de AQS, caracterizada por tubagens com diâmetro igual a 32 mm com 23 mm de isolamento térmico (coeficiente de condutibilidade térmica igual a $0,042 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, pelo que a espessura do isolamento térmico corrigida a uma condutibilidade térmica de $0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ é de 22 mm), encontra-se sujeita aos requisitos estabelecidos na Tabela 19 da Portaria 138-I/2021 e, como possui recirculação, não é-lhe aplicado a nota por baixo da Tabela.

Tabela 19 — Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm)

Diâmetro exterior (mm)	Fluido interior quente			
	Temperatura do fluido (°C)			
	40 a 65 (¹)	66 a 100	101 a 150	151 a 200
D ≤ 35	20	20	30	40
35 < D ≤ 60	20	30	40	40
60 < D ≤ 90	30	30	40	50
90 < D ≤ 140	30	40	50	50
D > 140	30	40	50	60

(¹) Para efeitos de isolamento de redes de sistemas secundários sem recirculação pode-se considerar um valor não inferior a 10 mm.

Tabela 20 — Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos (mm)

Equipamentos e depósitos de acumulação ou de inércia dos sistemas de preparação de AQ	
Superfície ≤ 2 m²	Superfície > 2 m²
50	80

Elemento	Elemento	Solução	Requisito	Cumpr/Não cumpr
<i>Isolamento de tubagens, condutas, depósitos e equipamentos</i>	Distribuição interna de AQS	22 mm	20 mm	Cumpr
	Circuito primário do coletor solar	19 mm	30 mm	Não cumpr
	Depósito	50 mm	80 mm	Não cumpr

Energia primária renovável

O indicador de energia primária renovável para edifícios sujeitos a grande renovação é aplicável quando, cumulativamente, são renovados a rede de distribuição e o sistema produtor de AQS.

O único sistema produtor de energia renovável do edifício é o coletor solar térmico, que assegura 918 kWh/ano, determinado pelo SCE.ER.

O indicador Ren_{Hab} é determinado com base na Equação 159 do Manual SCE:

$$Ren_{Hab} = \frac{\sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}}{\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j}}$$

Resultando:

$$Ren_{Hab} = \frac{\sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}}{\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) F_{pu,j}} = \frac{918 * 1}{918 * 1 + (1188,64 - 918) * 2,5} = \frac{918}{1594,6} = 0,58$$

Cumprindo com o estabelecido na Tabela 2 do Despacho 6476-E/2021.

Tabela 2 — Requisitos dos edifícios de habitação sujeitos a grande renovação

Tipo de requisito	Ano de construção (A)		
	A < 1960	1960 ≤ A ≤ 1990	1990 < A
Conforto térmico			
Necessidades de aquecimento	Não aplicável	$N_{ic}/N_i \leq 1,25$	$N_{ic}/N_i \leq 1,15$
Necessidades de arrefecimento	Não aplicável	$N_{vc}/N_v \leq 1,25$	$N_{vc}/N_v \leq 1,15$
Desempenho energético			
Classe energética	Igual ou superior a C		
Energia primária total	$R_{NT} \leq 1,50$		
Energia primária renovável	$Ren_{Hab} \geq 0,50$ (*)		

(*) Apenas aplicável quando renovados, cumulativamente, a rede de distribuição e o sistema produtor de Águas Quentes Sanitárias (AQS).

Elemento	Solução	Requisito	Cumpre/Não cumpre
<i>Energia primária renovável</i>	0,58	0,5	Cumpre

Outras observações

Além dos requisitos supramencionados, é importante destacar os seguintes requisitos adicionais aplicáveis:

- De acordo com a subalínea iv) do ponto 3.2 -b) do Anexo II da portaria 138-I/2021, como a temperatura no circuito poderá atingir 150°C devido a estagnação, o coletor solar deve ser dotado de quatro tomadas.
- Tratando-se de uma grande renovação, o edifício deve dispor do suporte a uma futura infraestrutura de carregamento de veículos elétricos para todos os lugares de estacionamento.
- Tratando-se de uma grande renovação, é necessário que a classe energética do edifício seja, no mínimo, C (Tabela 2 do despacho 6476-E/2021).
- Como o ano de construção do edifício é anterior a 1960, não se encontra sujeito a requisitos de conforto térmico.

Elemento	Requisito
<i>Outras observações</i>	Coletor solar dotado de quatro tomadas
	Suporte a futura infraestrutura de carregamento de VE
	Classe energética igual ou superior a C

Questão 43

Enunciado:

Considere um vão envidraçado pertencente a uma fração de habitação em projeto, localizada na NUTS III Cávado, constituído por vidro duplo ($g_{\pm,VI} = 0,68$), orientado a oeste, com uma área em tosco de $3,59 \text{ m}^2$, com fração envidraçada de $0,85$, um g_{tot} de $0,09$, sem proteções solares permanentes, com $F_{o,v} = 0,95$ e $F_{f,v} = 0,96$. O envidraçado não se encontra à face exterior da fachada. Qual o valor dos respetivos ganhos solares brutos anuais na estação de arrefecimento?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 43

Resolução:

Os ganhos solares brutos na estação de arrefecimento são representados pelo símbolo $Q_{sol,v}$. Do Manual SCE, $Q_{sol,v}$ é determinado pela Equação 114:

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[G_{sol_j} \times \sum_n F_{s,v_{nj}} \cdot A_{s,v_{nj}} \right] \quad [kWh/ano] \quad (Eq. 114)$$

Em que:

G_{sol_j} – Energia solar média incidente numa superfície com orientação j , acumulada durante a estação de arrefecimento [kWh/m^2];

$F_{s,v_{nj}}$ – Fator de obstrução solar da superfície do elemento n com orientação j na estação de arrefecimento;

$A_{s,v_{nj}}$ – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com orientação j na estação de arrefecimento [m^2].

Para esta questão, basta determinar os ganhos solares brutos resultantes de um único elemento, o vão envidraçado descrito no enunciado, resultando:

$$Q_{sol,v} = G_{sol} \times F_{s,v} \cdot A_{s,v}$$

Em que:

- G_{sol} é a energia solar média incidente no vão envidraçado com orientação **oeste**.
- $F_{s,v}$ é o fator de obstrução solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento
- $A_{s,v}$ é a área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

O valor de G_{sol} é retirado da Tabela 10 do Manual SCE, para a NUTS III Cávado:

Tabela 10 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento

NUTS III	Z_{REF} m	$\theta_{ext,v}$		G_{sol} [kWh/m ²]								
		$\theta_{ext,v,REF}$ °C	a °C/km	0° H	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SO	90° O	90° NO
Alentejo Central	221	24,3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365
Algarve	145	23,1	0	865	225	375	515	500	405	500	515	375
Alto Alentejo	246	24,5	0	845	225	365	505	500	415	500	505	365
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Alentejo	178	24,7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Beira Interior Norte	717	21,7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355
Beira Interior Sul	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345

Para determinar o fator de obstrução, é recorrida à metodologia descrita no ponto 8.4 do Manual SCE:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (\text{Eq. 32})$$

Em que:

- F_h toma o valor de 1 para a estação de arrefecimento.
- F_o e F_f são dados no enunciado, 0,95 e 0,96 respetivamente.

Como o vão envidraçado não se localiza à face do elemento opaco, o produto $F_o \cdot F_f$ não poderá assumir um valor superior a 0,9, assumindo um valor máximo de 0,9.

$$F_o \cdot F_f = 0,95 \cdot 0,96 = 0,912 > 0,9$$

$$F_o \cdot F_f = 0,9$$

Para determinar a área efetiva coletora, é utilizada a Equação 115 do Manual SCE:

$$A_{s,v} = A_W \cdot F_g \cdot g_v \quad [m^2] \quad (\text{Eq. 115})$$

Em que:

A_W – Área do vão envidraçado [m^2];

F_g – Fração envidraçada;

g_v – Fator solar de verão.

Em que a área do vão envidraçado é dada no enunciado ($3,59 \text{ m}^2$), a fração envidraçada será $0,95$, e o fator solar de verão é calculado com recurso à Equação 29 do Manual SCE:

Existência apenas de dispositivos de proteção solar permanentes

$$g_v = g_{tot,p} \quad (\text{Eq. 27})$$

Existência de dispositivos de proteção solar permanentes e móveis

$$g_v = F_{mv} \cdot g_{tot} + (1 - F_{mv}) \cdot g_{tot,p} \quad (\text{Eq. 28})$$

Existência apenas de dispositivos de proteção solar móveis

$$g_v = F_{mv} \cdot g_{tot} + (1 - F_{mv}) \cdot F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} \quad (\text{Eq. 29})$$

Ausência de dispositivos de proteção solar

$$g_v = F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} \quad (\text{Eq. 30})$$

Em que:

- F_{mv} corresponde à fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar encontram-se totalmente ativados, de acordo com a Tabela 49 do Manual SCE, em função da orientação do vão envidraçado;
- g_{tot} corresponde ao fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar totalmente ativados, dado no enunciado ($0,09$);
- $F_{w,v}$ corresponde ao fator de correção da seletividade angular de verão, de acordo com a Tabela 50 do Manual SCE, em função da orientação do vão envidraçado e do tipo de vidro;

- $g_{\perp,vi}$ corresponde ao fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado, fornecido pelo enunciado (0,68);

Tabela 49 – Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados

Orientação do vão	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O	H
F_{mv}	0	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9

Tabela 50 – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento

Orientação do vão	$F_{w,v}^{(1)}$				
	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85

(1) Nos restantes casos, incluindo a orientação horizontal, $F_{w,v} = 0,90$

Resultando num fator solar de verão, g_v , de:

$$g_v = F_{mv} \cdot g_{tot} + (1 - F_{mv}) \cdot F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} = 0,6 \cdot 0,09 + (1 - 0,6) \cdot 0,85 \cdot 0,68 = 0,29$$

A área efetiva coletora será:

$$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v = 3,59 \cdot 0,85 \cdot 0,29 = 0,88 \text{ m}^2$$

O que permite calcular os ganhos solares brutos na estação de arrefecimento:

$$Q_{sol,v} = G_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_{s,v} = 485 \cdot 0,9 \cdot 0,88 = \mathbf{384,12 \text{ kWh/ano}}$$

Questão 44

Enunciado:

Considere uma habitação unifamiliar localizada na zona climática V1. A análise incide numa sala de inércia fraca com área de 40 m². A sala possui dois vãos envidraçados, Env1 virado a norte e com uma área de 5 m² e Env2 virado a sul e com uma área de 10 m², caracterizados da seguinte forma, do exterior para o interior:

Env1:

- Portada de lâminas fixas exterior (cinzento-claro);
- Portada opaca exterior (azul-claro);
- Vidro incolor 4 mm.

Env2:

- Lona opaca exterior (azul-vivo);
- Vidro colorido na massa 5 mm + incolor;
- Cortina transparente interior (verde-claro);
- Persiana interior (vermelho-escuro).

Considere que os vãos envidraçados não se localizam à face dos elementos opacos.

Os vãos envidraçados cumprem com o requisito mínimo do fator solar?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 44

Resolução:

De acordo com a Tabela 20 do Manual SCE, as cores dos dispositivos de proteção solares traduzem em cores claras, médias ou escuras.

Tabela 20 – Absortância solar

Cor da superfície	α_{sol}
Cores claras: branco, creme, amarelo, laranja e vermelho-claro	0,4
Cores médias: vermelho-escuro, verde-claro, azul-claro e cinzento-claro	0,5
Cores escuras: castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro e cinzento-escuro	0,8

De acordo com a Tabela 51 do Manual SCE, o valor por defeito do fator solar de um vidro simples incolor de 4 mm é de 0,88 e de um vidro duplo colorido na massa 5 mm + incolor é de 0,55.

Tabela 51 – Fator solar de áreas transparentes

Tipo de solução	$g_{L,vi}$
Vidro simples	
Incolor 4 mm	0,88
Incolor 5 mm	0,87
Incolor 6 mm	0,85
Incolor 8 mm	0,82
Vidro duplo (exterior + interior)	
Incolor 4 a 8 mm + Incolor 4 mm	0,78
Incolor 4 a 8 mm + Incolor 5 mm	0,75
Colorido na massa 4 mm + Incolor	0,60
Colorido na massa 5 mm + Incolor	0,55
Colorido na massa 6 mm + Incolor	0,50
Colorido na massa 8 mm + Incolor	0,45

Env1:

- Portada de lâminas fixas exterior (cinzento-claro - **Média**);
- Portada opaca exterior (azul-claro - **Média**);
- Vidro incolor 4 mm ($g_{L,vi} = 0,88$).

Env2:

- Lona opaca exterior (azul-vivo - **Escura**);
- Vidro colorido na massa 5 mm + incolor ($g_{\perp,vi} = 0,55$);
- Cortina transparente interior (verde-claro- **Média**);
- Persiana interior (vermelho-escuro- **Média**).

Da Tabela 48 do Manual SCE:

Tabela 48 – Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,vc}$					
		Vidro simples $g_{\perp,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{\perp,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Dispositivos de proteção exteriores							
Estore veneziano de lâminas de madeira	Não	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08
Estore veneziano de lâminas metálicas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09
Lona muito transparente	Não	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20
Lona opaca	Não	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
Lona pouco transparente	Não	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
Persiana de réguas de madeira	Sim	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Persiana de réguas metálicas ou plásticas	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Portada de lâminas fixas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,vc}$					
		Vidro simples $g_{\perp,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{\perp,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Portada opaca	Sim	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
Dispositivos de proteção interiores							
Cortina ligeiramente transparente	Não	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
Cortina muito transparente	Não	0,70	-	-	0,63	-	-
Cortina opaca	Sim	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
Cortina transparente	Não	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
Estore de lâminas	Não	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Persiana	Sim	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Portada de lâminas fixas	Não	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Portada opaca	Sim	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	Não	-	-	-	0,28	0,34	0,40

De modo a calcular o fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados, g_{tot} , irá ser utilizada a Equação 22 para o Env1 e a Equação 20 para o Env2.

Apesar do vão envidraçado 1 se encontra virado a norte, encontrando-se **isento de requisito de fator solar máximo admissível**, para efeitos didáticos, irá ser determinado o g_{tot} deste vão.

O vão envidraçado 1 possui um dispositivo de proteção solar opaco exterior ao vão, pelo que g_{tot} irá ser determinado a partir da Equação 22:

b) No caso da existência de um ou mais dispositivos de proteção solar antes do dispositivo de proteção solar opaco, do exterior para o interior, o valor de g_{tot} deve ser obtido através das equações seguintes.

Vidro simples
$$g_{tot} = g_{tot,vc,op} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc_i}}{0,85} \quad (\text{Eq. 22})$$

Em que $g_{tot,vc,op}$ resulta do fator solar do vão envidraçado com vidro corrente extraído da Tabela 48 do Manual SCE.

$$g_{tot} = 0,07 \times \frac{0,14}{0,85} = 0,012$$

O vão envidraçado 2 não possui nenhum dispositivo de proteção solar opaco exterior ao vão, pelo que g_{tot} irá ser determinado a partir da Equação 20:

Nas situações de vãos envidraçados com dispositivos de proteção solar totalmente ativados, o fator solar (g_{tot}) deve ser determinado de acordo com as Equações 19 ou 20, em função do tipo de vidro, considerando todos os dispositivos de proteção solar, do exterior para o interior, até ao primeiro dispositivo de proteção opaco, inclusive, conforme Tabela 48.

Vidro simples
$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc_i}}{0,85} \quad (\text{Eq. 19})$$

Vidro duplo
$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc_i}}{0,75} \quad (\text{Eq. 20})$$

Resultando num g_{tot} igual a:

$$g_{tot} = 0,55 \times \frac{0,08}{0,75} \times \frac{0,48}{0,75} \times \frac{0,55}{0,75} = 0,028$$

Os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares em espaços interiores úteis devem verificar a condição estipulada na alínea g) do ponto 2.2. do Anexo I da Portaria 138-I/2021:

$$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{tot,m\acute{a}x}$$

Em que $g_{tot,m\acute{a}x}$ é obtido pela Tabela 8:

Tabela 8 — Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, $g_{tot,m\acute{a}x}$

Tipo de edifício	Inércia do espaço	Zona Climática		
		V1	V2	V3
Edifícios de habitação	Fraca	0,15	0,10	0,10
	Média ou forte	0,56	0,56	0,50
Edifícios de comércio e serviços	Fraca, média ou forte	0,56	0,56	0,50

Como a área dos vãos envidraçados com condição exterior ou interior com ganhos solares é superior a 15% da área do pavimento, o valor do requisito é afetado conforme o previsto na alínea i) do mesmo ponto.

$$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{tot,m\acute{a}x} \cdot \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env,espaço}}{A_{pav}}\right)} \quad (2)$$

em que:

$A_{env,espaço}$ — Soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares que servem o espaço, com exceção dos vãos orientados no quadrante norte, inclusive [m²];

A_{pav} — Área útil de pavimento do espaço servido pelos vãos envidraçados [m²].

Em que $A_{env,espaço}$ é a soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares que servem o espaço, **com exceção dos vãos orientados no quadrante norte**, ou seja:

$$g_{tot}F_oF_f \leq 0,15 \times \frac{0,15}{\frac{10}{40}} = 0,09$$

Como o vão envidraçado 2 não se localiza na face exterior do elemento opaco, $F_o.F_f$ toma o valor de 0,9, conforme o disposto no ponto 8.4. do Manual SCE. Assim:

$$g_{tot}F_oF_f = 0,028 \times 0,9 = 0,025 \leq 0,09$$

Verificando que o vão envidraçado 2 **cumpre** com o requisito de fator solar máximo admissível.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 45

Enunciado:

Considere uma moradia existente de tipologia T4, com 92 m².

A produção de águas quentes sanitárias é assegurada por um sistema solar térmico, assegurando um valor de $E_{ren,p}$ de 1300 kWh/ano, sendo o apoio à produção de AQS assegurado por um termoacumulador elétrico, com idade superior a 20 anos.

Não foi evidenciada qualquer manutenção ao termoacumulador elétrico realizada nos últimos 12 meses.

Não foi possível comprovar a existência de qualquer isolamento na tubagem de distribuição do sistema de AQS.

Como medida de melhoria, considere a substituição do termoacumulador elétrico por uma bomba de calor com COP = 3,3.

Sabendo que a moradia em questão apresentava um $N_{tc} = 98,5 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ e $N_t = 141,3 \text{ kWh}_{EP}(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ antes da intervenção, determine a nova classe energética do edifício após a implementação da medida de melhoria em causa.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 45

Resolução:

As necessidades nominais de energia primária para edifícios de habitação encontram-se definidas pelas Equações 140 e 147 do Manual SCE:

$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_i \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_v \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 140)$$

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_{a,ref} / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 147)$$

Apesar de ser desconhecida neste exercício informação relativa aos restantes consumos regulados do edifício, é fornecido o valor final das necessidades nominais de energia primária para o edifício previsto e de referência:

- $N_{tc,1} = 98,5 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$
- $N_{t,1} = 141,3 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$

Com base nos resultados apresentados, é possível determinar as novas necessidades nominais de energia primária através da substituição da parcela que sofreu a medida de melhoria, em que:

$$N_{tc,2} = N_{tc,1} - \left(\sum \left(\sum \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) F_{pu,j} - \sum \frac{E_{ren,AQS}}{A_p} F_{pu,j} \right)_1 + \left(\sum \left(\sum \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) F_{pu,j} - \sum \frac{E_{ren,AQS}}{A_p} F_{pu,j} \right)_2$$

$$N_{t,2} = N_{t,1} - \sum_1 \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_{a,ref}/A_p}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} + \sum_2 \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_{a,ref}/A_p}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j}$$

Impacto da medida de melhoria no edifício previsto

Na situação inicial, 1300 kWh/ano das necessidades nominais anuais para a preparação de AQS eram supridas pelo sistema solar térmico, pelo que as restantes necessidades de energia serão garantidas pelo sistema de apoio. Assim:

$$Q_a = \frac{5 \times 40 \times 4,187 \times 35 \times 365}{3600} = 2971,61 \text{ kWh/ano}$$

$$f_{a,SST} = \frac{1300}{2971,61} = 0,44$$

$$f_{a,apoio} = \frac{2971,61 - 1300}{2971,61} = 0,56$$

Logo:

$$\sum_1 \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_a/A_p}{\eta_k} \right) F_{pu,j} = \frac{0,44 \times 2971,61/92}{1} \times 1 + \frac{0,56 \times 2971,61/92}{0,9 \times 0,9 \times 0,85} \times 2,5 = 14,21 + 65,68$$

$$= 79,89 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

E:

$$\left(\sum \frac{E_{ren,AQS}}{A_p} F_{pu,j} \right)_1 = 14,21 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Após a medida de melhoria, como a renovação incide na substituição do equipamento sem intervenção nas redes de distribuição, é aplicado o fator de 0,9 na componente elétrica da bomba de calor. Assim:

$$\begin{aligned} & \sum \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_a / A_p}{\eta_k} \right) F_{pu,j} \\ &= \frac{0,44 \times 2971,61/92}{1} \times 1 \\ &+ \left(\frac{0,56 \times 2971,61/92}{3,3 \times 0,9} \times 2,5 + (0,56 \times 2971,61/92) \left(1 - \frac{1}{3,3 \times 0,9}\right) \times 1 \right) \\ &= 14,21 + (15,19 + 12,00) = 41,40 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \end{aligned}$$

E_[ML1]:

$$\left(\sum \frac{E_{ren,AQS}}{A_p} F_{pu,j} \right)_1 = 14,21 + 12,00 = 26,21 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Impacto da medida de melhoria no edifício de referência

Para o edifício de referência temos o sistema de apoio a satisfazer as necessidades supridas pelo sistema solar térmico, e o sistema de referência do sistema de apoio a satisfazer as restantes necessidades, pelo que:

$$\begin{aligned} & \left(\sum \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_{a,ref} / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} \right)_1 \\ &= \frac{0,44 \times 2971,61/92}{0,9} \times 2,5 + \frac{0,56 \times 2971,61/92}{0,95} \times 2,5 \\ &= 39,48 + 47,63 = 87,11 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \end{aligned}$$

Depois da medida de melhoria temos:

$$\begin{aligned} & \left(\sum \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_{a,ref} / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} \right)_2 \\ &= \frac{0,44 \times 2971,61/92}{3,3} \times 2,5 + \frac{0,56 \times 2971,61/92}{2,8} \times 2,5 \\ &= 10,78 + 16,15 = 26,93 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \end{aligned}$$

Impacto da medida de melhoria na classe energética do edifício

Com os resultados obtidos anteriormente, podemos determinar as necessidades nominais anuais de energia primária do edifício após a medida de melhoria:

$$N_{tc,2} = N_{tc,1} - \left(\sum \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_a / A_p}{\eta_k} \right) F_{pu,j} - \sum \frac{E_{ren,AQS}}{A_p} F_{pu,j} \right)_1 + \left(\sum \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_a / A_p}{\eta_k} \right) F_{pu,j} - \sum \frac{E_{ren,AQS}}{A_p} F_{pu,j} \right)_2$$

$$N_{tc,2} = 98,5 - (79,89 - 14,21)_1 + (41,40 - 26,21)_2$$

$$N_{tc,2} = 98,5 - (65,68)_1 + (15,19)_2 = 48,01 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

E:

$$N_{t,2} = N_{t,1} - \left(\sum \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_{a,ref} / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} \right)_1 + \left(\sum \left(\sum \frac{f_{a,k} Q_{a,ref} / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) F_{pu,j} \right)_2$$

$$N_{t,2} = 141,3 - (87,11)_1 + (26,93)_2 = 81,12 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Resultando num R_{Nt} final de:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc,2}}{N_{t,2}} = \frac{48,01}{81,12} = 0,59$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 46

Enunciado:

Considere um edifício de escritórios, que apresenta no rés-do-chão um teatro, cujo projeto de arquitetura deu entrada na entidade de licenciamento em Setembro de 2022, tendo em atenção a seguinte informação:

- Área interior útil de pavimento = 600 m²
- I.S. masculinas (teatro) = 30 m² (4 sanitas e 3 urinóis)
- I.S. femininas (teatro) = 35 m² (6 sanitas)
- I.S. masculinas (escritórios) = 15 m² (2 sanitas e 1 urinol)
- I.S. femininas (escritórios) = 20 m² (2 sanitas)
- O ventilador estará em funcionamento durante o período de ocupação dos espaços.

Qual o caudal total de extração do ventilador que serve as instalações?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 46

Resolução:

O caudal total de extração é obtido somando o caudal de extração dos espaços afetos ao teatro e aos espaços afetos aos escritórios, conforme o ponto 9.3. do Manual SCE.

As instalações sanitárias indicadas no enunciado são instalações sanitárias públicas, uma vez que permite a utilização das mesmas por várias pessoas em simultâneo, conforme a nota 2) da Tabela 74 do Manual SCE.

Tabela 74 – Caudais mínimos de extração de ar

Tipo de espaço	Sistema de extração	$Q_{ext_{min}}$ [m ³ /h]
Instalação sanitária privada ⁽¹⁾	Com funcionamento contínuo ⁽³⁾	$Máx(45; 10 \times A_{espaço})$
	Sem funcionamento contínuo	$Máx(90; 10 \times A_{espaço})$
Instalação sanitária pública ⁽²⁾	Funcionamento normal ⁽⁴⁾	$Máx(90 \times (\text{número de urinóis} + \text{número de sanitas} + \text{número de duches}); 10 \times A_{espaço})$
	Funcionamento intensivo ⁽⁵⁾	$Máx(125 \times (\text{número de urinóis} + \text{número de sanitas} + \text{número de duches}); 10 \times A_{espaço})$

$A_{espaço}$ – Área de pavimento do espaço [m²]

- (1) Espaço ocupado apenas por uma pessoa em cada utilização
- (2) Espaço ocupado por várias pessoas em simultâneo, incluindo balneários e similares
- (3) O sistema de ventilação com um horário de funcionamento, no mínimo, igual ao do espaço que a instalação sanitária serve
- (4) O sistema afeto a espaços que não se caracterizem por um funcionamento intensivo
- (5) O sistema afeto a espaços com probabilidade de elevada taxa de ocupação, designadamente, instalações sanitárias ou balneários em teatros, cinemas, escolas, instalações desportivas ou similares

Neste exercício, as instalações sanitárias do teatro enquadram-se como espaços com probabilidade de elevada taxa de ocupação, conforme a nota 5), pelo que será utilizado o critério correspondente para funcionamento intensivo. As instalações sanitárias dos escritórios por sua vez, como não se enquadram como espaço de elevada taxa de ocupação, pelo que será utilizado o critério associado ao funcionamento normal. Assim:

<i>Espaço</i>	Critério	Critério “Ocupante” [m³/h]	Critério “Espaço” [m³/h]	Máximo [m³/h]
<i>I.S masculinas (teatro)</i>	I.S. Pública – Funcionamento intensivo	= 125 × 7 = 875	= 10 × 30 = 300	875
<i>I.S femininas (teatro)</i>	I.S. Pública – Funcionamento intensivo	= 125 × 6 = 750	= 10 × 35 = 350	750
<i>I.S masculinas (escritórios)</i>	I.S. Pública – Funcionamento normal	= 90 × 3 = 270	= 10 × 15 = 150	270
<i>I.S femininas (escritórios)</i>	I.S. Pública – Funcionamento normal	= 90 × 2 = 180	= 10 × 20 = 200	200
<i>Total</i>				2095

O sistema de extração deve apresentar um caudal de extração igual ou superior a 2095 m³/h.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 47

Enunciado:

Considere um edifício de comércio novo, de tipologia restaurante, com uma área de 350 m² e uma área de 60 m² de zona técnica.

O sistema de aquecimento ambiente consiste numa caldeira a biomassa com uma eficiência de 86 %, assegurando as necessidades totais de aquecimento de 4500 kWh/ano. Encontra-se instaladas duas unidades split que asseguram as necessidades globais de arrefecimento do edifício, 9000 kWh/ano, possuindo a unidade 1 uma eficiência de 6,6 e a unidade 2 uma eficiência de 5,4, sendo que a unidade 2 encontra-se dedicada à zona técnica, que representa 10% das necessidades de arrefecimento do edifício. A produção de água quente sanitária é efetuada por uma bomba de calor com uma eficiência de 3,3, assegurando as necessidades totais de AQS de 6500 kWh/ano.

Os restantes consumos finais são:

- Iluminação interior (restaurante): 4000 kWh/ano (eletricidade)
- Iluminação interior (zona técnica): 100 kWh/ano (eletricidade)
- Ventilação (restaurante): 1300 kWh/ano (eletricidade)
- Ventilação (instalações sanitárias): 150 kWh/ano (eletricidade)
- Ventilação (zona técnica): 800 kWh/ano (eletricidade)
- Câmaras de refrigeração: 1350 kWh/ano (eletricidade)
- Outros equipamentos: 2050 kWh/ano (eletricidade)

Considere que o restaurante possui um sistema fotovoltaico que produz, anualmente, 7500 kWh para autoconsumo.

Determine o indicador de energia primária renovável ($Ren_{c\&s}$).

Questão 47

Resolução:

O indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços é definido de acordo com a Equação 161 do Manual SCE:

$$Ren_{C\&S} = \frac{IEE_{pr,ren}}{\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{AQS,k} \cdot Q_{AQS} / A_{tot}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j}} \quad (\text{Eq. 161})$$

Sendo necessário calcular o indicador de eficiência energética previsto renovável e o consumo nominal primário para a preparação de AQS.

O edifício dispõe dos seguintes consumos renováveis:

- Aquecimento: As necessidades de aquecimento são satisfeitas por uma caldeira a biomassa com eficiência de 86%;
- Arrefecimento: 90% das necessidades de arrefecimento são satisfeitas por uma unidade split com uma eficiência de 6,6;
- AQS: As necessidades de AQS são satisfeitas por uma bomba de calor com uma eficiência de 3,3;
- Produção de energia: Existe a produção de 7500 kWh/ano para autoconsumo pelo sistema fotovoltaico.

Assim:

$$IEE_{pr,ren} = \frac{\frac{4500}{0,86} \times 1 + (0,9 \times 9000) \left(1 - \frac{1}{6,6}\right) \times 1 + 6500 \left(1 - \frac{1}{3,3}\right) \times 1 + 7500 \times 2,5}{410}$$

$$IEE_{pr,ren} = \frac{5232,56 + 6885 + 4550 + 18750}{410} = 86,38 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

O edifício dispõe dos seguintes consumos para a preparação de AQS:

- Bomba de calor (componente elétrico)
- Bomba de calor (componente aerotérmico)

Assim:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{AQS,k} \times \frac{Q_{AQS}}{A_{tot}}}{\eta_k} \right) F_{pu,j} = \frac{1 \times \frac{6500}{410}}{3,3} \times 2,5 + \frac{1 \times 6500}{410} \left(1 - \frac{1}{3,3} \right) \times 1 = 12 + 11,1$$

$$= 23,1 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

E:

$$Ren_{c\&s} = \frac{86,38}{23,1} = 3,7$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 48

Enunciado:

Considere um edifício de comércio novo, de tipologia restaurante, com uma área de 350 m² e uma área de 60 m² de zona técnica.

O sistema de aquecimento ambiente consiste numa caldeira a biomassa com uma eficiência de 86 %, assegurando as necessidades totais de aquecimento de 4500 kWh/ano. Encontra-se instaladas duas unidades split que asseguram as necessidades globais de arrefecimento do edifício, 9000 kWh/ano, possuindo a unidade 1 uma eficiência de 6,6 e a unidade 2 uma eficiência de 5,4, sendo que a unidade 2 encontra-se dedicada à zona técnica, que representa 10% das necessidades de arrefecimento do edifício. A produção de água quente sanitária é efetuada por uma caldeira a gás natural com uma eficiência de 84%, assegurando as necessidades totais de AQS de 6500 kWh/ano.

Os restantes consumos finais são:

- Iluminação interior (restaurante): 4000 kWh/ano (eletricidade)
- Iluminação interior (zona técnica): 100 kWh/ano (eletricidade)
- Ventilação (restaurante): 1300 kWh/ano (eletricidade)
- Ventilação (instalações sanitárias): 150 kWh/ano (eletricidade)
- Ventilação (zona técnica): 800 kWh/ano (eletricidade)
- Câmaras de refrigeração: 1350 kWh/ano (eletricidade)
- Outros equipamentos: 2050 kWh/ano (eletricidade)

Determine o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEE_{fóssil,S}$).

Questão 48

Resolução:

Os consumos do tipo S do edifício, com fonte de energia fóssil, são:

- Arrefecimento: 90% das necessidades de arrefecimento são satisfeitas por uma unidade split com uma eficiência de 6,6;
- AQS: As necessidades de AQS são satisfeitas por uma caldeira a gás natural com uma eficiência de 84%;
- Energia Final: É contabilizada a iluminação interior (restaurante e zona técnica) e a ventilação (restaurante e instalações sanitárias).

Assim:

$$IEE_{fóssil,S} = \frac{\frac{(0,9 \times 9000)}{6,6} \times 2,5 + \frac{6500}{0,84} \times 1 + (4000 + 100 + 1300 + 150) \times 2,5}{410}$$

$$IEE_{fóssil,S} = \frac{3068,18 + 7738,1 + 13875}{410} = 60,2 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 49^[ML2]

Enunciado:

Num projeto de um edifício de serviços da tipologia Ensino Superior, a construir, com uma área útil de pavimento de 1200 m², está prevista uma solução de iluminação ambiente, numa sala de aulas com uma área de 40 m², baseada em lâmpadas fluorescentes tubulares, onde se encontram previstas atividades gerais.

Nesta sala a densidade de potência de iluminação é de 11 W/m² e a potência dos respetivos balastros corresponde a 10% da potência das lâmpadas. O valor da iluminância prevista é de 630 lx, de acordo com o cálculo luminotécnico realizado.^[MC3]

De forma a aproveitar e reduzir os consumos energéticos existe um sistema de regulação em função da disponibilidade de luz natural com uma potência associada de 12 W.

Na figura apresenta-se um extrato da EN 12464-1 para o que considerar necessário.

Ref. No.	Tipo de interior, tarefa ou actividade	E_m	UGR_t	U_o	R_s
3.1	Desempenho do trabalho, fotocópia, etc.	300	19	0,4	80
3.2	Escrita, digitação e leitura, processamento de dados num PC	500	19	0,6	80
3.3	Desenho técnico	750	16	0,7	80
3.4	Postos de trabalho CAD	500	19	0,6	80
3.5	Salas de conferências e reuniões	500	19	0,6	80
3.6	Secretárias de recepção	300	22	0,6	80
3.7	Arquivos	200	25	0,4	80

Verifique se a solução apresentada pelo projetista cumpre com os requisitos aplicáveis.

Questão 49

Resolução:

Os requisitos aplicáveis a esta solução são: O requisito de iluminação e o requisito da potência instalada.

Requisito de iluminância

De acordo com o previsto na alínea d) do ponto 4.2 do Anexo II da Portaria 138-I/2021, "(...) a iluminância dos espaços deve cumprir com os valores previstos nas normas referidas, não os podendo exceder em mais de 30 %.". As normas referidas são as normas EN 12193 (Edifícios ou recintos para prática desportiva) e norma EN 12464-1, esta última representada no Anexo IV do Manual SCE.

A Tabela 154 do Manual SCE apresenta os valores de iluminância para os diversos tipos de espaço, tarefa e atividade em estabelecimentos escolares.

Tabela 154 – Estabelecimentos escolares – edifícios escolares

Tipo de espaço, tarefa ou atividade	$\tilde{E}_{m req}$ [lx]	$\tilde{E}_{m mod}$ [lx]		Requisitos específicos
		Nível 1	Nível 2	
Salas de aula – Atividades gerais	500	750	1000	- A iluminação deve ser regulável - Para salas do ensino pré-escolar, a iluminância requerida de 300 lx pode ser utilizada por controlo gradual
Auditórios, salas de conferências	500	750	1000	A iluminação deve ser regulável de modo a acomodar diferentes necessidades áudio/vídeo

Selecionando a tarefa adequada, e na ausência de justificação do projetista quanto ao enquadramento nos níveis 1 ou 2, o valor de iluminância requerido é de 500 lux e,

aplicando o disposto na alínea d) do ponto 4.2 da portaria referida, obtêm-se o valor máximo de iluminação permitido.

$$\bar{E}_{m_{Max}} = 500 \times 1,3 = 650 \text{ lx}$$

Sendo o valor de iluminação instalado de 630 lux, inferior ao máximo obtido, **o valor da iluminância encontra-se regulamentar.**

Requisito da Densidade de Potência

De acordo com o previsto na alínea e) do ponto 4.1 do Anexo II da Portaria 138-I/2021, "(...) Os sistemas de iluminação fixa devem dispor de uma densidade de potência instalada em cada espaço, por 100 lux, DPI_{100lx} inferior ao seu valor máximo conforme a Tabela 25, $DPI_{100lx, Máx}$, calculando-se o primeiro de acordo com a metodologia prevista no Manual SCE."

A Tabela 25 da Portaria 138-I/2021 estabelece que o valor de densidade de potência instalada máxima para um escritório individual não pode exceder os 1,5 (W/m²)/100lx.

Tabela 25 — Valores de densidade de potência instalada máxima por tipo de espaço, por 100 lux ($DPI_{100lx, máx}$)

Tipo de espaço	$DPI_{100lx, máx}$ [(W/m ²)/100 lx]
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho	1,3
Escritório individual 1-6 pessoas	1,5
Salas de reuniões, salas de conferências, auditórios	1,5
Show room e salas de exposição, museus	1,5
Salas de congressos/ Hall de exibições	1,5
Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio	1,5
Laboratórios, salas de exames/tratamento ⁽¹⁾ , blocos operatórios ⁽¹⁾	1,5
Salas de pré e pós-operatório	2,1
Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares	2,1
Cozinhas industriais e hoteleiras e armazéns de apoio	2,1
Salas técnicas, arrecadações e outros locais de armazenagem	2,1

O capítulo 11.4 do Manual SCE descreve a metodologia necessária para determinar o valor de densidade de potência instalada, descrita pela Equação 69, apoiada pela Tabela e 86.

11.4 DENSIDADE DE POTÊNCIA

A densidade de potência de iluminação instalada em cada espaço (DPI_{inst}), é obtida através da equação seguinte.

$$DPI_{inst} = \frac{(P_{tot} \times F_{oc} \times F_d) + P_c}{A_{espaço}} \quad [W/m^2] \quad (Eq. 69)$$

Em que:

DPI_{inst} – Densidade de potência de iluminação instalada no espaço [W/m^2];

P_{tot} – Potência nominal total dos sistemas de iluminação fixa do espaço [W];

F_{oc} – Fator de ocupação do espaço;

F_d – Fator de disponibilidade de luz natural do espaço;

P_c – Potência nominal total dos sistemas de controlo do espaço [W];

$A_{espaço}$ – Área de pavimento do espaço [m^2].

Tabela 86 – Fator de disponibilidade de luz natural

Tipo de espaço	F_d
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho	0,90
Escritório individual 1-6 pessoas	0,90
Salas de reuniões, salas de conferências, auditórios	0,90
Show room e salas de exposição, museus	0,90
Salas de congresso/hall de exposições	0,90
Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio	0,90
Laboratórios, salas de exames/tratamento, blocos operatórios	0,90
Salas de pré e pós-operatório	0,90
Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares ⁽¹⁾	0,90
Cozinhas industriais e hotelaria e armazéns de apoio	1,00
Salas técnicas, arrecadações e outros locais de armazenagem	1,00
Parques de estacionamento interiores	1,00
Plataformas de transportes e similares	0,90
Lojas de comércio e serviços, retalhistas em geral – zona de público, espaços fabris em geral	0,90
Hall/entradas, corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais, salas de refeições (exceto restaurantes)	0,90

(1) Excluem-se os destinados a regime de alta competição, nos termos da Norma EN 12193

No enunciado, não está indicado que o projeto de iluminação previu um sistema de controlo e regulação de fluxo. Assim, F_{oc} assume o valor de 1.

Desta forma, utilizando os valores apresentados:

$$DPI_{inst} = \frac{(P_{tot} \times F_{oc} \times F_d) + P_c}{A_{espaço}} = \frac{\left(\left((11 \text{ W/m}^2 \times 1,1) \times 40 \text{ m}^2 \right) \times 1 \times 0,9_{[MC4]} \right) + 12 \text{ W}}{40 \text{ m}^2}$$

$$= 11,19 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

E, de acordo com a Equação 71 do Manual SCE:

$$DPI_{100lx} = DPI_{inst} \times \frac{100}{\bar{E}_m} = 11,19 \times \frac{100}{630} = 1,78 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right) / 100 \text{ lx} > 1,5 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right) / 100 \text{ lx}$$

Pelo que a solução não se encontra regulamentar.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 50

Enunciado^[ML5]:

Considere um edifício de serviços alvo de uma grande renovação, de tipologia Ensino Superior, com uma área total de pavimento de 1116 m².

O sistema de aquecimento ambiente consiste numa caldeira de condensação a gás natural com uma eficiência de 101%, assegurando as necessidades totais de aquecimento de 8587 kWh/ano.

Encontra-se instalado um chiller^[MC6] que assegura as necessidades de arrefecimento do edifício, 3340 kWh/ano, possuindo uma eficiência de 4,2.

Os restantes consumos finais são:

- Iluminação interior: 8473 kWh/ano (eletricidade)
- Ventilação: 3266 kWh/ano (eletricidade)
- Ventilação instalações sanitárias: 936 kWh/ano (eletricidade)
- Equipamentos de frio: 1080 kWh/ano (eletricidade)
- Equipamentos: 7489 kWh/ano (eletricidade)

Considerando que o $IEE_{ref,S}$ apresenta o valor de 43,88 kWh_{EP}/(m².ano), avalie o cumprimento do edifício quanto ao requisito de energia primária fóssil ($IEE_{fóssil,S}$).

(Arredonde os cálculos até 2 casas decimais)

Questão 51

Resolução:

Os requisitos dos edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande renovação encontram-se definidos na Tabela 4 do Despacho n.º 6476-E/2021.

Tipo de requisito	Requisito
Classe energética	Igual ou superior a C
Energia primária total	$R_{IEE} \leq 1,50$
Energia primária renovável	$Ren_{C\&S} \geq 0,50$ (¹)
Energia primária fóssil	$IEE_{fóssil,S} \leq IEE_{ref,S}$

(¹) Apenas aplicável quando existam necessidades de AQS e quando a rede de distribuição e o sistema produtor de AQS sejam cumulativamente renovados.

Sendo necessário o edifício possuir um indicador de eficiência energética fóssil do tipo S inferior ou igual ao indicador de eficiência energética de referência do tipo S, igual a 108,94 kWh_{EP}/(m².ano).

O indicador de eficiência energética fóssil é calculado com base na equação 162 do Manual SCE.

O valor de $IEE_{fóssil,S}$ resulta do somatório dos consumos anuais de energia primária fóssil (não renovável) do tipo S, incluindo energia elétrica da rede, conforme equação seguinte.

$$IEE_{fóssil,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_f (E_{S,f} \cdot F_{pu,f}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 162)$$

Em que:

$IEE_{fóssil,S}$ – Indicador de eficiência energética fóssil do tipo S [kWh_{EP}/(m².ano)];

$E_{S,f}$ – Consumo de energia dos usos do tipo S, indicados na Tabela 100, por fonte de energia fóssil f , incluindo energia elétrica da rede [kWh/ano];

A_{tot} – Área total de pavimento [m²];

$F_{pu,f}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia f [kWh_{EP}/kWh].

De modo a avaliar o enquadramento dos consumos como S ou T, o Manual SCE disponibiliza uma tabela que sintetiza os consumos do tipo S e os consumos do tipo T.

Tabela 100 – Consumos de energia a considerar nos usos do tipo S e do tipo T

Consumos tipo S	Consumos tipo T
Aquecimento e arrefecimento ambiente para conforto humano, incluindo humidificação e desumidificação	Aquecimento e arrefecimento não destinados para conforto humano
Ventilação que serve espaços interiores úteis, exceto hotes	Ventilação que serve espaços interiores não úteis e hotes
Bombagem associada à preparação de AQS e AQP e a sistemas de climatização para conforto humano em espaços interiores úteis	Bombagem em sistemas de climatização não destinados para conforto humano em espaços interiores não úteis
Preparação de AQ	Equipamentos de frio, incluindo câmaras de refrigeração
Iluminação fixa dos espaços interiores úteis e não úteis	Iluminação dedicada, de emergência e exterior
	Instalações de elevação e outros equipamentos e sistemas não incluídos nos consumos do tipo S

Assim, para o cálculo do $IEE_{fóssil,S}$ temos:

$$\begin{aligned}
 IEE_{fóssil,S} &= \frac{\frac{(8587)}{1,01} \times 1 + \frac{3340}{4,2} \times 2,5 + (8473 + 3266 + 936) \times 2,5}{1116} \\
 &= \frac{8501,98 + 1988,1 + 31687,5}{1116} = 37,79 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})_{[MC7]}
 \end{aligned}$$

O valor do indicador de eficiência energética fóssil é de **37,79 kWh_{EP}/(m².ano)**, encontra-se regulamentar.

Questão 51

Enunciado^[ML8]:

Considere um edifício de serviços, localizado em Évora, com uma área total de pavimento de 530 m². O edifício é climatizado por um sistema "ar-água", através de ventiloconvetores a quatro tubos. A renovação de ar é assegurada por UTANs.

A produção de água aquecida e arrefecida é efetuada por dois chillers bomba-de-calor com uma eficiência de aquecimento (COP) de 2,4 e uma eficiência energética de refrigeração (EER) de 2,8.

Com base nos resultados fornecidos pela simulação dinâmica multizona que se apresentam de seguida, determine o valor da contribuição dos chillers em kWh_{EP}/(m².ano) no IEE_{pr,s} (incluindo componente renovável e não renovável).^[MC9]

	Necessidades [kWh/ano]		
	Aquecimento	Arrefecimento	AQS
Previsto	18500	8500	3500
Referência	12300	9350	3500

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 51

Resolução:

$$\begin{aligned} IEE_{pr, Chillers} &= \frac{\frac{18500}{2,4} \times 2,5 + \frac{8500}{2,8} \times 2,5 + 8500 \times \left(1 - \frac{1}{2,8}\right) \times 1}{530} \\ &= \frac{19270,83 + 7589,29 + 5464,29}{530} = 60,99 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \end{aligned}$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 52

Enunciado^[ML10]:

O consumo anual de energia de um hotel de 3 estrelas com uma área total de pavimento de 750 m² é apresentado na tabela seguinte.

Vetor energético	Energia útil [kWh/ano]	Energia final [kWh/ano]
Eletricidade	87 500	118 250
Gás Natural	24 750	34 750
Gasóleo	12 825	14 250
Biomassa	5 500	7 639
Solar Fotovoltaico	8000	22 000

Quantas toneladas de CO₂ serão emitidas anualmente por este edifício?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 52

Resolução:

O fator de conversão de energia primária para toneladas de emissões de CO₂ equivalentes encontra-se definido na Tabela 107 do Manual SCE, por vetor energético:

Tabela 107 – Fatores de conversão de energia primária para emissões de CO₂

Tipo de energia	Fator de conversão [kgCO ₂ /kWh _{EP}]
Eletricidade	0,144
Gasóleo	0,267
Gás Natural	0,202
GPL canalizado (propano)	0,170
GPL garrafas	
Renovável	0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	0,006

Sendo necessário primeiro converter a energia final apresentada na tabela do enunciado em energia primária, usando com base os fatores de conversão estabelecidos na Tabela 106 do Manual SCE. Assim:

Vetor energético	Energia Final [kWh/ano]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Fator de conversão [kgCO ₂ / kWh _{EP}]	Emissão de CO ₂ [kgCO ₂]
Eletricidade	118 250	295 625	0,144	42 570
Gás Natural	34 750	34 750	0,202	7019,5
Gasóleo	14 250	14 250	0,267	3 804,75
Biomassa	7 639	7 639	0	0
Solar Fotovoltaico	22 000	55 000	0	0
Total				53 394,25

Deste modo, o edifício emite 53,39 tonCO₂ anualmente.

Questão 53

Enunciado^[ML11]:

Considere um edifício de habitação unifamiliar a construir em Oeiras, a uma altitude de 100 metros e a uma distância à costa de 4 km. Na cave da habitação existe um salão de jogos cujo pavimento, que está em contacto com o solo, tem a seguinte constituição:

- Pedra natural em granito (2500 kg/m^3) com 2 cm de espessura;
- Laje de fundo em betão armado de inertes correntes (2350 kg/m^3) com percentagem de armadura de 1,4% em volume, com 10 cm de espessura;
- Geotêxtil (300 g/m^2) com $\lambda = 0,3 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ e com 1 cm de espessura.

O pavimento em contacto com o solo tem dimensões 9 m x 6 m, medidas pelo interior do salão de jogos, sendo que todas as correspondentes quatro paredes têm parte da sua área em contacto com o exterior e outra parte em contacto com o solo. A profundidade enterrada do pavimento do salão de jogos face ao nível do solo exterior (Z) é igual a 1,5 m.

Qual o valor de H_{ecs} correspondente a este pavimento?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 53

Resolução:

O valor H_{ecs} corresponde ao coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo. Nesta questão é só solicitada a componente referente ao pavimento.

De modo a determinar este parâmetro, será necessário recorrer à Equação 90 do Manual SCE:

$$H_{ecs} = \sum_i [U_{bf_i} \cdot A_i] + \sum_j [z_{solo_j} \cdot P_{solo_j} \cdot U_{bw_j}]$$

Em que a 1ª parcela da equação corresponde à componente do pavimento enterrado e a 2ª parcela corresponde às paredes enterradas.

O pavimento tem uma área de 9 m x 6 m, pelo que será necessário obter o coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado, U_{bf} .

Não existindo isolamento neste elemento, o respetivo coeficiente é obtido diretamente da Tabela 27 do Manual SCE:

Tabela 27 – U_{bf} de pavimentos em contacto com o solo com isolamento contínuo ou sem isolamento

B'	U_{bf} [W/(m ² .°C)]											
	$z_{solo} \leq 0,5$ m				$0,5$ m < $z_{solo} \leq 1,0$ m				$1,0$ m < $z_{solo} \leq 2,0$ m			
	R_f [(m ² .°C)/W]				R_f [(m ² .°C)/W]				R_f [(m ² .°C)/W]			
	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3
3	0,65	0,57	0,32	0,24	0,57	0,44	0,30	0,23	0,51	0,41	0,29	0,22
4	0,57	0,52	0,30	0,23	0,52	0,41	0,28	0,22	0,47	0,37	0,27	0,21
6	0,47	0,43	0,27	0,21	0,43	0,35	0,25	0,20	0,40	0,33	0,24	0,19
10	0,35	0,32	0,22	0,18	0,32	0,28	0,21	0,17	0,30	0,26	0,20	0,17
15	0,27	0,25	0,18	0,15	0,25	0,22	0,18	0,15	0,24	0,21	0,17	0,14
≥ 20	0,22	0,21	0,16	0,13	0,21	0,18	0,15	0,13	0,20	0,18	0,15	0,13

Sendo que, para tal, será necessário determinar previamente a resistência das camadas identificadas, a profundidade do solo, e a dimensão característica do pavimento em contacto com o solo, determinada através da Equação 9 do Manual SCE.

Do ITE50, é possível extrair condutibilidades térmicas para o granito (2,8 W/(m.°C)) e para a laje (2,3 W/(m.°C)). Para o caso da camada geotêxtil, o enunciado já disponibiliza essa informação (0,3 W/(m.°C)).

De modo a obter as respetivas resistências, dividimos a espessura de cada camada pela respetiva condutibilidade:

$$R_{granito} = \frac{e_{granito}}{\lambda_{granito}} = \frac{0,02}{2,8} = 0,01 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

$$R_{laje} = \frac{e_{laje}}{\lambda_{laje}} = \frac{0,10}{2,3} = 0,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

$$R_{geotêxtil} = \frac{e_{geotêxtil}}{\lambda_{geotêxtil}} = \frac{0,01}{0,3} = 0,03 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

Resultando numa resistência térmica de todas as camadas do pavimento de 0,08 (m².°C)/W.

A dimensão característica do pavimento é calculada com base na Equação 9 do Manual SCE

$$B' = \frac{A_{p,solo}}{0,5 \times P} \quad [m] \quad (\text{Eq. 9})$$

Em que:

$A_{p,solo}$ – Área interior útil de pavimento em contacto com o solo, medida pelo interior [m²];

P – Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço interior útil do exterior, de um espaço interior não útil, de um edifício adjacente e do solo, medido pelo interior [m].

A área interior útil de pavimento em contacto com o solo é de 54 m² (9 x 6), sendo necessário obter o perímetro exposto. Este parâmetro será o desenvolvimento total de parede que separa o espaço interior útil:

- Do exterior;
- De um ENU;
- De um edifício adjacente;
- Do solo.

Nesta questão, existe a indicação que todas as correspondentes quatro paredes têm parte em contacto com o solo, pelo que o desenvolvimento do pavimento nestas paredes será contabilizado ($P = 9 + 6 + 9 + 6 = 30$ m), sendo que B' toma o valor de 3,6m.

Da tabela 27 verificamos que o valor a retirar seria fora dos limites definidos da Tabela ($R_f < 0,5$ (m².°C)/W). Neste caso, e como a profundidade do solo é superior a 0,50 m, aplica-se a nota 2 da tabela, onde existe a indicação que, para este cenário, o valor do coeficiente de transmissão térmico corresponde a 1,10 x o valor do coeficiente térmico do pavimento para um pavimento com $R_f = 0,5$.

Tabela 27 – U_{bf} de pavimentos em contacto com o solo com isolamento contínuo ou sem isolamento

B'	U_{bf} [W/(m ² .°C)]											
	$z_{solo} \leq 0,5$ m				$0,5$ m < $z_{solo} \leq 1,0$ m				$1,0$ m < $z_{solo} \leq 2,0$ m			
	R_f [(m ² .°C)/W]				R_f [(m ² .°C)/W]				R_f [(m ² .°C)/W]			
	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3
3	0,65	0,57	0,32	0,24	0,57	0,44	0,30	0,23	0,51	0,41	0,29	0,22
4	0,57	0,52	0,30	0,23	0,52	0,41	0,28	0,22	0,47	0,37	0,27	0,21
6	0,47	0,43	0,27	0,21	0,43	0,35	0,25	0,20	0,40	0,33	0,24	0,19
10	0,35	0,32	0,22	0,18	0,32	0,28	0,21	0,17	0,30	0,26	0,20	0,17
15	0,27	0,25	0,18	0,15	0,25	0,22	0,18	0,15	0,24	0,21	0,17	0,14
≥ 20	0,22	0,21	0,16	0,13	0,21	0,18	0,15	0,13	0,20	0,18	0,15	0,13

Como a dimensão característica do pavimento assume o valor de 3,6, será necessário recorrer a uma interpolação dos dados da linha $B' = 3$ e $B' = 4$ para obter o valor pretendido:

$$\frac{U_{bf,B'=3,6} - U_{bf,B'=3}}{B'_{3,6} - B'_3} = \frac{U_{bf,B'=4} - U_{bf,B'=3}}{B'_4 - B'_3}$$

$$\frac{U_{bf,B'=3,6} - 0,51}{3,6 - 3} = \frac{0,47 - 0,51}{4 - 3}$$

$$U_{bf,Rf=0,50,B'=3,6} = 0,49 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$U_{bf} = 1,10 \times 0,49 = 0,54 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Por fim, a contribuição do pavimento no coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado será de:

$$H_{ecs,pavimento} = 0,54 \times 54 = 29,16 \text{ W}/^\circ\text{C}$$

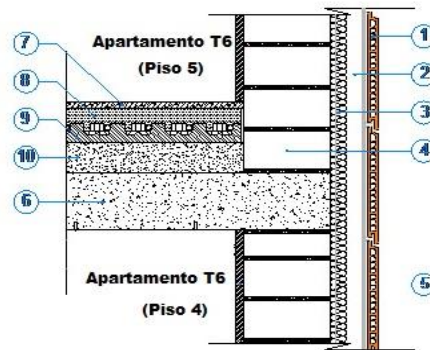
[MC12]

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 54

Enunciado^[ML13]:

Considere que se encontra a analisar o projeto de comportamento térmico de um apartamento duplex T6 que se localiza nos pisos 4 e 5 de um edifício multifamiliar. O pavimento intermédio tem como desenvolvimento linear respetivo é igual a 30 m e é constituído pelos seguintes materiais:



Em que a camada 3 corresponde a uma camada de XPS com 3 cm de espessura.

Qual a parcela do coeficiente de transferência de calor por transmissão através da envolvente exterior (H_{ext}) referente à ponte térmica linear ligação da fachada com pavimento intermédio, que o projetista terá de considerar no cálculo do desempenho do edifício, supondo que vai usar os valores tabelados constantes no Manual SCE?

Questão 54

Resolução:

O valor H_{ext} corresponde ao coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o exterior. Nesta questão é só solicitada a componente referente à ponte térmica linear “Ligação da fachada com pavimento intermédio”.

De modo a determinar este parâmetro, será necessário recorrer à Equação 88 do Manual SCE:

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j]$$

Em que a 1ª parcela da equação corresponde à transferência de calor por elementos planos e a 2ª parcela corresponde à transferência de calor por perdas lineares.

O pavimento intermédio tem um desenvolvimento total de 30 m, sendo necessário recorrer à Tabela 33 do Manual SCE de modo a obter o coeficiente de transmissão térmica linear da PTL.

Tabela 33 – Coeficiente de transmissão térmica linear

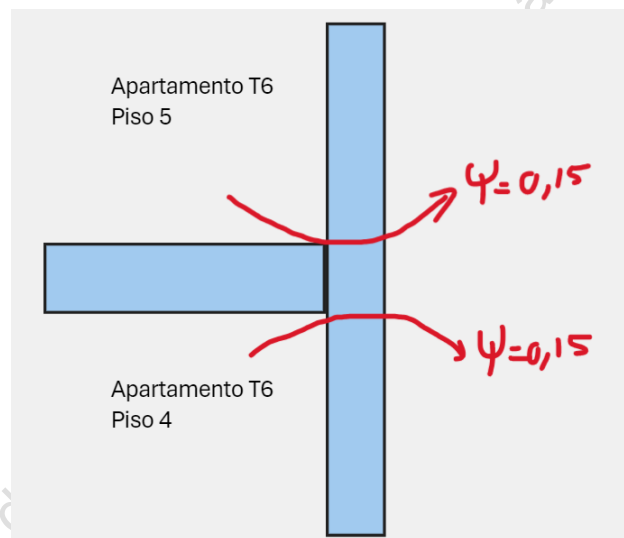
Tipo de ligação		ψ [W/(m.°C)]		
		Isolamento da parede		
		Interior	Exterior	Outro ⁽¹⁾
Fachada com pavimentos térreos		0,80	0,70	0,80
Fachada com pavimento sobre o exterior ou espaço interior não útil	Isolamento sob o pavimento	0,75	0,55	0,75
	Isolamento sobre o pavimento	0,10	0,50	0,35
Fachada com pavimento de nível intermédio ⁽¹⁾		0,60	0,15 ⁽²⁾	0,50 ⁽³⁾
Fachada com varanda ⁽¹⁾		0,60	0,60	0,55
Fachada com cobertura	Isolamento sob a laje de cobertura	0,10 ⁽⁴⁾	0,70	0,60
	Isolamento sobre a laje de cobertura	1,00	0,80	1,00

Existindo isolamento pelo exterior da fachada, o coeficiente a utilizar corresponde ao valor de 0,15, sendo necessário verificar a nota de rodapé da Tabela.

- (1) Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação
(2) (3) (4) Majorar quando existe um teto falso em: (2) 25%; (3) 50%; (4) 70%

Não existindo teto falso, não é aplicada a nota (2).

Sendo uma PTL do tipo “Fachada com pavimento de nível intermédio” é aplicada a nota (1) “Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação”. Esta perda ocorre na ligação da face superior do pavimento com a fachada e a ligação da face inferior do pavimento com a fachada, cada perda representando um coeficiente de 0,15.



Neste exercício, o apartamento T6 ocupa o Piso 4 e o Piso 5, pelo que serão contabilizadas ambas as perdas lineares. Assim:

$$H_{ext,PTL} = \sum \psi_{Pavimento\ de\ nível\ intermédio} \times B_{pavimento\ de\ nível\ intermédio} = 2 \times 0,15 \times 30$$

$$= 9 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Questão 55

Enunciado^[ML14]:

Num pequeno edifício existente com uma área total de pavimento de 930 m², foram identificados os seguintes valores:

- $IEE_{pr,S} = 54 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})$;
- $IEE_{pr,T} = 13 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})$;
- $IEE_{pr,ren} = 14 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})$;

- $IEE_{ref,S} = 67 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})$;
- $IEE_{ref,T} = 13 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})$;

Foi proposta e implementada uma medida de melhoria de eficiência energética que constava na instalação de 20 painéis fotovoltaicos para autoconsumo, com uma produção anual total em energia final de 1800 kWh.

Quais as classes de eficiência energética do edifício antes e depois de ser implementada a medida de melhoria?

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 55

Resolução:

O capítulo 17.2 do Manual SCE descreve o rácio de classe energética, definida pela Equação 164 e Tabela 109:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (\text{Eq. 164})$$

Em que:

R_{IEE} – Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços;

$IEE_{pr,S}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo S [kWh_{EP}/(m².ano)];

$IEE_{pr,ren}$ – Indicador de eficiência energética previsto renovável [kWh_{EP}/(m².ano)];

$IEE_{ref,S}$ – Indicador de eficiência energética de referência do tipo S [kWh_{EP}/(m².ano)].

Tabela 109 – Intervalos de valor de R_{IEE} para edifícios de comércio e serviços

Classe energética	R_{IEE}
A+	$R_{IEE} \leq 0,25$
A	$0,25 < R_{IEE} \leq 0,50$
B	$0,50 < R_{IEE} \leq 0,75$
B -	$0,75 < R_{IEE} \leq 1,00$
C	$1,00 < R_{IEE} \leq 1,50$
D	$1,50 < R_{IEE} \leq 2,00$
E	$2,00 < R_{IEE} \leq 2,50$
F	$R_{IEE} > 2,50$

Com base nos resultados apresentados:

$$R_{IEE1} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} = \frac{54 - 14}{67} = 0,60$$

Enquadrando-se na classe B.

Com a instalação de painéis fotovoltaicos que asseguram 1800 kWh em energia final para autoconsumo, temos:

$$R_{IEE2} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} = \frac{54 - (14 + \frac{E_{ren}}{A_p} F_{pu})}{67} = \frac{54 - (14 + \frac{1800}{930} \times 2,5)}{67} = 0,52$$

Depois de ser implementada a medida de melhoria, a classe energética do edifício mantém-se em classe B.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 56

Enunciado^[ML15]:

Pretende-se emitir um pré-certificado energético (PCE) de um edifício novo da tipologia Hotel. O edifício tem uma área total de pavimento de 1 200 m². Considere que o projeto de arquitetura deu entrada na entidade licenciadora em janeiro de 2022. O edifício é servido por rede de abastecimento de gás natural.

Os espaços são climatizados, por um sistema “ar-água”, através de ventiloconvetores a quatro tubos. A renovação de ar é assegurada por unidades de tratamento de ar novo (UTANs).

As necessidades de aquecimento são satisfeitas por uma caldeira a biomassa ($\eta = 80\%$) e um chiller bomba-de-calor de compressão (COP = 4,3).

As necessidades de arrefecimento são asseguradas pelo mesmo chiller bomba-de-calor de compressão (EER = 3,00).

Existe ainda um sistema de coletores solares térmicos com uma fração solar de 70 %, sendo as restantes 30 % asseguradas pela caldeira a biomassa.

No relatório das simulações dinâmicas, para obtenção dos consumos previstos e dos consumos de referência em energia final, obtiveram-se os seguintes valores:

	Necessidades [kWh/ano]			Consumo Energia Final [kWh/ano]			
	Aquecimento	Arrefecimento	AQS	Bombas AVAC e AQS	Iluminação Exterior	Iluminação interior	Outros equipamentos
Previsto	8 000	4 500	2 750	850	1 500	7 500	4 000
Referência	7 100	4 950	2 750	950	1 500	4 300	4 000

Indique a energia primária nominal para preparação de AQS para o edifício previsto e de referência deste edifício.

Questão 56

Resolução:

Edifício previsto

$$IEE_{pr,S,AQS} = \frac{1}{A_{tot}} \sum (E_{AQS} F_{pu})$$

Em que:

$$E_{AQS,SST} = \left[\sum_n \left(\sum_k \frac{f_{E_{k,n}} Q_{E_n}}{\eta_{k,n}} \right) \right]_i = \frac{0,70 \times 2750}{1} = 1925 \text{ kWh/ano}$$

$$E_{AQS,Biomassa} = \left[\sum_n \left(\sum_k \frac{f_{E_{k,n}} Q_{E_n}}{\eta_{k,n}} \right) \right]_i = \frac{0,30 \times 2750}{0,80} = 1031,25 \text{ kWh/ano}$$

Resultando:

$$IEE_{pr,S,AQS} = \frac{1}{A_{tot}} \sum (E_{AQS} F_{pu}) = \frac{1925 \times 1 + 1031,25 \times 1}{1200} = 2,46 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Edifício referência

De acordo com a Tabela 105 do Manual SCE, para o edifício de referência, um sistema que recorre a queima com uma eficiência de 89% assegurará a fração assegurada pelo solar térmico, pois o sistema de apoio é um sistema de queima de combustível renovável (biomassa).

Igualmente, de acordo com a Tabela 105, um sistema de queima com uma eficiência de 89% assegurará a fração satisfeita pela caldeira a biomassa. Assim:

$$E_{AQS,SST,ref} = \left[\sum_n \left(\sum_k \frac{f_{E_{k,n}} Q_{E_n}}{\eta_{ref}} \right) \right]_i = \frac{0,70 \times 2750}{0,89} = 2162,92 \text{ kWh/ano}$$

$$E_{AQS,Biomassa,ref} = \left[\sum_n \left(\sum_k \frac{f_{E_{k,n}} Q_{E_n}}{\eta_{ref}} \right) \right]_i = \frac{0,30 \times 2750}{0,89} = 926,97 \text{ kWh/ano}$$

Resultando:

$$IEE_{ref,S,AQS} = \frac{1}{A_{tot}} \sum (E_{AQS} F_{pu}) = \frac{2162,92 \times 1 + 926,97 \times 1}{1200} = 2,57 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 57

Enunciado^[ML16]:

Pretende-se emitir um pré-certificado energético (PCE) de um edifício novo da tipologia Hotel. O edifício tem uma área total de pavimento de 1 200 m². Considere que o projeto de arquitetura deu entrada na entidade licenciadora em janeiro de 2022. O edifício é servido por rede de abastecimento de gás natural.

Os espaços são climatizados, por um sistema “ar-água”, através de ventiloconvetores a quatro tubos. A renovação de ar é assegurada por unidades de tratamento de ar novo (UTANs).

As necessidades de aquecimento são satisfeitas por uma caldeira a biomassa ($\eta = 80\%$) e um chiller bomba-de-calor de compressão (COP = 4,3).

As necessidades de arrefecimento são asseguradas pelo mesmo chiller bomba-de-calor de compressão (EER = 3,00).

Existe ainda um sistema de coletores solares térmicos com uma fração solar de 70 %, sendo as restantes 30 % asseguradas por uma bomba de calor com eficiência de 3,40.

No relatório das simulações dinâmicas, para obtenção dos consumos previstos e dos consumos de referência em energia final, obtiveram-se os seguintes valores:

	Necessidades [kWh/ano]			Consumo Energia Final [kWh/ano]			
	Aquecimento	Arrefecimento	AQS	Bombas AVAC e AQS	Iluminação Exterior	Iluminação interior	Outros equipamentos
Previsto	8 000	4 500	2 750	850	1 500	7 500	4 000
Referência	7 100	4 950	2 750	950	1 500	4 300	4 000

Indique a energia primária nominal para preparação de AQS para o edifício previsto e de referência deste edifício.

Questão 57

Resolução:

Edifício previsto

$$IEE_{pr,S,AQS} = \frac{1}{A_{tot}} \sum (E_{AQS} F_{pu})$$

Em que:

$$E_{AQS,SST} = \left[\sum_n \left(\sum_k \frac{f_{E_{k,n}} Q_{E_n}}{\eta_{k,n}} \right) \right]_i = \frac{0,70 \times 2750}{1} = 1925 \text{ kWh/ano}$$

$$E_{AQS,BC,elétrica} = \left[\sum_n \left(\sum_k \frac{f_{E_{k,n}} Q_{E_n}}{\eta_{k,n}} \right) \right]_i = \frac{0,30 \times 2750}{3,40} = 242,65 \text{ kWh/ano}$$

$$E_{AQS,BC,aerotérmica} = (0,30 \times 2750) \times \left(1 - \frac{1}{3,40} \right) = 582,36 \text{ kWh/ano}$$

Resultando:

$$IEE_{pr,S,AQS} = \frac{1}{A_{tot}} \sum (E_{AQS} F_{pu}) = \frac{1925 \times 1 + 242,65 \times 2,5 + 582,36 \times 1}{1200} = 2,59 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Edifício referência

De acordo com a Tabela 105 do Manual SCE, para o edifício de referência, o sistema de apoio assegurará a fração solar assegurada pelo solar térmico, pois este não é um sistema de queima de combustível renovável.

Igualmente, de acordo com a Tabela 105, uma bomba de calor com uma eficiência de 2,80 assegurará a fração satisfeita pela bomba de calor. Assim:

$$E_{AQS,SST,ref} = \left[\sum_n \left(\sum_k \frac{f_{E_{k,n}} Q_{E_n}}{\eta_{ref}} \right) \right]_i = \frac{0,70 \times 2750}{3,40} = 566,18 \text{ kWh/ano}$$

$$E_{AQS,BC,ref} = \left[\sum_n \left(\sum_k \frac{f_{E_{k,n}} Q_{E_n}}{\eta_{ref}} \right) \right]_i = \frac{0,30 \times 2750}{2,80} = 294,64 \text{ kWh/ano}$$

Resultando:

$$IEE_{ref,S,AQS} = \frac{1}{A_{tot}} \sum (E_{AQS} F_{pu}) = \frac{566,18 \times 2,5 + 294,64 \times 2,5}{1200} = 1,79 \text{ kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Atualizações

- **Adição das questões 45-48 (Janeiro 2023)**
- **Atualização das questões com base no Despacho n.º 12935-B/2023 (Janeiro 2024)**
- **Adição das questões 49-57 (Março 2024)**

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa