



COLETÂNEA DE EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Versão Draft setembro 2022



Agência para a Energia



Índice

Questão 1	3
Questão 2	5
Questão 3	7
Questão 4	9
Questão 5	11
Questão 6	13
Questão 7	15
Questão 8	17
Questão 9	19
Questão 10	22
Questão 11	24
Questão 12	27
Questão 13	42
Questão 14	53
Questão 15	55
Questão 16	61
Questão 17	63
Questão 18	74
Questão 19	78
Questão 20	81
Questão 21	84
Atualizações	87

Questão 1

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

- ☐ a) 1 PCE;
- ☐ b) 3 PCEs;
- ☐ c) 9 PCEs;
- ☐ d) 11 PCEs;
- ☐ e) 12 PCEs.

Questão 1

Resolução:

Como PQ II apenas poderá emitir os Certificados Energéticos das frações de comércio e serviços.

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.

A resposta correta é a **"b) 3 PCEs"**

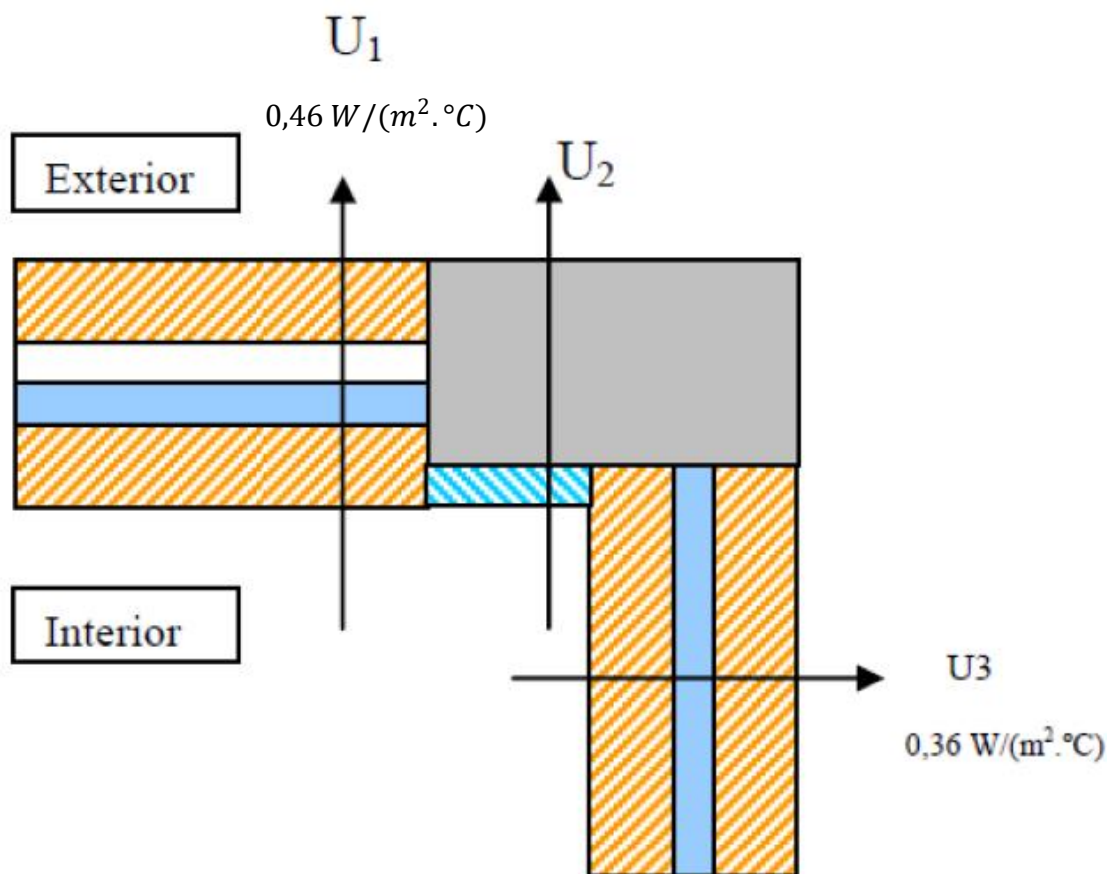
Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 2

Enunciado: Considere a figura referente à envolvente exterior vertical de um espaço comercial, situado no concelho de Trancoso a 700m de altitude.

O projeto de arquitetura deu entrada na entidade licenciadora em abril de 2022.

Qual o valor máximo regulamentar de U_2 ?



- ☐ a) $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- ☐ b) $0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- ☐ c) $0,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- ☐ d) $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- ☐ e) $0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Questão 2

Resolução:

Para um edifício de comércio de serviços, independentemente da sua localização climática, o valor U máximo de uma ponte térmica plana exterior é **de 0,9 W/(m².°C)** (opção **e**).

Tabela 4 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de comércio e serviços, $U_{\text{máx}}$ [W/(m².°C)]

Portugal Continental e Regiões Autónomas			Zona Climática		
Tipo de elemento		Condição fronteira	I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente	Verticais	Exterior ou interior com $b_{\text{zlu}} > 0,7$	0,70	0,60	0,50
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{\text{zlu}} > 0,7$	0,50	0,45	0,40
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{\text{zlu}} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{\text{zlu}} > 0,7$	1,25	1,00	0,90

Reprodução e distribuição proibidas

Questão 3

Enunciado: O autor de um projeto de climatização de um edifício de serviços sujeito a uma grande renovação, cujo licenciamento data de janeiro de 2022, selecionou uma *rooftop* com um COP de 4,3:

Selecione a opção que considera correta:

- ☐ a) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar o mesmo sistema que o edifício previsto, sem a componente renovável;
- ☐ b) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar o mesmo sistema que o edifício previsto, com a componente renovável;
- ☐ c) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar o sistema por defeito;
- ☐ d) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar uma *rooftop* com COP de 3,20;
- ☐ e) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar uma bomba de calor do tipo chiller com um COP de 3,00;

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 3

Resolução:

Para os edifícios de comércio e serviços, os sistemas a considerar no edifício de referência são extraídos da Tabela 105 do Manual SCE:

Tabela 105 – Eficiência de referência dos sistemas para edifícios de comércio e serviços

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
Aquecimento	Sistema que recorre a queima de combustível	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89
	Solar térmico	Sistema de apoio do edifício previsto
		Sistema por defeito, quando no edifício previsto o sistema de apoio é um sistema de queima de combustível renovável ou na ausência de sistema de apoio
	Bomba de calor	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Outros sistemas	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Sistema por defeito	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00

Para uma *rooftop*, o sistema a considerar no edifício de comércio e serviços de referência é uma **bomba de calor com permuta exterior a ar com eficiência igual a 3,00**. Assim, a resposta correta é a alínea **e**).

Reprodução e distribuição

Questão 4

Enunciado: Um novo edifício de serviços a construir em Mirandela, a uma altitude de 430 m, está em fase de conceção. O projeto de climatização prevê a utilização de três Unidades de Tratamento de Ar (UTA) para aquecimento e arrefecimento dos diferentes espaços do edifício. Os caudais de cada uma das unidades são os seguintes:

- UTA 1: caudal de insuflação de 2 000 m³/h e caudal de extração de 2 800 m³/h

- UTA 2: caudal de insuflação de 1 500 m³/h e caudal de extração de 1 150 m³/h

- UTA 3: caudal de insuflação de 2 000 m³/h e caudal de extração de 1 800 m³/h

$T_{\text{ext}} = -3,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{int}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $c_{p\text{ar}} = 1,012 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$; massa volúmica do ar = 1,204 kg/m³

Selecione a opção que considera correta:

- ☐ a) As UTAs não têm de estar dotadas de sistema free-cooling;
- ☐ b) Todas as UTAs têm de estar dotadas de sistema free-cooling;
- ☐ c) A UTA1 tem de ter a possibilidade de efetuar free-cooling;
- ☐ d) A UTA2 tem de ter a possibilidade de efetuar free-cooling;
- ☐ e) A UTA3 tem de ter a possibilidade de efetuar free-cooling;

Questão 4

Resolução:

O disposto na alínea b) do ponto 2.3 do Anexo II da Portaria 138-I/2021 obriga a “instalação de dispositivos que permitam o arrefecimento dos locais apenas com ar exterior (free-cooling) (...) sempre que a soma dos caudais de ar de insuflação de todos os equipamentos nos sistemas de climatização do tipo “tudo ar” seja superior a 10 000 m³/h”.

O sistema descrito no enunciado é, de facto, um sistema “tudo ar”, mas o caudal total de insuflação é inferior a 10 000 m³/h pelo que as unidades de tratamento de ar estão **dispensadas** da instalação de free-cooling.

A resposta correta é “alínea a) As UTAs não têm de estar dotadas de sistema free-cooling;”

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 5

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 os requisitos dos sistemas de iluminação fixa?

- ☐ a) 1,05 (W/m²)/100lx;
- ☐ b) 1,35 (W/m²)/100lx;
- ☐ c) 1,50 (W/m²)/100lx;
- ☐ d) 1,67 (W/m²)/100lx;
- ☐ e) Em edifícios de comércio e serviços, desde que haja cumprimento do requisito de iluminação, não há qualquer tipo de requisito a nível de densidade de potência instalada

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 5

Resolução:

Da Tabela 25 da Portaria 138-I/2021, o valor de densidade de potência instalada máxima para uma sala de aula é de **1,5 (W/m²)/100lx**, correspondendo à alínea **c)**

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/m²)/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 proibidas,

Questão 6

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			

Qual o valor da potência específica?

- ☐ a) 704 W/(m³/s);
- ☐ b) 921 W/(m³/s);
- ☐ c) 1047 W/(m³/s);
- ☐ d) 1256 W/(m³/s);
- ☐ e) 2000 W/(m³/s).

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 6

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		Potência nominal	1.1	kW	Caudal de ar	4300	m³/h
	Standard		Tensão	230/400V-3ph-50Hz			1.194	m³/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			

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:

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

Assim, a opção correta é a alínea **c**).

Questão 7

Enunciado:

Foi efetuada a simulação dinâmica de um escritório, localizado no 6º andar de um edifício de serviços, com o objetivo de verificar se este se encontra adequadamente ventilado com recursos a meios naturais.

Os resultados demonstram que o caudal mínimo de ar novo é garantido durante 85 % do período de ocupação anual.

Enquanto Perito Qualificado o que deverá fazer?

- ☐ a) Efetuar a verificação utilizando um dos outros métodos disponíveis
- ☐ b) Pedir alterações ao projeto de ventilação natural de forma a que o caudal mínimo de ar novo seja garantido durante todo o período de ocupação anual
- ☐ c) Pedir alterações ao projeto de ventilação natural de forma a que o caudal mínimo de ar novo seja garantido durante 90 % do período de ocupação anual
- ☐ d) Considerar que o edifício se encontra adequadamente ventilado com recursos a meios naturais
- ☐ e) Exigir que seja adotado um sistema de ventilação híbrida ou mecânica

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 7

Resolução:

A resposta correta é “**c)** Pedir alterações ao projeto de ventilação natural de forma a que o caudal mínimo seja garantido durante 90% do período de ocupação anual”

De acordo com o exposto no subcapítulo 9.4.1. do Manual SCE, quando se recorre ao método base para verificar a conformidade do sistema de ventilação natural de um espaço ou edifício, relativamente aos requisitos de caudal mínimo de ar novo, deve ser efetuada um cálculo da taxa de renovação de ar baseado em método que satisfaça os requisitos da norma EN 16798-7, ou outra tecnicamente equivalente, considerando-se que **o sistema de ventilação natural é adequado quando este permite assegurar, em cada espaço, o caudal mínimo de ar novo em, pelo menos, 90% das horas ocupadas durante o ano.**

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 8

Enunciado: Considere um supermercado novo com uma área de 620 m² de área interior útil de pavimento e uma área de estacionamento interior para os funcionários de 140 m².

Como deve determinar o IEE deste edifício?

- ☐ a) Cálculo dinâmico simplificado;
- ☐ b) Simulação dinâmica multizona;
- ☐ c) Consumo efetivo;
- ☐ d) Qualquer uma das anteriores;
- ☐ e) Nenhuma das anteriores.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 8

Resolução:

A resposta correta é "**b)** Simulação dinâmica multizona"

De acordo com o capítulo 6.5 do Manual SCE, a área interior útil de pavimento máxima para uma zona térmica é de 250 m². O supermercado apresenta uma área interior útil de pavimento de 620 m², sendo necessário o caracterizar em múltiplas zonas térmicas.

Assim, o edifício encontra-se fora da aplicabilidade de ferramentas de cálculo dinâmico simplificado monozona, sendo necessário o cálculo dos consumos de energia do edifício através de simulação dinâmica multizona, de acordo com o ponto 16.3.2. do Manual SCE.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 9

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.

Questão 9

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 [m³/(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 oficinais, 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 [m³/(h.m²)]
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 = $70 \text{ m}^2 * 2 (\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^2 = 140 \text{ m}^3/\text{h}$.

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:

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

Assim, o caudal mínimo obtido corresponde ao caudal da alínea **a)**.

Questão 10

Enunciado: Ao efetuar o cálculo dos indicadores 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 10

Resolução:

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

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

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)].

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	$R_{IEE} > 2,50$

Assim, deverá ser escolhido a opção **e)** “Outra classe”

Questão 11

Enunciado: Considere um edifício de serviços, localizado em Lisboa, com uma área de pavimento dos espaços interiores úteis de 900 m² e uma área de pavimento dos espaços interiores não úteis de 50 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 em arrefecimento (EER) de 3,4.

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

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

	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

- ☐ 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 11

Resolução:

Para a determinação do IEEpr 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}

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

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

A opção correta é a alínea **c**).

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 12 (Atualizada)

Enunciado: Pretende-se emitir um pré-certificado energético (PCE) de um edifício novo da tipologia hotel. O edifício tem uma área total de pavimento de 124 000 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 em parte pelo mesmo chiller bomba-de-calor de compressão ($EER = 3,00$). As restantes necessidades de arrefecimento são asseguradas por três chillers de compressão ($EER = 3,4$).

O consumo de água quente sanitária (AQS) é satisfeito parcialmente por um sistema de coletores solares térmicos, com um apoio da caldeira a biomassa.

Existe um sistema solar fotovoltaico produzindo anualmente 540 000 kWh eletricidade que é consumida na totalidade pelo edifício.

Os resultados obtidos das simulações dinâmicas, para obtenção dos consumos previstos e dos consumos de referência em energia final, encontram-se apresentados nas tabelas seguintes:

Consumos previstos de energia final (kWh)		
Aquecimento	Caldeira a biomassa (biomassa)	410 000
	Chiller bomba-de-calor de compressão (eletricidade)	370 000
Arrefecimento	Chiller bomba-de-calor de compressão (eletricidade)	564 000
	Três chiller de compressão (eletricidade)	415 000
Bombagem AVAC	(eletricidade)	147 000
Ventilação AVAC	(eletricidade)	710 000
Iluminação	(eletricidade)	4 200 000
AQS	Solares térmicos (energia térmica)	220 000
	Caldeira de biomassa (biomassa)	146 000
Outros Consumos	(eletricidade)	4 120 000

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Consumos de referência de energia final (kWh)		
Aquecimento	Caldeira utilizada na referência (combustível fóssil)	578 000
	Chiller bomba-de-calor de compressão de referência (eletricidade)	523 000
Arrefecimento	Chiller de compressão (eletricidade)	1 370 000
Bombagem AVAC	(eletricidade)	192 000
Ventilação AVAC	(eletricidade)	910 000
Iluminação	(eletricidade)	4 760 000
AQS	Caldeira utilizada na referência (combustível fóssil)	406 236
Outros Consumos	(eletricidade)	4 120 000

Indique a classe energética deste edifício (arredonde o resultado à unidade).

- ☐ a) A;
- ☐ b) B;
- ☐ c) B-;
- ☐ d) C;
- ☐ e) Outra classe;

Questão 12

Resolução:

Leitura do Excel.

	Vetor	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{EP} /kWh _{EF}]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Tipo de consumo	Renovável?
Aquecimento	Eletricidade	1 591 000	4,3	370 000	2,5	925 000	S	
	Eletricidade						S	
	Gás Natural						S	
	Gás Propano						S	
	Gasóleo						S	
	Aerotermia			1221000	1	1 221 000	S	R
Arrefecimento	Térmica						S	R
	Biomassa	328000	80%	410 000	1	410 000	S	R
	Eletricidade	1 692 000	3,00	564 000	2,5	1 410 000	S	
	Eletricidade	1 411 000	3,4	415 000	2,5	1 037 500	S	
	Gás Propano						S	
	Gasóleo						S	
	Aerotermia			2124000	1	2 124 000	S	R
	Biomassa						S	R

Vetor energético

Energia primária utilizada associada à energia final consumida. Calculado multiplicando a energia final com o respetivo fator de conversão da Tabela 106 associado ao vetor energético. (Capítulo 16.5 Manual SCE)

Desagregação dos consumos em Tipo S e Tipo T, indicando os consumos renováveis

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

AQS	Eletricidade						S	
	Gás Natural						S	
	Gás Propano						S	
	Gasóleo						S	
	Aerotermia						S	
	Biomassa	116 800	80%	146000	1	146 000	S	R
	Solar Térmico	220 000	1	220 000	1	220 000	S	R
Iluminação Interior - S	Eletricidade			4 200 000	2,5	10 500 000	S	
Iluminação Interior - T	Eletricidade						T	
Iluminação Exterior	Eletricidade						T	
Outros Equipamentos	Eletricidade			4 120 000	2,5	10 300 000	T	
	Gás Natural						T	
	Gás Propano						T	
Bombas AVAC & AQS	Eletricidade			147 000	2,5	367 500	S	
Outras Bombas	Eletricidade						T	
Ventiladores AVAC	Eletricidade			710 000	2,5	1 775 000	S	
Outros Ventiladores	Eletricidade						T	
Ascensores	Eletricidade						T	
Solar Fotovoltaico	Eletricidade			540 000	2,5	1 350 000		R

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 humedificação 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

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	20136000
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	10300000
Renovável [kWh _{EP} /ano]	5471000

$$= +SOMA.SE(I27:I58;"S";H27:H58)$$

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna I for S (consumo tipo S) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna H”

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	20136000
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	10300000
Renovável [kWh _{EP} /ano]	5471000

= +SOMA.SE(I27:I58;"T";H27:H58)

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna I for T (consumo tipo T) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna H”

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	20136000
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	10300000
Renovável [kWh _{EP} /ano]	5471000

= +SOMA.SE(J27:J58;"R";H27:H58)

“Para os consumos identificados como renováveis (R na coluna J), adicionar a Energia primária associada, apresentada na coluna H”

O subcapítulo 16.3.1 do Manual SCE descreve o indicador de eficiência energética previsto, definida pela Equação 148:

16.3.1 INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PREVISTO (IEE_{pr})

O indicador de eficiência energética previsto (IEE_{pr}) traduz a totalidade dos consumos anuais de energia primária no edifício por unidade de área, com base na sua localização, nas características da sua envolvente, na eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização previstos, e é determinado conforme a equação seguinte.

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 148)$$

Em que:

IEE_{pr} – Indicador de eficiência energética previsto [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$];

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

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

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

IEE_{pr,S}

O indicador de eficiência energética previsto do tipo S ($IEE_{pr,S}$) representa os consumos de energia primária regulados e é determinado pela equação seguinte.

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 149)$$

Em que:

$E_{S,i}$ – Consumo de energia dos usos do tipo S, indicados na Tabela 100, por fonte de energia i [kWh/ano];

A_{tot} – Área total de pavimento [m²];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia i , incluindo renovável [kWh_{EP}/kWh].

Tipo S [kWh_{EP}/ano]

IEE_{pr,S} [kWh_{EP}/(m²·ano)]

162,39

$$IEE_{pr,S} = \frac{20136000}{124000} = 162,39 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr,T}

O indicador de eficiência energética previsto do tipo T ($IEE_{pr,T}$) representa os consumos de energia primária não regulados e é determinado pela equação seguinte.

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 150)$$

Em que:

$E_{T,i}$ – Consumo de energia dos usos do tipo T, indicados na Tabela 100, por fonte de energia i [kWh/ano];

Tipo T [kWh_{EP}/ano]

IEE_{pr,T} [kWh_{EP}/(m²·ano)]

83,06

$$IEE_{pr,T} = \frac{10300000}{124000} = 83,06 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr,ren}

O cálculo da energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício (E_{ren}) deve ser efetuado de acordo com o previsto na subsecção 16.1.5, com as devidas adaptações.

$$IEE_{pr,ren} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 151)$$

Em que:

$E_{ren,i}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, por fonte de energia i , obtida de acordo com a subsecção 16.1.5 com as devidas adaptações [kWh/ano];

Renovável [kWh_{EP}/ano]

IEE _{pr,ren} [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	44,12
--	-------

$$IEE_{pr,ren} = \frac{5471000}{124000} = 44,12 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr}

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} + IEE_{pr,ren} = 162,39 + 83,06 - 44,12 = 201,33 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE _{pr} [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	201,33
--	--------

IEE_{ref}

Leitura do Excel (Comparação).

Aquecimento

Previsto

	Vetor	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{EP} /kWh _{EF}]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Tipo de consumo	Renovável?
Aquecimento	Eletricidade	1 591 000	4,3	370 000	2,5	925 000	S	
	Eletricidade							
	Gás Natural						S	
	Gás Propano						S	
	Gasóleo						S	
	Aeroterminia			1221000	1	1 221 000	S	R
	Térmica						S	R
	Biomassa	328000	80%	410 000	1	410 000	S	R

Referência

	Vetor	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{EP} /kWh _{EF}]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Tipo de consumo
Aquecimento	Eletricidade	1 569 000	3	523 000	2,5	1 307 500	S
	Gás	514 420	89%	578 000	1	578 000	S
	Gás (Subst. SST)				1	0	S
	Gasóleo				1	0	S
	Biomassa						S

O chiller bomba de calor de compressão com COP = 4,3 é substituído por uma bomba de calor com eficiência igual a 3,0 (Tabela 105 do Manual SCE). A componente renovável (aeroterminia) não é considerada no edifício de referência.

A caldeira a biomassa é substituída por uma caldeira a combustível fóssil com eficiência igual a 89% satisfazendo 578 000 kWh de energia final.

Tabela 105 – Eficiência de referência dos sistemas para edifícios de comércio e serviços

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
Aquecimento	Sistema que recorre a queima de combustível	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89
	Solar térmico	Sistema de apoio do edifício previsto
		Sistema por defeito, quando no edifício previsto o sistema de apoio é um sistema de queima de combustível renovável ou na ausência de sistema de apoio
	Bomba de calor	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Outros sistemas	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Sistema por defeito	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00

Reprodução e distribuição proibidas, sem

Arrefecimento

Previsto

Arrefecimento	Eletricidade	1 692 000	3,00	564 000	2,5	1 410 000	S	
	Eletricidade	1 411 000	3,4	415 000	2,5	1 037 500	S	
	Gás Propano						S	
	Gasóleo						S	
	Aerotermia			2124000	1	2 124 000	S	R
	Biomassa						S	R

Referência

Arrefecimento	Eletricidade	3973000	2,9	1 370 000	2,5	3 425 000	S	
	Eletricidade	0			2,5	0	S	
	Eletricidade	0			2,5	0	S	
	Eletricidade	0			2,5	0	S	
	Eletricidade	0			2,5	0	S	

No edifício previsto, as necessidades de arrefecimento são satisfeitas por bombas de calor com EER igual a 3,0 e 3,4. Para o edifício de referência, estes sistemas são substituídos por um chiller com eficiência igual a 2,9 (Tabela 105 do Manual SCE). A componente renovável (aerotermia) não é considerada no edifício de referência.

Arrefecimento	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Outros sistemas	Chiller com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,90
	Sistema por defeito	Chiller com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,90

AQS

Previsto

AQS	Eletricidade						S	
	Gás Natural						S	
	Gás Propano						S	
	Gasóleo						S	
	Aerotermia						S	
	Biomassa	116 800	80%	146000	1	146 000	S	R
	Solar Térmico	220 000	1	220 000	1	220 000	S	R

Referência

AQS	Eletricidade				0	0	S	
	Gás Natural	141 550	89%	159 045	1	159 045	S	
	Gás Propano						S	
	Gasóleo				0	0	S	
	Biomassa	0			1	0	S	
	Gás (Subst. SST)	220 000	89%	247 191	1	247 191	S	

As necessidades satisfeitas pelo sistema solar térmico serão satisfeitas por um sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89 (Tabela 105 do Manual SCE).

Do enunciado, 406236 kWh da energia final para preparação de AQS é utilizada pela caldeira, que resulta da soma das energias finais da contribuição dos sistemas que recorrem a queima de combustível não renovável com eficiência de 89%.

O sistema de referência do solar térmico com eficiência igual a 89% satisfaz 220 000 kWh de energia útil, referente ao consumo do sistema solar térmico, que resulta em 247 191 kWh de energia final. De modo a satisfazer os 406236 kWh de energia final, o sistema de referência da caldeira a biomassa com eficiência igual a 89% satisfaz a restante energia final.

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
AQS e AQP	Sistema que recorre a queima de combustível	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89
	Solar térmico	Sistema de apoio do edifício previsto
		Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89, quando no edifício previsto o sistema de apoio no edifício previsto é um sistema de queima de combustível renovável
		Termoacumulador elétrico com E_{DEE} igual a 0,95, na ausência de sistema de apoio no edifício previsto
	Bomba de calor	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,80
	Cogeração ou trigerção	Cogeração ou trigerção
	Termoacumulador elétrico	Termoacumulador elétrico com E_{DEE} igual a 0,95
	Outros sistemas	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89

Reprodução e distribuição proibida

Outros

Referência

Remoção das contribuições renováveis e solar fotovoltaico.

Energias renováveis	Considerar a ausência de qualquer contributo renovável.
---------------------	---

Tipo S [$\text{kWh}_{EP}/\text{ano}$]	20371736
Tipo T [$\text{kWh}_{EP}/\text{ano}$]	10300000

$= +SOMA.SE(V27:V58;"S";U27:U58)$

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna V for S (consumo tipo S) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna U”

Tipo S [$\text{kWh}_{EP}/\text{ano}$]	20371736
Tipo T [$\text{kWh}_{EP}/\text{ano}$]	10300000

$= +SOMA.SE(V27:V58;"S";U27:U58)$

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna V for T (consumo tipo T) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna U”

IEE _{ref,S} [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$]	164,29
IEE _{ref,T} [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$]	83,06

$$IEE_{ref,S} = \frac{20371736}{124000} = 164,29 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

$$IEE_{ref,T} = \frac{10300000}{124000} = 83,06 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

IEE _{ref} [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$]	247,35
--	--------

$$IEE_{ref} = 164,29 + 83,06 = 247,35 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

R_{IEE}

O capítulo 17.2 do Manual SCE descreve o rácio de classe energética, definida pela Equação 164 e Tabela 109:

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

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	$R_{IEE} > 2,50$

R_{IEE}

0,72

Com base nos resultados obtidos:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} = \frac{162,39 - 44,12}{164,29} = 0,72$$

Enquadrando-se na classe B (Opção **b**).

Questão 13 (Atualizada)

Enunciado: Pretende-se emitir um certificado energético (CE) de um edifício novo da tipologia escola. O edifício tem uma área total de 7 000 m². Considere que o projeto de arquitetura deu entrada na entidade licenciadora em janeiro de 2022.

O edifício é climatizado com um sistema centralizado que consiste numa caldeira a pellets ($\eta = 85 \%$) e radiadores instalados nos diferentes espaços do edifício. Não existe ventilação mecânica no edifício.

Existe ainda um sistema de coletores solares térmicos com uma fração solar de 70 %.

O consumo de água quente sanitária (AQS) é satisfeito parcialmente pelo sistema de coletores solares térmicos, com apoio da 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 classe energética deste edifício (arredonde o resultado à unidade).

- ☐ a) A;
- ☐ b) B;
- ☐ c) B-;
- ☐ d) C;
- ☐ e) Outra classe;

Questão 13

Resolução:

Leitura do Excel.

	Vetor	%	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{EP} /kWh _{EP}]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Tipo de consumo	Renovável?	F _{CO2} [kg _{CO2} /kWh _{EP}]	Emissões de CO ₂ [kg _{CO2} /ano]
Aquecimento	Eletricidade	0%						S		0,144	0
	Gás Natural							S		0,202	0
	Gás Propano							S		0,170	0
	Gasóleo							S		0,267	0
	Aerotermia							S	R		0
Arrefecimento	Biomassa	100%	8 000	85%	9412	1	9 412	S	R		0
	Eletricidade	100%	4 500	2,90	1552	2,5	3 879	S		0,144	559
	Gás Natural		0			1	0	S		0,202	0
	Gás Propano					1	0	S		0,170	0
	Gasóleo					1	0	S		0,267	0
	Aerotermia				0	1	0	S	R		0
	Biomassa					1	0	S	R		0

Climatização	- Considerar as características dos sistemas, conforme Capítulo 10; - Considerar o perfil horário em funcionamento contínuo sempre que os espaços estão ocupados; - Na ausência de sistemas de climatização para aquecimento ou arrefecimento, considerar o sistema por defeito (<i>chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar com COP de 3,0 e EER de 2,9, sem contabilizar a componente renovável aerotérmica).
--------------	---

Emissões de CO₂ associado à energia primária utilizada. Calculado multiplicando a energia primária com o respetivo fator de conversão da Tabela 107 associado ao vetor energético. (Capítulo 16.8 Manual SCE)

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

AQS	Elettricidade		0			0,0	0	S		0,144	0
	Gás Natural		0	87%	0	1	0	S		0,202	0
	Gás Propano		0			1	0	S		0,170	0
	Gasóleo		0			1	0	S		0,267	0
	Aerotermia				0	1	0	S			0
	Biomassa	30%	825	85%	971	1	971	S	R		0
	Solar Térmico	70%	1 925	1	1 925	1	1 925	S	R		0
Iluminação Interior - S	Elettricidade				7500	2,5	18 750	S		0,144	2700
Iluminação Interior - T	Elettricidade					0,0	0	T		0,144	0
Iluminação Exterior	Elettricidade				1500	2,5	3 750	T		0,144	540
	Elettricidade				4000	2,5	10 000	T		0,144	1440
Outros Equipamentos	Gás Natural					1	0	T		0,202	0
	Gás Propano					1	0	T		0,170	0
Bombas AVAC & AQS	Elettricidade				850	2,5	2 125	S		0,144	306
Outras Bombas	Elettricidade					0,0	0	T		0,144	0
Ventiladores AVAC	Elettricidade					2,5	0	S		0,144	0
Outros Ventiladores	Elettricidade				0	0,0	0	T		0,144	0
Ascensores	Elettricidade					0,0	0	T		0,144	0
Solar Fotovoltaico	Elettricidade					0,0	0		R	0,144	0

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 humedificação 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

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	37062
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750
Renovável [kWh _{EP} /ano]	12307

$$= +SOMA.SE(I27:I58;"S";H27:H58)$$

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna I for S (consumo tipo S) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna H”

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	37062
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750
Renovável [kWh _{EP} /ano]	12307

$$= +SOMA.SE(I27:I58;"T";H27:H58)$$

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna I for T (consumo tipo T) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna H”

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	37062
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750
Renovável [kWh _{EP} /ano]	12307

= +SOMA.SE(J27:J58;"R";H27:H58)

“Para os consumos identificados como renováveis (R na coluna J), adicionar a Energia primária associada, apresentada na coluna H”

Emissões de CO ₂ [ton _{CO2} /ano]	5,54
---	------

= +SOMA(L27:L56)/1000
– L58/1000

“Somar as emissões de CO₂ de cada energia consumida, subtraindo as emissões de CO₂ evitadas pelas consumidas diretamente de fontes renováveis”

O subcapítulo 16.3.1 do Manual SCE descreve o indicador de eficiência energética previsto, definida pela Equação 148:

16.3.1 INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PREVISTO (IEE_{pr})

O indicador de eficiência energética previsto (IEE_{pr}) traduz a totalidade dos consumos anuais de energia primária no edifício por unidade de área, com base na sua localização, nas características da sua envolvente, na eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização previstos, e é determinado conforme a equação seguinte.

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 148)$$

Em que:

IEE_{pr} – Indicador de eficiência energética previsto [kWh_{EP}/(m².ano)];

$IEE_{pr,S}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo S [kWh_{EP}/(m².ano)];

$IEE_{pr,T}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo T [kWh_{EP}/(m².ano)];

$IEE_{pr,ren}$ – Indicador de eficiência energética previsto renovável [kWh_{EP}/(m².ano)].

IEE_{pr,S}

O indicador de eficiência energética previsto do tipo S ($IEE_{pr,S}$) representa os consumos de energia primária regulados e é determinado pela equação seguinte.

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 149)$$

Em que:

$E_{S,i}$ – Consumo de energia dos usos do tipo S, indicados na Tabela 100, por fonte de energia i [kWh/ano];

A_{tot} – Área total de pavimento [m^2];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia i , incluindo renovável [kWh_{EP}/kWh].

Tipo S [kWh_{EP}/ano]

IEE_{pr,S} [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$]

5,29

$$IEE_{pr,S} = \frac{37062}{7000} = 5,29 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr,T}

O indicador de eficiência energética previsto do tipo T ($IEE_{pr,T}$) representa os consumos de energia primária não regulados e é determinado pela equação seguinte.

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 150)$$

Em que:

$E_{T,i}$ – Consumo de energia dos usos do tipo T, indicados na Tabela 100, por fonte de energia i [kWh/ano];

Tipo T [kWh_{EP}/ano]

IEE_{pr,T} [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$]

1,96

$$IEE_{pr,T} = \frac{13750}{7000} = 1,96 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr,ren}

O cálculo da energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício (E_{ren}) deve ser efetuado de acordo com o previsto na subsecção 16.1.5, com as devidas adaptações.

$$IEE_{pr,ren} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 151)$$

Em que:

$E_{ren,i}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, por fonte de energia i , obtida de acordo com a subsecção 16.1.5 com as devidas adaptações [kWh/ano];

Renovável [kWh_{EP}/ano]

IEE _{pr,ren} [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	1,76
--	------

$$IEE_{pr,ren} = \frac{12307}{7000} = 1,76 kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr}

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} + IEE_{pr,ren} = 5,29 + 1,96 - 1,76 = 5,5 kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE _{pr} [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	5,50
--	------

IEE_{ref}

Leitura do Excel (Comparação).

Aquecimento

Previsto

	Vetor	%	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{EP} /kWh _{UF}]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Tipo de consumo	Renovável?	F _{CO2} [kgCO ₂ /kWh _{EP}]	Emissões de CO ₂ [kgCO ₂ /ano]
Aquecimento	Eletricidade	0%						S		0,144	0
	Gás Natural							S		0,202	0
	Gás Propano							S		0,170	0
	Gasóleo							S		0,267	0
	Aerotermia							S	R		0
	Biomassa	100%	8 000	85%	9412	1	9 412	S	R		0

Referência

	Vetor	%	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{EP} /kWh _{UF}]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Tipo de consumo	F _{CO2} [kgCO ₂ /kW h _{EP}]	Emissões de CO ₂ [kgCO ₂ /ano]
Aquecimento	Eletricidade	0%	0			0	0	S	0,144	0
	Gás Natural	0%	0			0	0	S	0,202	0
	Gás Propano	0%	0			0	0	S	0,170	0
	Gasóleo	0%	0			0	0	S	0,267	0
										0
	Biomassa	100%	7 100	89%	7 978	1	7 978	S		0

A caldeira a biomassa é substituída por um sistema de queima com eficiência de 89%.

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
Aquecimento	Sistema que recorre a queima de combustível	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89
	Solar térmico	Sistema de apoio do edifício previsto
		Sistema por defeito, quando no edifício previsto o sistema de apoio é um sistema de queima de combustível renovável ou na ausência de sistema de apoio
	Bomba de calor	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Sistema por defeito	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00

Arrefecimento

Previsto

Arrefecimento	Eletricidade	100%	4 500	2,90	1552	2,5	3 879	S		0,144	559
	Gás Natural		0			1	0	S		0,202	0
	Gás Propano					1	0	S		0,170	0
	Gasóleo					1	0	S		0,267	0
	Aerotermia				0	1	0	S	R		0
	Biomassa					1	0	S	R		0

Referência

Arrefecimento	Eletricidade	100%	4 950	2,9	1 707	2,5	4 267	S		0,144	614
	Eletricidade	0%	0			2,5	0	S		0,202	0
	Eletricidade	0%	0			2,5	0	S		0,170	0
	Eletricidade	0%	0			2,5	0	S		0,267	0
											0
	Eletricidade	0%	0			2,5	0	S			0

Como não existe um sistema previsto para arrefecimento, é utilizado o sistema por defeito para o edifício previsto e para o edifício de referência.

Arrefecimento	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Outros sistemas	Chiller com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,90
	Sistema por defeito	Chiller com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,90

AQS

Previsto

AQS	Eletricidade		0			0,0	0	S		0,144	0
	Gás Natural		0	87%	0	1	0	S		0,202	0
	Gás Propano		0			1	0	S		0,170	0
	Gasóleo		0			1	0	S		0,267	0
	Aerotermia				0	1	0	S			0
	Biomassa	30%	825	85%	971	1	971	S	R		0
	Solar Térmico	70%	1 925	1	1 925	1	1 925	S	R		0

Referência

AQS	Eletricidade	0%	0			0	0	S		0,144	0
	Gás Natural	0%	0			1	0	S		0,202	0
	Gás Propano	0%	0			1	0	S		0,170	0
	Gasóleo	0%	0			1	0	S		0,267	0
											0
	Biomassa	30%	825	89%	927	1	927	S			0
	Necessidades So	70%	1 925	89%	2 163	1	2 163	S			0

A caldeira a biomassa com eficiência igual a 85% eficiência é substituída por um sistema de queima 89%.

As necessidades de energia satisfeitas pelo sistema solar térmico são, no edifício de referência, satisfeitas por um sistema de queima com eficiência igual a 89% (Tabela 105 do Manual SCE). Remoção das contribuições renováveis.

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
AQS e AQP	Sistema que recorre a queima de combustível	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89
	Solar térmico	Sistema de apoio do edifício previsto
		Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89, quando no edifício previsto o sistema de apoio no edifício previsto é um sistema de queima de combustível renovável
		Termoacumulador elétrico com E_{DEE} igual a 0,95, na ausência de sistema de apoio no edifício previsto
	Bomba de calor	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,80
	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Termoacumulador elétrico	Termoacumulador elétrico com E_{DEE} igual a 0,95
	Outros sistemas	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89

Resultados

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	28460
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750

= +SOMA.SE(V27:V58;"S";U27:U58)

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna V for S (consumo tipo S) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna U”

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	28460
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750

= +SOMA.SE(V27:V58;"S";U27:U58)

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna V for T (consumo tipo T) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna U”

IEE _{ref,S} [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	4,07
IEE _{ref,T} [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	1,96

$$IEE_{ref,S} = \frac{28560}{7000} = 4,07 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

$$IEE_{ref,T} = \frac{13750}{7000} = 1,96 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

IEE _{referência} [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	6,03
--	------

$$IEE_{ref} = 4,08 + 1,96 = 6,03 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

R_{IEE}

O capítulo 17.2 do Manual SCE descreve o rácio de classe energética, definida pela Equação 164 e Tabela 109:

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

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	$R_{IEE} > 2,50$

RIEE	0,87	B-
-------------	-------------	-----------

Com base nos resultados obtidos:

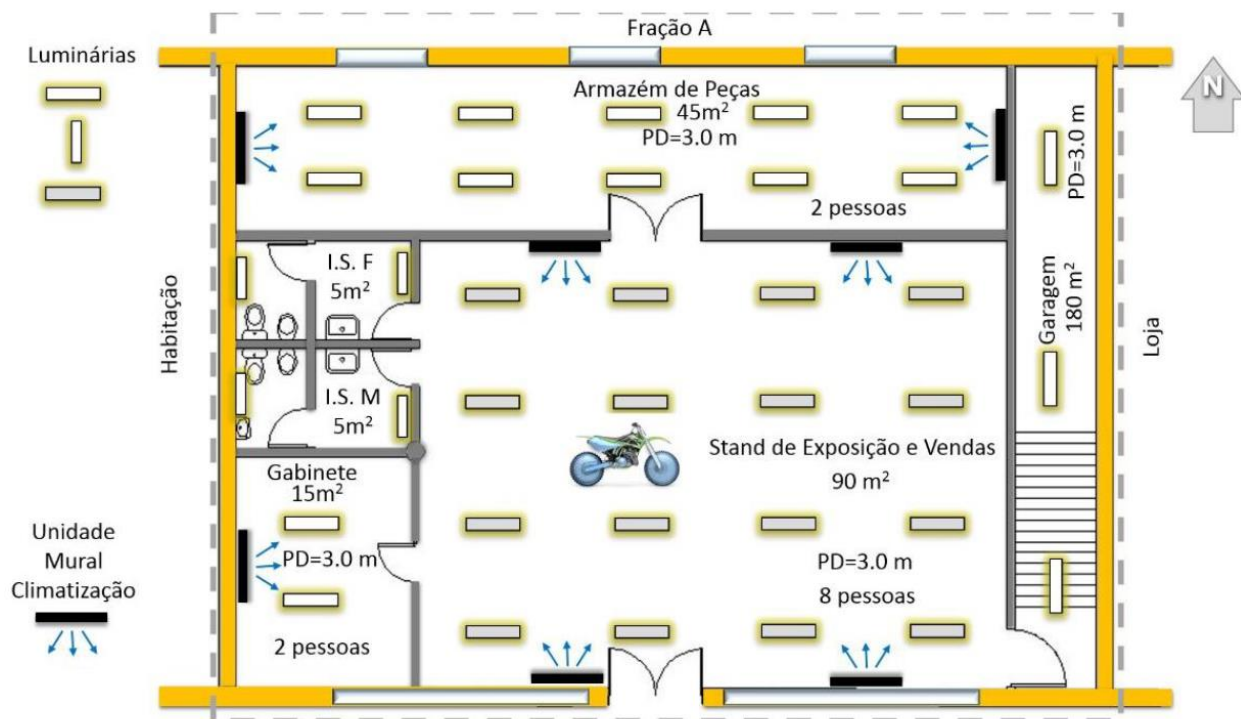
$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} = \frac{5,29 - 1,76}{4,07} = 0,87$$

Enquadrando-se na classe **B-** (Opção **c**).

Questão 14

Enunciado: Considere a fração A, parte de um edifício misto existente, cuja planta se representa na figura. A garagem com acesso pelo lado norte ocupa todo o piso inferior. Possui 2 fachadas exteriores: uma a norte, outra a sul. A poente é limitada por um apartamento de tipologia T4, que ocupa também o piso superior, enquanto que a nascente é vizinha de uma loja de eletrodomésticos.

As I.S.M. e I.S.F. estão equipadas com ventilação natural constituída por duas condutas de admissão e exaustão de ar, ambas com diâmetro igual 150 mm.



Indique qual a opção correta:

- ☐ a) A área total de pavimento é igual a 115 m²;
- ☐ b) A área total de pavimento é igual a 160 m²;
- ☐ c) A área dos espaços interiores úteis é de 115 m²;
- ☐ d) A área dos espaços interiores úteis é de 160 m²;
- ☐ e) Não existem espaços interiores não úteis.

Questão 14

Resolução:

A tabela 14 do Manual SCE fornece uma primeira análise da caracterização do tipo de espaços em edifícios de comércio e serviços, devendo ser apoiada pelo subponto seguintes "Situações particulares".

Analisando a tabela seguinte, a área dos espaços interiores não úteis será de 180 m², ou seja, a garagem da fração.

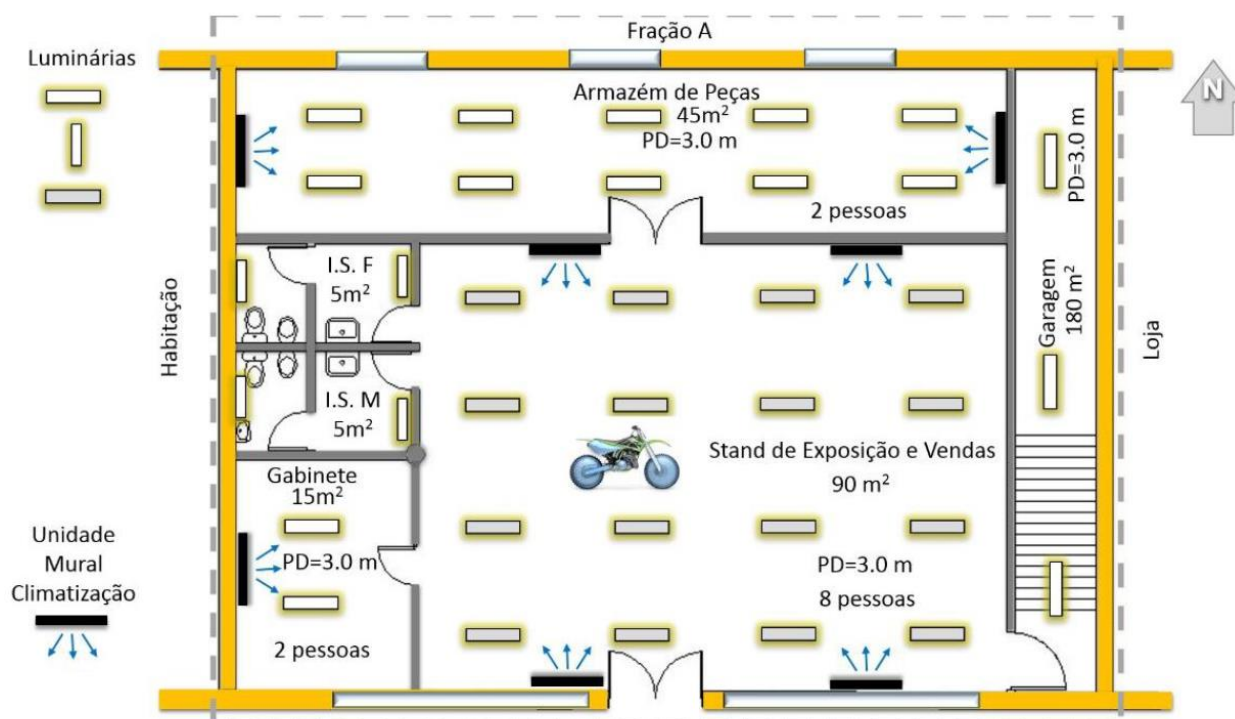
<i>Espaço</i>	<i>Área [m²]</i>	<i>Tabela 14 Manual SCE</i>	<i>Climatizado?</i>
<i>Armazém das peças</i>	45	Espaço interior útil	Sim
<i>I.S. F</i>	5	Espaço interior útil	Não
<i>I.S. M</i>	5	Espaço interior útil	Não
<i>Gabinete</i>	15	Espaço interior útil	Sim
<i>Stand de Exposição e Vendas</i>	90	Espaço interior útil	Sim
<i>Garagem</i>	180	Espaço interior não útil	Não

Assim, a área total de pavimento é $45 + 5 + 5 + 15 + 90 + 180 = 340 \text{ m}^2$, e a área útil de pavimento é **160 m²** (opção **d**).

Questão 15

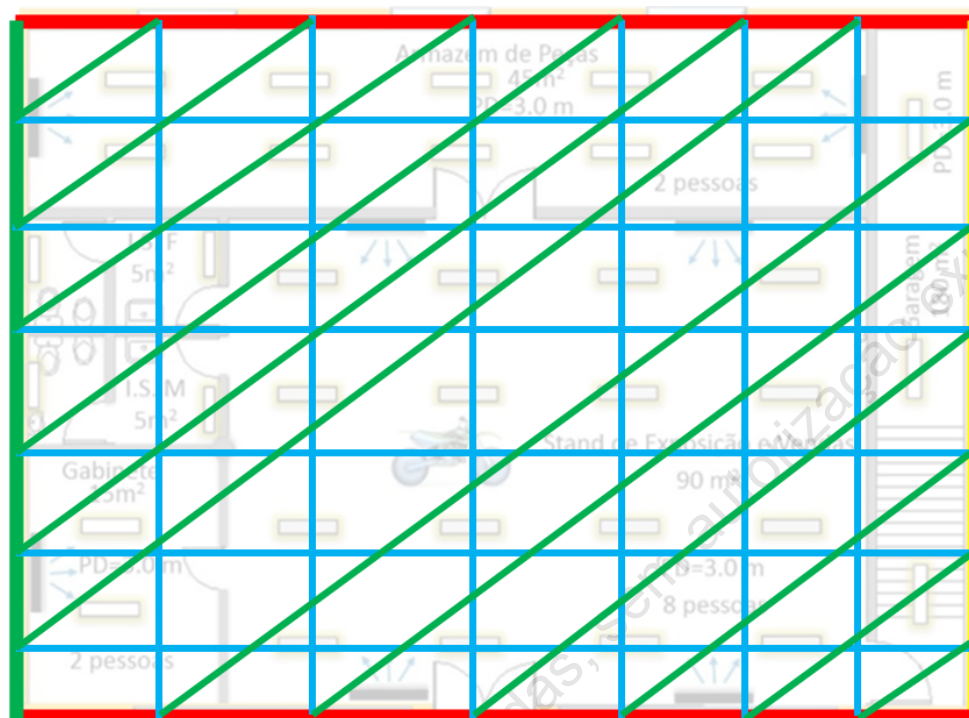
Enunciado: Considere a fração A, localizado no piso 1 de um edifício misto existente, cuja planta se representa na figura. A garagem com acesso pelo lado norte ocupa todo o piso inferior. Possui 2 fachadas exteriores: uma a norte, outra a sul. A poente é limitada por um apartamento de tipologia T4, que ocupa também o piso superior, enquanto que a nascente é vizinha de uma loja de eletrodomésticos. Por baixo da fração A encontra-se outra fração de serviços.

As I.S.M. e I.S.F. estão equipadas com ventilação natural constituída por duas condutas de admissão e exaustão de ar, ambas com diâmetro igual 150 mm.

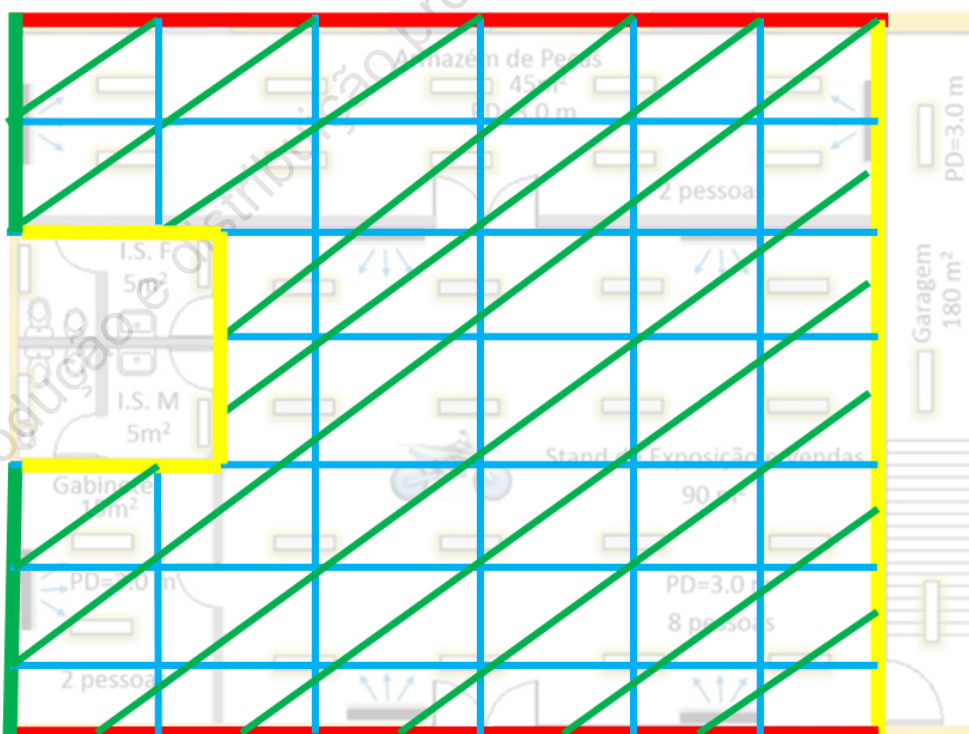


Indique qual a opção correta:

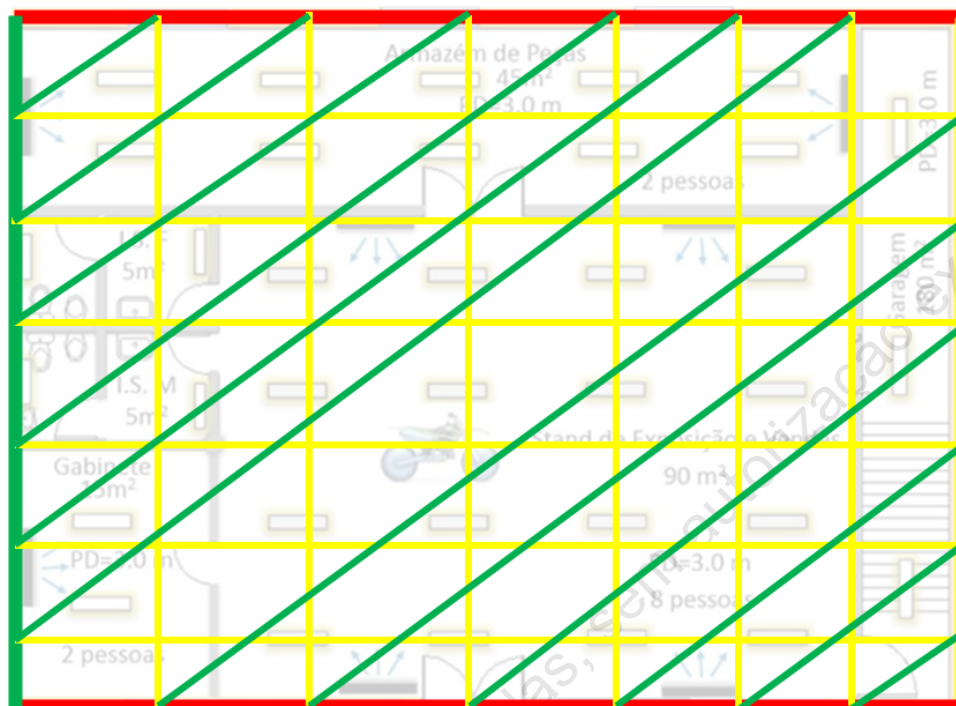
□ a)



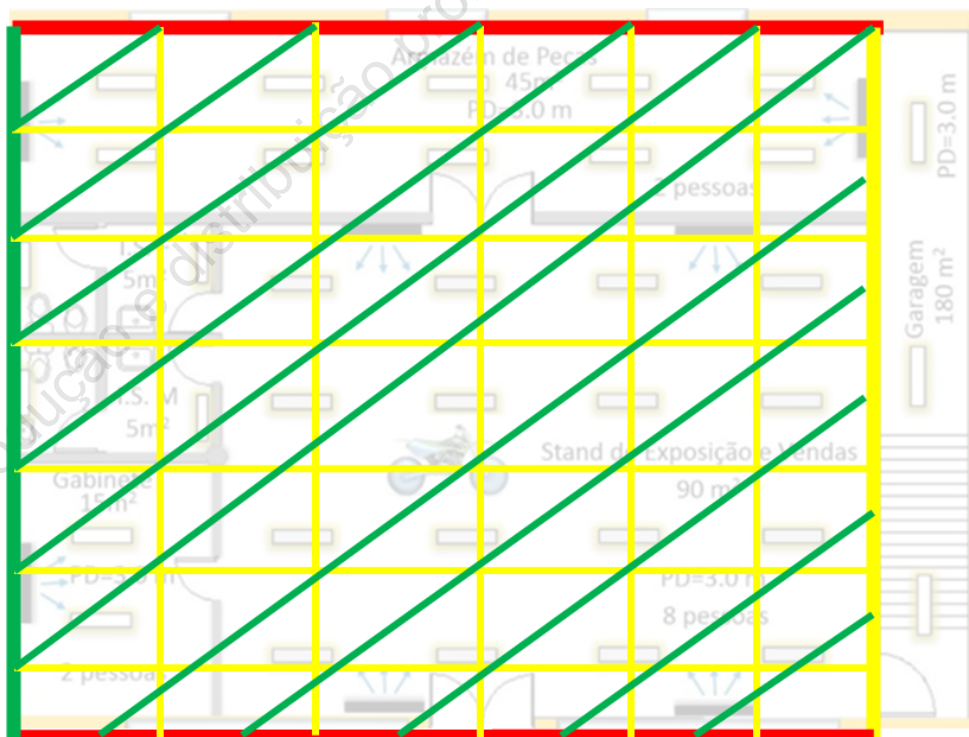
□ b)



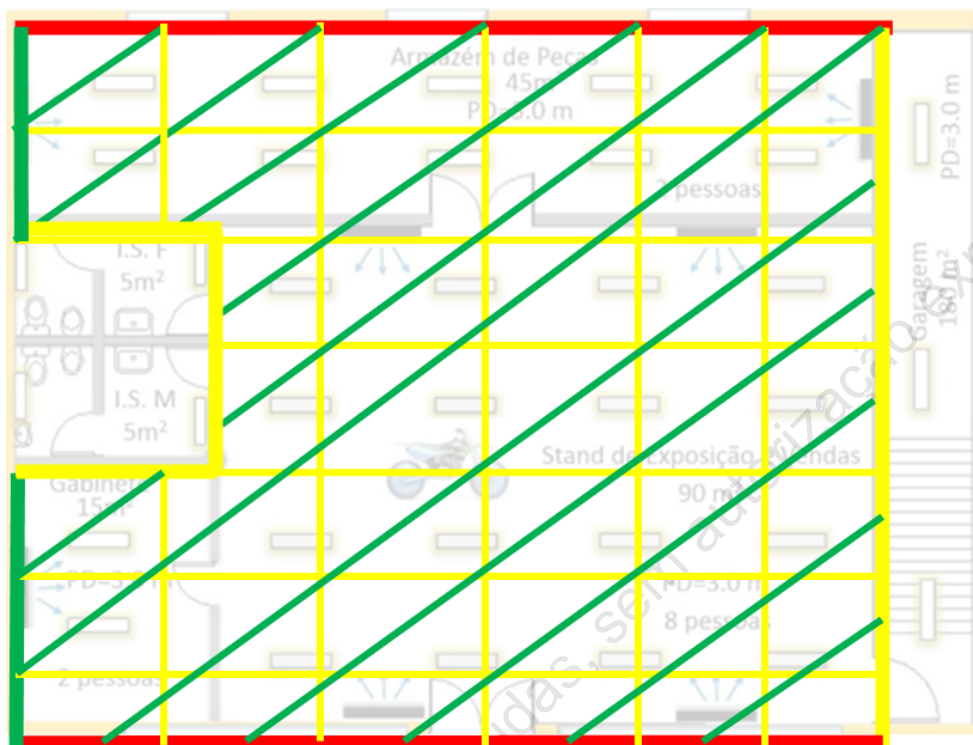
□ c)



□ d)



□ e)



Questão 15

Resolução:

Tratando-se de um edifício existente, sem informação sobre as áreas em contacto com espaços interiores úteis e exteriores, e do estado das ligações e aberturas dos espaços não úteis, foi utilizado a regra de simplificação prevista no ponto 6.3.1. do Manual SCE, em que foi considerado um valor b_{ztu} igual a 0,8. Assim, todos os espaços caracterizados por um b_{ztu} terá um b_{ztu} igual a 0,8 resultando numa marcação amarela, de acordo com a Tabela 17 do Manual SCE.

Tabela 17 – Cores para marcação da envolvente

Código de cores (RGB)	Condição fronteira
 Vermelho (255,0,0)	Exterior
 Amarelo (255,255,0)	Interior com $b_{ztu} > 0,7$
 Azul (0,0,255)	Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$
 Verde (0,255,0)	Sem trocas térmicas
 Ciano (0,255,255)	Solo

A fração encontra-se sob um apartamento de tipologia T4, pelo que a marcação da cobertura será verde, com uma trama oblíqua. A garagem, tratando-se de um espaço interior não útil sob a fração, é caracterizada por uma trama quadriculada amarela, excluindo assim as opções a) e b).

As paredes a norte e a sul separam a fração do exterior, pelo que são marcadas com uma condição de fronteira vermelha.

A envolvente térmica separa os espaços interiores úteis do exterior, dos espaços não úteis, do solo, dos edifícios adjacentes e de frações vizinhas, pelo que, a garagem não deverá ser incluída na marcação da envolvente, excluindo assim as opções a) e c).

As instalações sanitárias, apesar de não ser um espaço climatizado, continua a ser um espaço interior útil, pelo que é incluída na envolvente térmica, excluindo assim as opções b) e e).

Assim, a opção correta é a alínea **d)**.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 16

Enunciado: O autor de um projeto de climatização de um pequeno edifício de serviços seleccionou uma rooftop com as seguintes características:

- Potência nominal de aquecimento = 25 kW
- Potência nominal de arrefecimento = 22 kW
- Potência eléctrica nominal de aquecimento = 10 kW
- Potência eléctrica nominal de arrefecimento = 10 kW

Selecione a opção que considera correta:

- ☐ a) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar o mesmo sistema que o edifício previsto, sem a componente renovável;
- ☐ b) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar o mesmo sistema que o edifício previsto, com a componente renovável;
- ☐ c) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar o sistema por defeito;
- ☐ d) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar uma rooftop com permuta exterior a ar COP de 3,20;
- ☐ e) Para o edifício de referência, o PQ deverá considerar uma bomba de calor do tipo chiller com um COP de 3,00;

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 16

Resolução:

Para os edifícios de comércio e serviços, os sistemas a considerar no edifício de referência são extraídos da Tabela 105 do Manual SCE:

Tabela 105 – Eficiência de referência dos sistemas para edifícios de comércio e serviços

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
Aquecimento	Sistema que recorre a queima de combustível	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89
	Solar térmico	Sistema de apoio do edifício previsto
		Sistema por defeito, quando no edifício previsto o sistema de apoio é um sistema de queima de combustível renovável ou na ausência de sistema de apoio
	Bomba de calor	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Outros sistemas	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Sistema por defeito	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00

Para uma rooftop, o sistema a considerar no edifício de comércio e serviços de referência é uma **bomba de calor com permuta exterior a ar com eficiência igual a 3,00**.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 17

Enunciado: Pretende-se emitir um certificado energético (CE) de um edifício novo da tipologia escola. O edifício tem uma área total de 7 000 m². Considere que o projeto de arquitetura deu entrada na entidade licenciadora em março de 2022.

O edifício é climatizado com um sistema centralizado que consiste numa bomba de calor (COP = 2,8) e ventiloconvetores instalados nos diferentes espaços do edifício. Não existe ventilação mecânica no edifício.

Existe ainda um sistema de coletores solares térmicos com uma fração solar de 70 %.

O consumo de água quente sanitária (AQS) é satisfeito parcialmente pelo sistema de coletores solares térmicos, com apoio de uma resistência elétrica instalada num depósito de acumulação.

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 classe energética deste edifício (arredonde o resultado à unidade e considere um erro máximo de $\pm 2\%$)

- ☐ a) A;
- ☐ b) B;
- ☐ c) B-;
- ☐ d) C;
- ☐ e) Outra classe;

Questão 17

Resolução:

Leitura do Excel.

	Vetor	%	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{el} /kWh _{el}]	Energia Primária [kWh _{el} /ano]	Tipo de consumo	Renovável?	F _{CO2} [kg _{CO2} /kWh _{el}]	Emissões de CO ₂ [kg _{CO2} /ano]
Aquecimento	Elettricidade	100%	8 000	2,8	2857	2,5	7 143	S		0,144	1029
	Gás Natural							S		0,202	0
	Gás Propano							S		0,170	0
	Gasóleo							S		0,267	0
	Aerotermia				5143	1	5 143	S	R		0
	Biomassa							S	R		0
Arrefecimento	Elettricidade	100%	4 500	2,90	1552	2,5	3 879	S		0,144	559
	Gás Natural		0			1	0	S		0,202	0
	Gás Propano					1	0	S		0,170	0
	Gasóleo					1	0	S		0,267	0
	Aerotermia				0	1	0	S	R		0
	Biomassa					1	0	S	R		0

Climatização	- Considerar as características dos sistemas, conforme Capítulo 10; - Considerar o perfil horário em funcionamento contínuo sempre que os espaços estão ocupados;
	Na ausência de sistemas de climatização para aquecimento ou arrefecimento, considerar o sistema por defeito (<i>chiller</i> bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar com COP de 3,0 e EER de 2,9, sem contabilizar a componente renovável aerotérmica).

AQS	Elettricidade	30%	825	1	825	2,5	2 063	S		0,144	297
	Gás Natural					1	0	S		0,202	0
	Gás Propano					1	0	S		0,170	0
	Gasóleo					1	0	S		0,267	0
	Aerotermia					1	0	S			0
	Biomassa					1	0	S	R		0
Iluminação Interior - S	Solar Térmico	70%	1 925	1	1 925	1	1 925	S	R		0
	Elettricidade				7500	2,5	18 750	S		0,144	2700
Iluminação Interior - T	Elettricidade					2,5	0	T		0,144	0
Iluminação Exterior	Elettricidade				1500	2,5	3 750	T		0,144	540
Outros Equipamentos	Elettricidade				4000	2,5	10 000	T		0,144	1440
	Gás Natural					1	0	T		0,202	0
	Gás Propano					1	0	T		0,170	0
Bombas AVAC & AQS	Elettricidade				850	2,5	2 125	S		0,144	306
Outras Bombas	Elettricidade					2,5	0	T		0,144	0
Ventiladores AVAC	Elettricidade	0%			0	2,5	0	S		0,144	0
Outros Ventiladores	Elettricidade				0	2,5	0	T		0,144	0
Ascensores	Elettricidade					2,5	0	T		0,144	0
Solar Fotovoltaico	Elettricidade					2,5	0		R	0,144	0

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 humificação e desumificação	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

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	41028
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750
Renovável [kWh _{EP} /ano]	7068

= +SOMA.SE(I27:I58;"S";H27:H58)

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna I for S (consumo tipo S) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna H”

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	41028
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750
Renovável [kWh _{EP} /ano]	7068

= +SOMA.SE(I27:I58;"T";H27:H58)

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna I for T (consumo tipo T) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna H”

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	41028
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750
Renovável [kWh _{EP} /ano]	7068

= +SOMA.SE(J27:J58;"R";H27:H58)

“Para os consumos identificados como renováveis (R na coluna J), adicionar a Energia primária associada, apresentada na coluna H”

Emissões de CO₂ [ton_{CO2}/ano]

6,87

$$= +SOMA(L27:L56)/1000 \\ - L58/1000$$

“Somar as emissões de CO₂ de cada energia consumida, subtraindo as emissões de CO₂ evitadas pelas consumidas diretamente de fontes renováveis”

O subcapítulo 16.3.1 do Manual SCE descreve o indicador de eficiência energética previsto, definida pela Equação 148:

16.3.1 INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PREVISTO (IEE_{pr})

O indicador de eficiência energética previsto (IEE_{pr}) traduz a totalidade dos consumos anuais de energia primária no edifício por unidade de área, com base na sua localização, nas características da sua envolvente, na eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização previstos, e é determinado conforme a equação seguinte.

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 148)$$

Em que:

IEE_{pr} – Indicador de eficiência energética previsto [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$];

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

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

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

IEE_{pr,S}

O indicador de eficiência energética previsto do tipo S ($IEE_{pr,S}$) representa os consumos de energia primária regulados e é determinado pela equação seguinte.

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 149)$$

Em que:

$E_{S,i}$ – Consumo de energia dos usos do tipo S, indicados na Tabela 100, por fonte de energia i [kWh/ano];

A_{tot} – Área total de pavimento [m^2];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia i , incluindo renovável [kWh_{EP}/kWh].

Tipo S [kWh_{EP}/ano]

IEE_{pr,S} [kWh_{EP}/(m²·ano)]

5,86

$$IEE_{pr,S} = \frac{41028}{7000} = 5,86 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr,T}

O indicador de eficiência energética previsto do tipo T ($IEE_{pr,T}$) representa os consumos de energia primária não regulados e é determinado pela equação seguinte.

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 150)$$

Em que:

$E_{T,i}$ – Consumo de energia dos usos do tipo T, indicados na Tabela 100, por fonte de energia i [kWh/ano];

Tipo T [kWh_{EP}/ano]

IEE_{pr,T} [kWh_{EP}/(m²·ano)]

1,96

$$IEE_{pr,T} = \frac{13750}{7000} = 1,96 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr,ren}

O cálculo da energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício (E_{ren}) deve ser efetuado de acordo com o previsto na subsecção 16.1.5, com as devidas adaptações.

$$IEE_{pr,ren} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (Eq. 151)$$

Em que:

$E_{ren,i}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, por fonte de energia i , obtida de acordo com a subsecção 16.1.5 com as devidas adaptações [kWh/ano];

Renovável [kWh_{EP}/ano]

IEE _{pr,ren} [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	1,01
--	------

$$IEE_{pr,ren} = \frac{7068}{7000} = 1,01 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE_{pr}

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} + IEE_{pr,ren} = 5,86 + 1,96 - 1,01 = 6,82 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE _{pr} [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	6,82
--	------

IEE_{ref}

Leitura do Excel (Comparação).

Aquecimento

Previsto

	Vetor	%	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{EP} /kWh _{UF}]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Tipo de consumo	Renovável?	F _{CO2} [kgCO ₂ /kWh _{EP}]	Emissões de CO ₂ [kgCO ₂ /ano]
Aquecimento	Eletricidade	100%	8 000	2,8	2857	2,5	7 143	S		0,144	1029
	Gás Natural							S		0,202	0
	Gás Propano							S		0,170	0
	Gasóleo							S		0,267	0
	Aeroterminia				5143	1	5 143	S	R		0
	Biomassa							S	R		0

Referência

	Vetor	%	Energia útil [kWh/ano]	Eficiência	Energia Final [kWh/ano]	FPU [kWh _{EP} /kWh _{UF}]	Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Tipo de consumo	F _{CO2} [kgCO ₂ /kW h _{EP}]	Emissões de CO ₂ [kgCO ₂ /ano]
Aquecimento	Eletricidade	100%	7 100	3	2 367	2,5	5 917	S	0,144	852
	Gás Natural	0%	0			0	0	S	0,202	0
	Gás Propano	0%	0			0	0	S	0,170	0
	Gasóleo	0%	0			0	0	S	0,267	0
										0
	Biomassa	0%					0	S		0

A bomba de calor de compressão com COP = 2,8 é substituída por um chiller de compressão com eficiência igual a 3,0 (Tabela 105 do Manual SCE). A componente renovável (aeroterminia) não é considerada no edifício de referência.

Tabela 105 – Eficiência de referência dos sistemas para edifícios de comércio e serviços

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
Aquecimento	Sistema que recorre a queima de combustível	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89
	Solar térmico	Sistema de apoio do edifício previsto
		Sistema por defeito, quando no edifício previsto o sistema de apoio é um sistema de queima de combustível renovável ou na ausência de sistema de apoio
	Bomba de calor	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Outros sistemas	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00
	Sistema por defeito	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 3,00

Arrefecimento

Previsto

Arrefecimento	Eletricidade	100%	4 500	2,90	1552	2,5	3 879	S		0,144	559
	Gás Natural		0			1	0	S		0,202	0
	Gás Propano					1	0	S		0,170	0
	Gasóleo					1	0	S		0,267	0
	Aerotermia				0	1	0	S	R		0
	Biomassa					1	0	S	R		0

Referência

Arrefecimento	Eletricidade	100%	4 950	2,9	1 707	2,5	4 267	S		0,144	614
	Eletricidade	0%	0			2,5	0	S		0,202	0
	Eletricidade	0%	0			2,5	0	S		0,170	0
	Eletricidade	0%	0			2,5	0	S		0,267	0
											0
	Eletricidade	0%	0			2,5	0	S			0

Como não existe um sistema previsto para arrefecimento, é utilizado o sistema por defeito para o edifício previsto e para o edifício de referência.

Arrefecimento	Cogeração ou trigeriação	Cogeração ou trigeriação
	Outros sistemas	Chiller com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,90
	Sistema por defeito	Chiller com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,90

AQS

Previsto

AQS	Eletricidade	30%	825	1	825	2,5	2 063	S		0,144	297
	Gás Natural					1	0	S		0,202	0
	Gás Propano					1	0	S		0,170	0
	Gasóleo					1	0	S		0,267	0
	Aerotermia					1	0	S			0
	Biomassa					1	0	S	R		0
	Solar Térmico	70%	1 925	1	1 925	1	1 925	S	R		0

Referência

AQS	Eletricidade	30%	825	89%	927	1	927	S		0,144	133
	Gás Natural	0%	0			1	0	S		0,202	0
	Gás Propano	0%	0			1	0	S		0,170	0
	Gasóleo	0%	0			1	0	S		0,267	0
											0
	Biomassa	0%					0	S			0
	Necessidades Sol	70%	1 925	100%	1 925	2,5	4 813	S			0

As necessidades satisfeitas pelo sistema solar térmico serão satisfeitas pelo sistema de apoio do edifício previsto (resistência elétrica com eficiência igual a 100%) (Tabela 105 do Manual SCE). As restantes necessidades para preparação de AQS serão satisfeitas pelo sistema de referência do sistema de apoio (Outros sistemas, com eficiência igual a 89%).

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
AQS e AQP	Sistema que recorre a queima de combustível	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89
		Sistema de apoio do edifício previsto
	Solar térmico	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89, quando no edifício previsto o sistema de apoio no edifício previsto é um sistema de queima de combustível renovável
		Termoacumulador elétrico com E_{DEE} igual a 0,95, na ausência de sistema de apoio no edifício previsto
	Bomba de calor	Bomba de calor com permuta exterior a ar com E_{DEE} igual a 2,80
	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Termoacumulador elétrico	Termoacumulador elétrico com E_{DEE} igual a 0,95
	Outros sistemas	Sistema que recorre a queima de combustível não renovável sólido, líquido ou gasoso com E_{DEE} igual a 0,89

Resultados

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	29048
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750

Tipo S [kWh _{EP} /ano]	29048
Tipo T [kWh _{EP} /ano]	13750

= +SOMA.SE(V27:V58;"S";U27:U58)

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna V for S (consumo tipo S) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna U”

= +SOMA.SE(V27:V58;"S";U27:U58)

“Se, na gama de linhas apresentada, a célula na coluna V for T (consumo tipo T) adicionar o seu contributo de energia primária, apresentada na coluna U”

IEE _{ref,S} [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	4,15
IEE _{ref,T} [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	1,96

$$IEE_{ref,S} = \frac{29048}{7000} = 4,15 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

$$IEE_{ref,T} = \frac{13750}{7000} = 1,96 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

IEE _{ref} [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	6,11
---	------

$$IEE_{ref} = 4,15 + 1,96 = 6,11 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

RIEE

O capítulo 17.2 do Manual SCE descreve o rácio de classe energética, definida pela Equação 164 e Tabela 109:

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

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	$R_{IEE} > 2,50$

RIEE	1,17	C
------	------	---

Com base nos resultados obtidos:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} = \frac{5,86 - 1,01}{4,15} = 1,17$$

Enquadrando-se na classe **C** (opção **d**).

Questão 18

Enunciado: Num projeto de um pequeno edifício de serviços localizado no concelho de Braga, a uma altitude de 450 m, está previsto um valor para o coeficiente global de transmissão de calor para uma parede da envolvente exterior (parede "A") de 0,48 W/(m².°C) e para uma parede da envolvente interior (parede "B") de 1,9 W/(m².°C).

A parede da envolvente interior faz a separação de espaços não climatizados com diferentes valores de bztu, sendo alguns superiores a 0,7 e outros inferiores.

Considerando que a data de licenciamento deste projeto é de março de 2022 e relativamente ao cumprimento dos requisitos da qualidade térmica da envolvente, escolha a resposta correta:

- ☐ a) A parede "A" cumpre os requisitos e a parede "B" não está sujeita a qualquer obrigatoriedade;
- ☐ b) As paredes "A" e "B" não cumprem, ambas, os requisitos;
- ☐ c) A parede "A" cumpre os requisitos e a parede "B" não cumpre com os requisitos;
- ☐ d) A parede "A" não está sujeita a qualquer obrigatoriedade e a parede "B" cumpre com os requisitos;
- ☐ e) Ambas as paredes não estão sujeitas a cumprir qualquer requisito da qualidade térmica da envolvente.

Questão 18

Resolução:

O concelho de Braga, de acordo com o Anexo II do Manual SCE, fica localizado no NUTS III **Cávado**.

Concelho	NUTS III
Ansião	Pinhal Interior Norte
Arcos de Valdevez	Minho-Lima
Arganil	Pinhal Interior Norte
Armamar	Douro
Arouca	Entre Douro e Vouga
Arraiolos	Alentejo Central
Arronches	Alto Alentejo
Arruda dos Vinhos	Oeste
Aveiro	Baixo Vouga
Avis	Alto Alentejo
Azambuja	Lezíria do Tejo
Baião	Tâmega
Barcelos	Cávado
Barrancos	Baixo Alentejo
Barreiro	Península de Setúbal
Batalha	Pinhal Litoral
Beja	Baixo Alentejo
Belmonte	Cova da Beira
Benavente	Lezíria do Tejo
Bombarral	Oeste
Borba	Alentejo Central
Boticas	Alto Trás-os-Montes
Braga	Cávado
Bragança	Alto Trás-os-Montes

De acordo com a Tabela 9 do Manual SCE, os parâmetros climáticos para um edifício localizado em Cávado a uma altitude de 450 m são:

- $Z_{ref} = 171$ m;
- $GD_{REF} = 1491$ °C;
- $\alpha(GD) = 1300$ °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_{sul} kWh/ (m ² .mês)
		M_{REF} meses	α mês/km	GD_{REF} °C	α °C/km	$\theta_{ext,i,REF}$ °C	α °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
Algarve	145	4,8	0	987	1 800	11,3	-6	155
Alto Alentejo	246	5,3	2	1 221	1 200	9,6	-3	145
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2 015	1 400	5,5	-4	125
Ave	426	7,2	0	1 653	1 500	7,8	-6	125
Baixo Alentejo	178	5,0	0	1 068	1 000	10,7	-2	155
Baixo Mondego	67	6,3	0	1 304	1 000	9,7	-5	140
Baixo Vouga	50	6,3	2	1 337	1 100	9,5	-5	140
Beira Interior Norte	717	7,5	0	1 924	1 000	6,3	-3	135
Beira Interior Sul	328	5,4	1	1 274	1 800	9,1	-6	140
Cávado	171	6,8	1	1 491	1 300	9,0	-6	125

O que resulta num número de graus-dias na estação de aquecimento de:

$$GD = GD_{ref} + \alpha(z - z_{ref}) = 1491 + 1300 \times (0,45 - 0,171) = 1854 \text{ °C}$$

Assim, o edifício enquadra-se na zona climática I3.

Para um edifício localizado na zona climática I3, a Tabela 4 da Portaria 138-I/2021 estabelece, para paredes exteriores ou interiores com b_{ztu} superior a 0,7, um valor **U máximo de 0,5 W/(m².°C)**.

Tabela 4 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de comércio e serviços, $U_{\text{máx}}$ [W/(m².°C)]

Portugal Continental e Regiões Autónomas			Zona Climática		
Tipo de elemento		Condição fronteira	I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente	Verticais	Exterior ou interior com $b_{ztu} > 0,7$	0,70	0,60	0,50
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{ztu} > 0,7$	0,50	0,45	0,40
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{ztu} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{ztu} > 0,7$	1,25	1,00	0,90

Assim, a parede “A” cumpre com o requisito do coeficiente de transmissão térmica superficial, mas as paredes “B” em contacto com espaços caracterizados por um b_{ztu} superior a 0,7 encontram-se em incumprimento deste requisito.

A opção correta é opção **c)** “A parede “A” cumpre os requisitos e a parede “B” não cumpre com os requisitos”

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa.

Questão 19

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 19

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	$Q_{ext,min}$ [m³/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	$= 125 \times 7 = 875$	$= 10 \times 30 = 300$	875
<i>I.S femininas (teatro)</i>	I.S. Pública – Funcionamento intensivo	$= 125 \times 6 = 750$	$= 10 \times 35 = 350$	750
<i>I.S masculinas (escritórios)</i>	I.S. Pública – Funcionamento normal	$= 90 \times 3 = 270$	$= 10 \times 15 = 150$	270
<i>I.S femininas (escritórios)</i>	I.S. Pública – Funcionamento normal	$= 90 \times 2 = 180$	$= 10 \times 20 = 200$	200
<i>Total</i>				2095

O sistema de extração deve apresentar um caudal de extração igual ou superior a 2095 m³/h.

Questão 20

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 de condensação 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 ($R_{enC\&S}$).

Questão 20

Resolução:

O indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços é definido de acordo com a Equação 161 do Manual SCE:

$$Ren_{C\&S} = \frac{IEE_{pr,ren}}{\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{AQS,k} \cdot Q_{AQS}/A_{tot}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j}} \quad (Eq. 161)$$

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:

$$IEE_{pr,ren} = \frac{\frac{4500}{0,86} \times 1 + (0,9 \times 9000) \left(1 - \frac{1}{6,6}\right) \times 1 + 6500 \left(1 - \frac{1}{3,3}\right) \times 1 + 7500 \times 2,5}{410}$$

$$IEE_{pr,ren} = \frac{5232,56 + 6885 + 4550 + 18750}{410} = 86,38 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

O edifício dispõe dos seguintes consumos para a preparação de AQS:

- Bomba de calor (componente elétrica)
- Bomba de calor (componente aerotérmica)

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 21

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 21

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:

$$IEE_{fóssil,S} = \frac{\frac{(0,9 \times 9000)}{6,6} \times 2,5 + \frac{6500}{0,84} \times 1 + (4100 + 1450) \times 2,5}{410}$$

$$IEE_{fóssil,S} = \frac{3068,18 + 7738,1 + 13875}{410} = 60,2 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

Questão 22

Enunciado:

Considere um vão envidraçado, o qual integra a fachada orientada a Sudoeste de um GES novo, localizado no Porto a uma altitude de 74m.

Considere que o vidro, instalado a meio da caixilharia, é duplo colorido na massa (8mm) + lâmina de ar de 12mm + incolor (6mm). A proteção solar é interior do tipo persiana de cor cinzento-claro. O ângulo de sombreamento provocado neste envidraçado por palas horizontais é o seguinte: $\theta = 30^\circ$

A área total da fachada na orientação sudoeste é de 450 m² e a área de envidraçados na mesma orientação é de 280 m².

Verifique o cumprimento do requisito do fator solar para o vão envidraçado descrito.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 22

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 duplo colorido na massa (8mm) + incolor é de 0,45.

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

Pelo que, para o vão envidraçado descrito:

- Vidro colorido na massa 8 mm + incolor ($g_{\perp,vi} = \mathbf{0,45}$);
- Persiana interior (cinzento-claro - **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 $g_{L,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{L,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
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.

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 20:

Vidro duplo

$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc_i}}{0,75} \quad (\text{Eq. 20})$$

Em que:

g_{tot} – Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados;

$g_{\perp,vi}$ – Fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado;

g_{tot,vc_i} – Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar i totalmente ativado, obtido através da Tabela 48.

Em que $g_{tot,vc}$ resulta do fator solar do vão envidraçado com vidro corrente extraído da Tabela 48 do Manual SCE. Assim:

$$g_{tot} = 0,45 \times \frac{0,55}{0,75} = 0,33$$

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 30% da área da fachada, o valor do requisito é afetado conforme o previsto na alínea j) do mesmo ponto.

j) Nos GES em que $A_{env,fac}$ seja superior a 30 % da A_{fac} , os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares em espaços interiores úteis devem verificar a seguinte condição:

$$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{tot,m\acute{a}x} \cdot \frac{0,30}{\left(\frac{A_{env,fac}}{A_{fac}}\right)} \quad (3)$$

em que:

$A_{env,fac}$ — Soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares dos espaços interiores úteis por orientação, incluindo a horizontal [m²];
 A_{fac} — Soma das áreas da envolvente, vertical ou horizontal, com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares dos espaços interiores úteis por orientação [m²].

Em que $A_{env,fac}$ é a soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares por orientação, ou seja:

$$g_{tot} F_o F_f \leq 0,56 \times \frac{0,30}{\frac{280}{450}}$$

$$g_{tot} F_o F_f \leq 0,27$$

O vão envidraçado encontra-se sombreado por uma pala horizontal com um ângulo de 30°, pelo que:

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

$$g_{tot} F_o F_f = 0,33 \times 0,68 \times 1 = 0,22$$

Verificando assim que o vão envidraçado **cumpre** com o requisito de fator solar máximo admissível.

Questão 23

Enunciado:

Considere o projeto de uma piscina municipal em Miranda do Couvo. O espaço terá uma área de 300 m^2 e um pé-direito de 7 m.

A piscina é constituída por um tanque de natação desportivo com dimensões de 17 metros por 10 metros.

A ocupação máxima prevista é de 30 ocupantes.

Indique o caudal de ar novo a considerar no edifício de referência.

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa

Questão 23

Resolução:

A Tabela 102 do Manual SCE define as regras a considerar no edifício de referência. De acordo com esta tabela, o caudal mínimo de ar novo por espaço, a considerar no cálculo do IEE_{ref} , deve ser determinado pelo método prescritivo, considerando a utilização de um sistema de ventilação mecânico, com uma eficácia da remoção de poluentes (ε_p) de 0,8.

Tabela 102 – Condições a respeitar nos métodos de cálculo para determinação do IEE_{ref}

Elemento	Condições a respeitar na referência
Ventilação	• Considerar os valores de caudal de ar novo por espaço determinados pelo método prescritivo, conforme alínea a) da subsecção 9.2.2.1, afetados de uma eficácia da remoção de poluentes igual a 0,8; • Para os ventiladores associados à ventilação de espaços interiores úteis (insuflação e extração) com uma potência igual ou superior a 750 W no edifício previsto, considerar uma potência determinada através do produto entre o caudal de ar do edifício previsto e uma potência específica (SFP) de 1250 W/(m³/s); • Em espaços com a existência predominante (mais de 75%) de materiais de baixa emissão poluente, considerar o caudal de ar novo correspondente à situação do edifício sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos; • Em espaços com requisitos de ventilação mínima obrigatória por razões de saúde ou segurança, considerar um valor de caudal igual ao utilizado no edifício previsto; • Considerar a ausência de sistemas de arrefecimento gratuito, de recuperação de calor, de caudal de ar variável ou outras soluções de eficiência energética na ventilação.

O método prescritivo encontra-se abordado no subcapítulo 9.2.2.1. do Manual SCE.

Da Tabela 69 do Manual SCE, o caudal de ar novo por ocupante, para uma piscina (pavilhões desportivos e similares) é de 98 m³/h.

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

Tipo de espaço	Tipo de atividade	Caudal de ar novo [m³/(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 oficinais, 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

Assim, o caudal de ar novo para o edifício de referência corresponde à ocupação prevista a multiplicar por 98, afetado por uma eficácia de remoção de poluentes de 0,8.

$$Q_{AN,ref} = n \times Q_{AN,M_{met}} = 30 \times 98 = 2940 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{ANF,ref} = \frac{Q_{AN,ref}}{\varepsilon_v} = \frac{2940}{0,8} = 3675 \text{ m}^3/\text{h}$$

Atualizações

- Adição das questões 19-21 (Janeiro 2023)
- Adição das questões 22-23 (Fevereiro 2023)
- Atualização das questões com base no Despacho n.º 12935-B/2023 (Janeiro 2024)

Reprodução e distribuição proibidas, sem autorização expressa