

1.- SISTEMAS DE CONDUÇÃO DE ÁGUA. TUBAGENS.....	2
2.- SISTEMAS DE PISO RADIANTE.....	3
2.1.- Bases de cálculo.....	3
2.1.1.- Cálculo da carga térmica dos compartimentos.....	3
2.1.2.- Localização dos colectores.....	4
2.1.3.- Definição de circuitos. Cálculo de comprimentos.....	4
2.1.4.- Cálculo da temperatura de impulsão da água.....	5
2.1.5.- Cálculo do caudal de água dos circuitos.....	6
2.2.- Dimensionamento.....	6
2.2.1.- Dimensionamento do circuito hidráulico.....	6
2.2.2.- Selecção da caldeira ou bomba de calor.....	7
ANEXO A: NORMA EN 1264.....	9



1.- SISTEMAS DE CONDUÇÃO DE ÁGUA. TUBAGENS

Tubagens (Aquecimento)								
Início	Tramo		Φ	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP ₁ (kPa)	ΔP (kPa)
	Final	Tipo						
A10-Rés-do-chão	A10-Rés-do-chão	Impulsão (*)	32 mm	0.28	0.5	0.79	0.115	89.97
A10-Rés-do-chão	N2-Rés-do-chão	Impulsão (*)	32 mm	0.28	0.5	0.04	0.006	25.21
A11-Rés-do-chão	A11-Rés-do-chão	Impulsão (*)	32 mm	0.28	0.5	0.12	0.018	24.54
A11-Rés-do-chão	N1-Rés-do-chão	Impulsão (*)	32 mm	0.28	0.5	0.17	0.026	24.57
N1-Rés-do-chão	A2-Rés-do-chão	Impulsão (*)	32 mm	0.28	0.5	0.82	0.121	24.69
A2-Rés-do-chão	N2-Rés-do-chão	Impulsão (*)	32 mm	0.28	0.5	3.53	0.519	25.21
A10-Rés-do-chão	A10-Rés-do-chão	Retorno (*)	32 mm	0.28	0.5	0.79	0.115	0.86
A11-Rés-do-chão	A11-Rés-do-chão	Retorno (*)	32 mm	0.28	0.5	0.50	0.074	0.07
A1-Rés-do-chão	A2-Rés-do-chão	Retorno (*)	32 mm	0.28	0.5	0.82	0.121	0.22
A1-Rés-do-chão	A11-Rés-do-chão	Retorno (*)	32 mm	0.28	0.5	0.17	0.025	0.10
A2-Rés-do-chão	A10-Rés-do-chão	Retorno (*)	32 mm	0.28	0.5	0.05	0.007	0.75
A2-Rés-do-chão	N2-Rés-do-chão	Retorno (*)	32 mm	0.28	0.5	3.53	0.519	0.74
*) Tramo que forma parte do traçado mais desfavorável.								
Abreviaturas utilizadas								
V P Q L	Diâmetro nominal	L	Comprimento					
	Caudal	ΔP ₁	Perda de pressão					
	Velocidade	ΔP	Perda de pressão acumulada					



2.- SISTEMAS DE PISO RADIANTE

2.1.- Bases de cálculo

2.1.1.- Cálculo da carga térmica dos compartimentos

Para definir uma instalação de piso radiante é necessário calcular previamente as cargas térmicas dos compartimentos. No caso de dispor uma instalação de arrefecimento, considera-se a carga térmica sensível instantânea para a hora e o dia mais desfavorável.

Uma vez calculadas as cargas térmicas descreve-se a informação necessária para realizar a definição da instalação para cada conjunto de compartimentos:

Conjunto de compartimentos	Compartimento	Planta	$Q_{N,f \text{ aquecimento}}$ (W)	S (m ²)	q aquecimento (W/m ²)
Casa	Quarto_2	Rés-do-chão	1102.77	15.70	70.2
	Quarto_1	Rés-do-chão	850.54	16.37	51.9
	Sala	Rés-do-chão	1520.87	23.60	64.5
	Cozinha	Rés-do-chão	953.49	9.88	96.5
	I.S_1	Rés-do-chão	805.51	6.97	115.6
	Hall	Rés-do-chão	1279.72	17.52	73.0
Abreviaturas utilizadas					
$Q_{N,f \text{ aquecimento}}$	Carga térmica de aquecimento para o cálculo de piso radiante		q aquecimento	Densidade de fluxo térmico para aquecimento	
$Q_{N,f \text{ arrefecimento}}$	Carga térmica de arrefecimento para o cálculo de piso radiante		q arrefecimento	Densidade de fluxo térmico para arrefecimento	
	Superfície do compartimento				

Para realizar o cálculo da instalação de piso radiante deve-se partir de uma temperatura máxima da superfície do pavimento segundo o tipo de instalação:

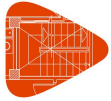
Piso radiante para aquecimento:

Tipos de compartimentos	$\theta_{f,max}$ (°C)	θ_i (°C)	q_G (W/m ²)
Zona de permanência (ocupada)	29	20	100
Casas de banho e similares	33	24	100
Zona periférica	35	20	175
Abreviaturas utilizadas			
$\theta_{f,max}$	Temperatura máxima da superfície do pavimento		q_G Densidade de fluxo térmico limite
θ_i	Temperatura do compartimento		

Piso radiante para arrefecimento:

Tipos de compartimentos	$\theta_{f,min}$ (°C)	θ_i (°C)	q_G (W/m ²)
Zona de permanência (ocupada)	19	24	35
Abreviaturas utilizadas			
$\theta_{f,min}$	Temperatura mínima da superfície do pavimento		q_G Densidade de fluxo térmico limite
θ_i	Temperatura do compartimento		

A densidade de fluxo térmico limite segundo seja para aquecimento ou arrefecimento calcula-se através da seguinte expressão:



Aquecimento

$$q = 8.92(\theta_{f,max} - \theta_i)^{1,1} (W / m^2)$$

Arrefecimento

$$q = 7(|\theta_{f,min} - \theta_i|)(W / m^2)$$

A temperatura máxima na superfície limita que o piso radiante possa garantir o total das cargas térmicas. Para este caso é necessário dispor de emissores térmicos auxiliares para complementar o sistema de piso radiante. Para o caso dos compartimentos que superam a densidade máxima de fluxo térmico considera-se o limite descrito como valor de cálculo.

2.1.2.- Localização dos colectores

A instalação dispõe de colectores de impulsão e de retorno que comunicam o equipamento produtor com circuitos de piso radiante.

Os colectores devem dispor-se num lugar centrado relativamente aos compartimentos que servem, normalmente em corredores e halls.

Descrevem-se seguidamente a localização dos armários introduzidos no projecto e o número de circuitos que abastecem.

Conjunto de compartimentos	Armário de colectores	Circuito	Compartimento	Planta
Casa	CC 1	C 1	Quarto_2	Rés-do-chão
		C 2	Quarto_1	Rés-do-chão
		C 3	Sala	Rés-do-chão
		C 4	Cozinha	Rés-do-chão
		C 5	I.S_1	Rés-do-chão
		C 6	Hall	Rés-do-chão

2.1.3.- Definição de circuitos. Cálculo de comprimentos

O comprimento da tubagem para cada circuito calcula-se através da seguinte expressão:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$

onde:

A = Área a climatizar coberta pelo circuito (m²)

e = Separação entre tubagens (m)

l = Distância entre o colector e a área a climatizar (m)

Descrevem-se, seguidamente, os parâmetros necessários para o dimensionamento de cada um dos circuitos da instalação:



Conjunto de compartimentos	Armário de colectores	Circuito	Traçado	Separação entre tubagens (cm)	S (m ²)	q aquecimento (W/m ²)	Comprimento máximo (m)	Comprimento real (m)
Casa	CC 1	C 1	Espiral	20.0	13.66	79.7	240.0	83.2
		C 2	Espiral	20.0	14.00	61.6		95.9
		C 3	Espiral	20.0	18.69	80.5		118.1
		C 4	Dupla serpentina	20.0	5.58	87.9		56.5
		C 5	Espiral	10.0	2.95	125.7		49.0
		C 6	Dupla serpentina	15.0	6.98	108.1		56.2
Abreviaturas utilizadas								
S	Superfície do compartimento			q arrefecimento	Densidade de fluxo térmico para arrefecimento			
q aquecimento	Densidade de fluxo térmico para aquecimento							

2.1.4.- Cálculo da temperatura de impulsão da água

Para calcular a temperatura de impulsão de cada um dos circuitos considera-se a densidade de fluxo térmico de cada um deles, com a excepção das casas de banho.

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H$$

onde:

q = Densidade de fluxo térmico

K_H = Constante que depende das seguintes variáveis:

- Pavimento (espessura do revestimento e condutibilidade)
- Paje (espessura e condutibilidade)
- Tubagem (diâmetro exterior, incluindo o revestimento, espessura e condutibilidade)
- $\Delta\theta_H$ = Desvio médio da temperatura ar-água, que depende das seguintes variáveis:

- temperatura de impulsão
- temperatura de retorno
- temperatura do compartimento

Para calcular a temperatura de impulsão a partir da máxima densidade de fluxo térmico, serão considerados os seguintes dados:

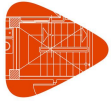
- Aquecimento: considera-se um salto térmico da água de 5°C.
- Arrefecimento: considera-se um salto térmico da água de 2°C. No caso de arrefecimento sempre existe a limitação do ponto de orvalho, sendo a temperatura de impulsão, incrementada num grau pelas perdas, não inferior à de orvalho.

No Anexo Norma EN 1264 descreve-se detalhadamente a formulação utilizada neste cálculo.

Para os restantes compartimentos deve-se utilizar a mesma formulação, sendo a temperatura de retorno de cada um dos circuitos o valor calculado.

Apresenta-se seguidamente um resumo dos resultados obtidos:

Conjunto de compartimentos	Armário de colectores	Circuito	θ_v aquecimento (°C)	θ_r aquecimento (°C)	P_{inst} aquecimento (W)	P_{req} aquecimento (W)
Casa	CC 1	C 1	40.9	33.1	1088.8	1102.8
		C 2		27.7	861.9	850.5
		C 3		33.4	1503.9	1520.9
		C 4		35.9	489.8	489.8
		C 5		37.9	370.8	479.5
		C 6		37.9	754.4	1134.7
Abreviaturas utilizadas						
θ_v aquecimento	Temperatura de impulsão aquecimento			θ_v arrefecimento	Temperatura de impulsão arrefecimento	
θ_r aquecimento	Temperatura de retorno aquecimento			θ_r arrefecimento	Temperatura de retorno arrefecimento	
P_{inst} aquecimento	Potência instalada de aquecimento			P_{inst} arrefecimento	Potência instalada de arrefecimento	
P_{req} aquecimento	Potência requerida de aquecimento			P_{req} arrefecimento	Potência requerida de arrefecimento	



2.1.5.- Cálculo do caudal de água dos circuitos

O caudal do circuito calcula-se com a seguinte expressão:

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_w} \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)$$

onde:

A_F = Superfície coberta pelo circuito de piso radiante

q = Densidade de fluxo térmico

σ = Salto de temperatura

c_w = Calor específico da água

R_o = Resistência térmica parcial ascendente do pavimento

R_u = Resistência térmica parcial descendente do pavimento

θ_u = Temperatura do compartimento inferior

θ_i = Temperatura do compartimento

Os valores das resistências térmicas, tanto ascendente como descendente, são calculadas através das seguintes expressões:

$$R_o = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda, B} + \frac{S_u}{\lambda_u}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0,093 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = R_{\lambda, 1} + R_{\lambda, 2} + R_{\lambda, 3} + R_{\alpha, 4}$$

$$R_{\alpha, 4} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

onde:

$R_{\lambda, B}$ = Resistência térmica do revestimento do pavimento

S_u = Espessura, por cima do tubo, da camada de suporte da carga e da difusão térmica

λ_u = Condutividade térmica da camada de suporte da carga e da difusão térmica

$R_{\lambda, 1}$ = Resistência térmica do isolante

$R_{\lambda, 2}$ = Resistência térmica da laje

$R_{\lambda, 3}$ = Resistência térmica do tecto falso

$R_{\alpha, 4}$ = Resistência térmica do tecto

2.2.- Dimensionamento

2.2.1.- Dimensionamento do circuito hidráulico

O dimensionamento das tubagens realiza-se considerando os seguintes parâmetros:

• Velocidade máxima = 2.0 m/s

Produzido por uma versão educativa de AutoCAD



• Perda de pressão máxima por metro = 400.0 Pa/m

Descreve-se seguidamente a instalação calculada:

Conjunto de compartimentos	Armário de colectores	Tipo	Circuito	\varnothing_N (mm)	Caudal aquecimento (l/h)	ΔP aquecimento (kPa)
Casa	CC 1	Tipo 1	C 1	16	162.03	20.9
			C 2	16	77.40	6.9
			C 3	16	231.14	54.8
			C 4	16	113.08	7.7
			C 5	16	139.67	9.6
			C 6	16	286.48	37.9

Abreviaturas utilizadas

\varnothing_N	<i>Diâmetro nominal</i>	Caudal arrefecimento	<i>Caudal do circuito arrefecimento</i>
Caudal aquecimento	<i>Caudal do circuito aquecimento</i>	ΔP arrefecimento	<i>Perda de pressão do circuito arrefecimento</i>
ΔP aquecimento	<i>Perda de pressão do circuito aquecimento</i>		

Equipamento	Descrição
Tipo 1	Colector modular plástico de 1" de diâmetro, modelo Vario Plus "UPONOR IBERIA", composto de 2 válvulas de passagem de 1", 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, válvula de enchimento, válvula de esvaziamento, caudalímetros, 2 tampões terminais e suportes

A bomba de circulação calcula-se tomando a perda de pressão do circuito mais desfavorável e a soma de caudais dos circuitos.

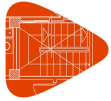
2.2.2.- Selecção da caldeira ou bomba de calor

A bomba de calor ou a caldeira seleccionam-se em função da carga máxima simultânea do conjunto de compartimentos.

Equipamento	Conjunto de compartimentos	Armário de colectores	Potência de aquecimento instalada (W)
Tipo 1	Casa	CC 1	5069.6

Equipamento	Descrição
Tipo 1	Bomba de calor não reversível, ar-água, potência calorífica nominal de 6,7 kW (temperatura húmida de entrada do ar: 6°C; temperatura de saída da água: 50°C, salto térmico: 5°C), com grupo hidráulico (vaso de expansão de 5 l, pressão nominal disponível de 209,7 kPa) e depósito de inércia de 30 l, caudal de água nominal de 1 m ³ /h, caudal de ar nominal de 2500 m ³ /h, pressão de ar nominal de 68,67 Pa e potência sonora de 78,4 dBA; com filtro, termomanómetros, válvula de segurança regulada a 4 bar e purgador automático de ar

ANEXO A: NORMA EN 1264



ANEXO A: NORMA EN 1264

O fluxo de calor procedente das tubagens calcula-se através da seguinte expressão:

$$q = B \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot \Delta\theta_H$$

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_U^{m_U} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta\theta_H$$

A expressão anterior é válida para uma separação máxima entre tubagens que cumpra $T < 0.375$ m.

A seguinte expressão é válida para uma separação mínima entre tubagens que cumpra $T > 0.375$ m.

$$q = q_{0.375} \frac{0.375}{T}$$

a_B: Factor de revestimento do pavimento

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}}$$

$\alpha = 10.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$\lambda_{u,0} = 1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

$S_{u,0} = 0.045 \text{ m}$

$R_{\lambda,B}$ = Resistência térmica do revestimento

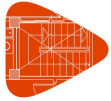
λ_E = Condutibilidade térmica do revestimento

a_T: Factor de passagem

$R_{\lambda,B}$ (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
a _T	1.23	1.188	1.156	1.134

a_U: Factor de recobrimento

$R_{\lambda,B}$ (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)	a _U			
0.05	1.069	1.056	1.043	1.037
0.075	1.066	1.053	1.041	1.035
0.1	1.063	1.05	1.039	1.0335
0.15	1.057	1.046	1.035	1.0305
0.2	1.051	1.041	1.0315	1.0275
0.225	1.048	1.038	1.0295	1.026
0.3	1.0395	1.031	1.024	1.021
0.375	1.03	1.022	1.018	1.015

**a_b: Factor adimensional em função do diâmetro exterior da tubagem**

R _{λ,B} (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)	a _b			
0.05	1.013	1.013	1.012	1.011
0.075	1.021	1.019	1.016	1.014
0.1	1.029	1.025	1.022	1.018
0.15	1.04	1.034	1.029	1.024
0.2	1.046	1.04	1.035	1.03
0.225	1.049	1.043	1.038	1.033
0.3	1.053	1.049	1.044	1.039
0.375	1.056	1.051	1.046	1.042

$$m_T = 1 - \frac{T}{0.075}$$

A expressão anterior é válida se se verifica a condição 0.050 m ≤ T ≤ 0.375 m, onde T é a separação entre tubagens.

$$m_u = 100(0.045 - S_u)$$

A expressão anterior é válida se se verifica a condição S_u ≥ 0.015 m, onde S_u é a espessura da camada por cima da tubagem.

$$m_D = 250(D - 0.020)$$

A expressão anterior é válida se se cumpre a condição 0.010 m ≤ D ≤ 0.030 m, onde D é o diâmetro exterior da tubagem, incluindo o revestimento, se for o caso.

$$B = B_0$$

Tipo de superfície	B ₀ (W/(m ² ·°C))
Piso radiante para aquecimento	6.7
Piso radiante para arrefecimento	5.2

Quando a tubagem tem as seguintes propriedades:

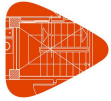
Condutibilidade térmica

$$\lambda R = \lambda R, 0 = 0.35 \quad (W / mK)$$

Espessura da camada

$$sR = sR, 0 = (d_a - d_i) / 2 = 0.002m$$

Se as tubagens não verificam as condições anteriores, deve utilizar-se a seguinte expressão:



$$\frac{1}{B} = \frac{1}{B_0} + \frac{1.1}{\pi} \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot T \cdot \left[\frac{1}{2\lambda_R} \ln \frac{d_a}{d_a - 2S_R} - \frac{1}{2\lambda_{R,0}} \ln \frac{d_a}{d_a - 2S_{R,0}} \right]$$

onde:

λ_R = Condutibilidade do revestimento da tubagem

$\lambda_{R,0}$ = 0.35 W/m·K

s_R = Espessura da parede da tubagem

$s_{R,0}$ = $(d_a - d_i)/2 = 0.002$ m

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

onde:

θ_R = Temperatura de retorno

θ_V = Temperatura de impulsão

θ_i = Temperatura do compartimento