The background image shows a modern office interior. On the left, there is a curved glass wall or partition. In the center and right, there are office desks with computers and chairs. Several indoor plants are visible, including a tall one on the left and some smaller ones on the desks. The floor is covered with a green, textured mat that has a grid-like pattern of small, raised circles. The overall lighting is bright and even.

# **COMO PROJECTAR E REALIZAR INSTALAÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO POR PAVIMENTO RADIANTE PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO**

*Cálculo, instalação e precauções necessárias, para a correcta  
execução de instalações radiantes a baixa temperatura*

## Sumário

Introdução .....	1
O pavimento radiante .....	3
Parâmetros de projecto .....	3
Placa isolante pré-formada .....	3
Faixa perimetral isolante .....	4
Distância entre tubos (passo) .....	4
Comprimento máximo do circuito .....	4
Distribuição dos circuitos .....	6
Temperatura da água .....	7
GRÁFICOS PRÁTICOS PARA DIMENSIONAR O PAVIMENTO RADIANTE .....	8
Juntas de dilatação .....	12
Conselhos para a construção do pavimento .....	13
Prova de pressão .....	14
Arranque da instalação .....	14
Considerações sobre o enchimento da instalação .....	14
ARREFECIMENTO COM PAVIMENTO RADIANTE .....	16
Resultados práticos do arrefecimento por pavimento radiante .....	17
Consumo de energia para arrefecimento .....	20
Regulação e aferição .....	20
Centralina Giacoklima .....	20
Regulação no Verão .....	22
Instalações mistas .....	23
Protecção do circulador contra sobrepressões .....	25
Esquema eléctrico de ligação do termostato K480 à electroválvula .....	26
Exemplos de instalação .....	27
Instalação de aquecimento por pavimento radiante em vivendas .....	29
Condições de cálculo .....	31
Equilibragem .....	32
Regulação .....	32
Regulação mediante válvula de zona R278 e motor R270A .....	33
IGREJAS E GRANDES SUPERFÍCIES .....	35

# Introdução

No início dos anos 90 a Giacomini desenvolveu a sua própria tecnologia de controlo de instalações por forma a garantir o aquecimento e arrefecimento com o máximo conforto. Estes são só alguns dos mais recentes componentes da Giacomini no sector dos pavimentos radiantes.

Colectores de distribuição complanares.



Colectores de distribuição compactos.



Grupo termostático para a regulação da temperatura ambiente.



Válvulas de regulação especiais, para aplicação nos colectores.



Colectores com retentores integrados, para a equilibragem dos circuitos.



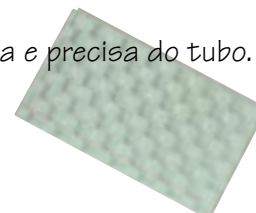
Grupo universal para caldeira e válvula misturadora de três e quatro vias.



Electroválvulas accionadas pelo termostato, para o controlo da temperatura ambiente.



Painéis pré-formados isolantes, para uma colocação rápida e precisa do tubo.



Tubagem em PE-X e Polibutileno



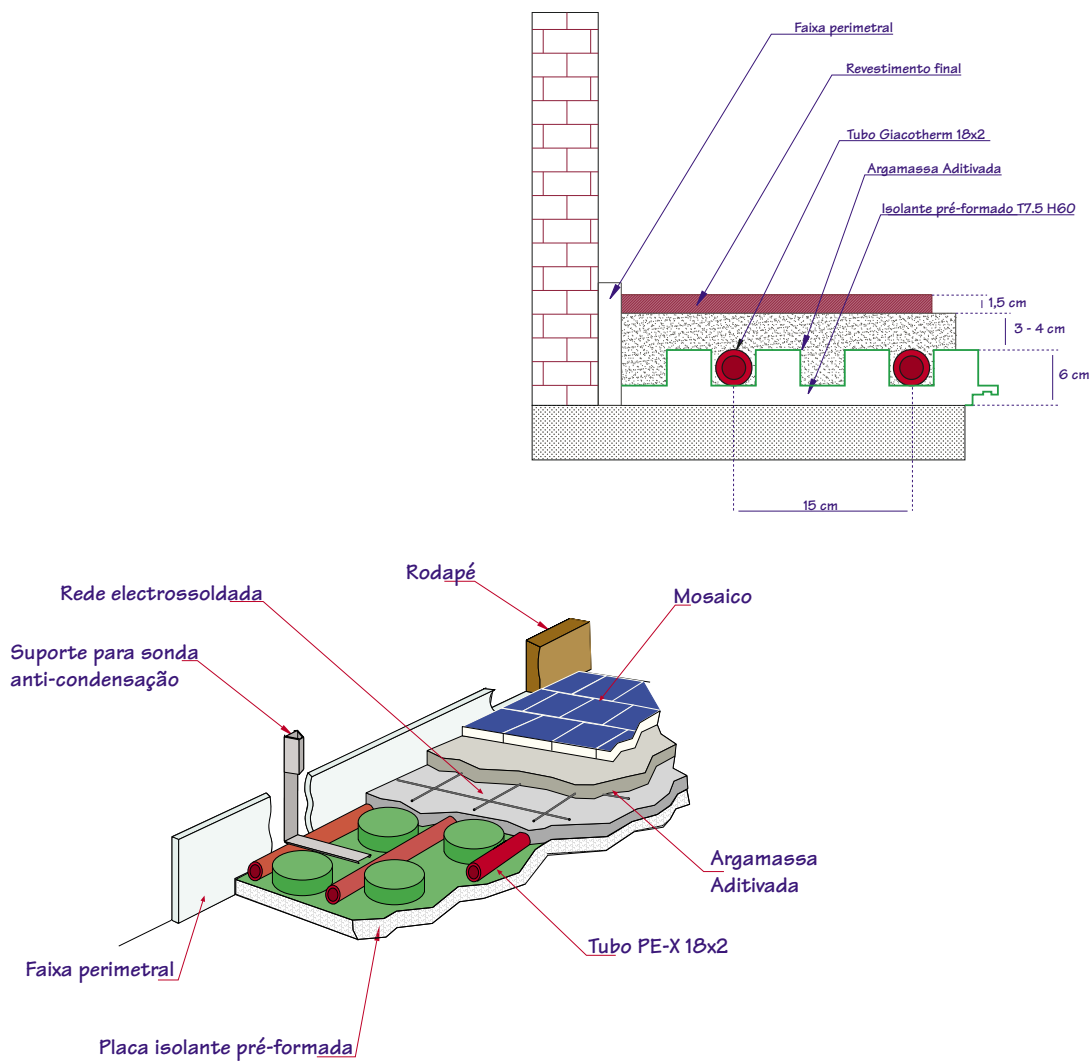


Fig.1 - Placa isolante pré-formada com saliências para uma fácil e rápida colocação do tubo.

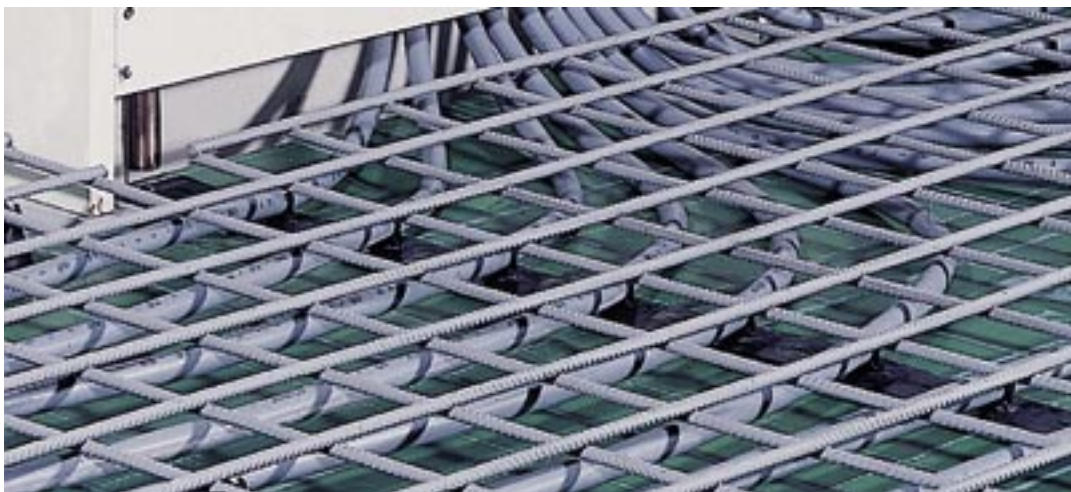


Fig. 2 - Pavimento reforçado com malha de aço.

# O PAVIMENTO RADIANTE

## Parâmetros de projecto

Os principais parâmetros de projecto actualmente são definidos a nível europeu pela norma EN1264. Em auxílio ao método de cálculo tradicional, a norma tem em conta valores práticos e teóricos experimentados ao longo dos anos, aos quais faremos referência, quando necessário, durante o desenrolar do projecto.

### Placa isolante pré-formada

O sistema de aquecimento por pavimento radiante requer a aplicação de uma placa isolante entre o pavimento e a argamassa. As suas funções são:

- Reduzir a inércia térmica do sistema, reduzindo a massa a aquecer;
- Evitar perdas de calor para ambientes não climatizados.

O isolante pode ser plano ou com saliências na parte superior, para facilitar a colocação do tubo. O plano utiliza-se principalmente em grandes superfícies, onde se colocam guias especiais com clips de fixação rápida do tubo, nas quais fica firmemente alojado.

Os edifícios de habitação e a maior parte dos de comércio, de reduzidas dimensões, requerem isolantes de densidade standard, enquanto que em áreas de grande extensão e de alta concentração de pessoas, como centros desportivos ou comerciais, são necessários isolantes de alta densidade. Para áreas industriais é aconselhável utilizar isolantes de densidade extra-alta e para suportar cargas elevadas é aconselhável colocar sobre a superfície uma rede de aço.

A Giacomini propõe três espessuras diferentes na sua gama, cuja referência de catálogo é R982:

- Tipo h30 de 30 mm de espessura;
- Tipo h45 de 45 mm de espessura;
- Tipo h60 de 60 mm de espessura.

A versão inferior, de 30 mm é especialmente adequada para ambientes cuja altura é limitada; é o caso da maioria das reconstruções de habitações. O tipo h60 é mais adequado para pavimentos confinantes com locais não aquecidos ou entre pisos, em locais onde se pretende melhorar as características térmicas ou acústicas.

Para a montagem das instalações eléctricas ou sanitárias, podem-se seguir duas alternativas:

- 1- Colocar as cablagens e as tubagens sobre o pavimento em grosso e tapar com argamassa. Por cima coloca-se o isolante, o tubo e a argamassa aditivada e finalmente o revestimento.
- 2- Para locais com problemas de altura pode-se deixar uma faixa com 30 a 40 cm de comprimento ao longo do perímetro de cada divisão, na qual não se colocam tubos de aquecimento. Nesta coloca-se os canais para cabos e a possível distribuição hidro-sanitária. Embora menos elegante do que a primeira, esta solução pode ser indispensável no caso de falta de altura útil, em todo o caso, torna-se muito económica.



## Faixa perimetral isolante

Antes da colocação da argamassa, deve-se colocar ao longo de toda a superfície vertical, paredes, colunas, bancadas etc., a faixa perimetral isolante, que deve cobrir desde a laje de suporte até à superfície do pavimento radiante terminado e permitir o movimento do pavimento.

A faixa perimetral deve ser fixada de tal modo que não permita a sua movimentação durante a colocação da argamassa. A parte superior da faixa que sobressai por cima do pavimento, não se deve cortar até completar a colocação do revestimento final (mosaico, parquet, etc.).

## Distância entre tubos (passo)

O passo ou distância entre tubos, pode variar em função da carga térmica. Desde valores baixos, (50 ou 75 mm, caso se tenha escolhido a placa isolante T50 ou T75) até um máximo de 300 mm em grandes áreas, como centros desportivos ou armazéns. Os cálculos especificam-se na norma EN1264. A complexidade do cálculo apresentado na norma não deve induzir em erro. Tratam-se de considerações que formam parte da física dos edifícios e que ao utilizador só interessam expressas em tabelas. Os cálculos efectuados para utilização só de aquecimento, não são válidos para aplicação de aquecimento e arrefecimento.

Efectivamente, em todos aqueles casos em que o pavimento radiante venha a ser utilizado também em arrefecimento, o cálculo do passo deve basear-se nesta última aplicação, tratando-se de condições em que a emissão específica do pavimento é mais limitada. Com o mesmo caudal (não substituindo o circulador) e com temperatura mínima de ida não inferior a 14°C, a emissão térmica situa-se em torno dos 40% relativamente à que existiria com o mesmo pavimento a funcionar em aquecimento. Para obter uma emissão no Verão de 35-40 W/m², no Inverno a correspondente deve situar-se entre 90 e 100 W/m².

## Comprimento máximo do circuito

Nenhum circuito deve superar o comprimento de 200m. O comprimento depende obviamente do caudal e do diâmetro do tubo. É aconselhável limitar os circuitos a um máximo de 120m. Indicando com Q o caudal em l/h e com Di o diâmetro interno do tubo em mm, a perda de carga pode ser calculada de diversas formas, uma das quais, como se segue:

$$\Delta p = L \times 191.4 \times \frac{G^2}{D_i^5}$$

Para um tubo de 18x2, ou seja com 14 mm de diâmetro interior, considerando uma perda de carga admitida para um circuito, de 2000 mm c.a. obtém-se o seguinte diagrama que relaciona o caudal e o comprimento em metros do circuito.

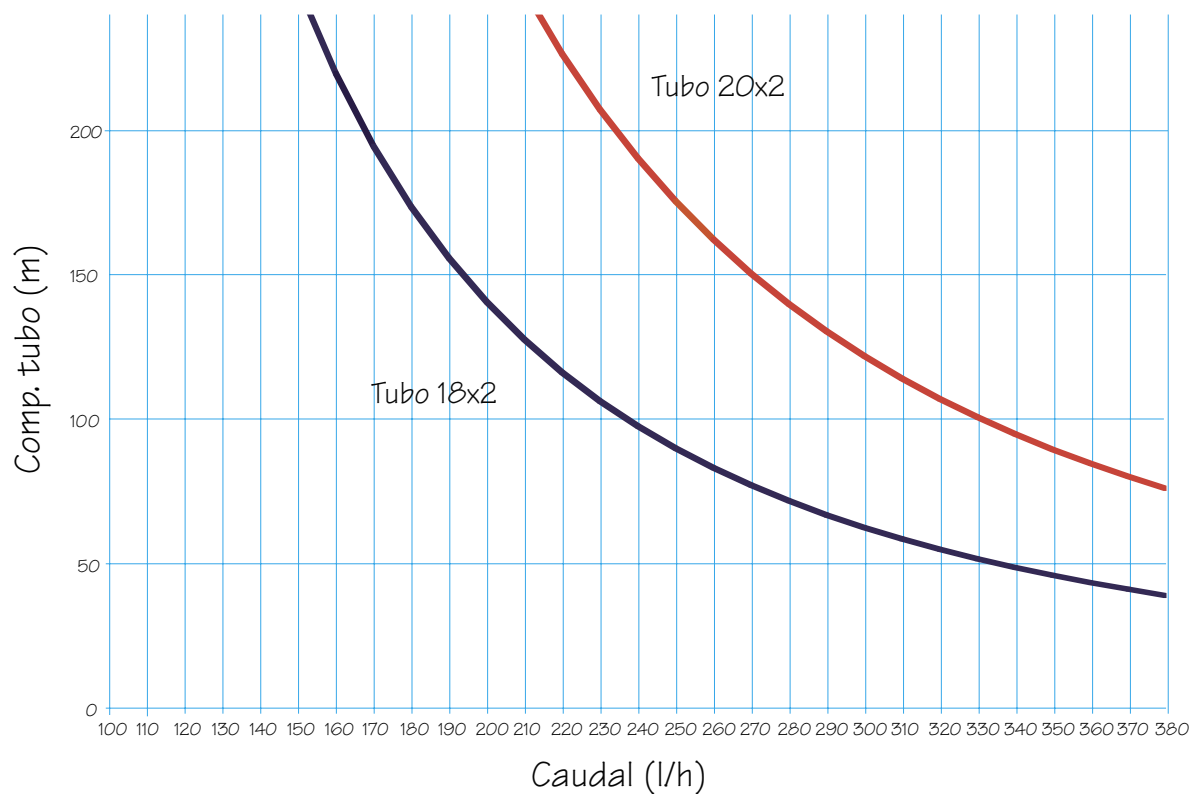


Fig.3 - Relação entre comprimento do tubo e o caudal para uma perda de carga de 20kPa (2000 mm c.a.)

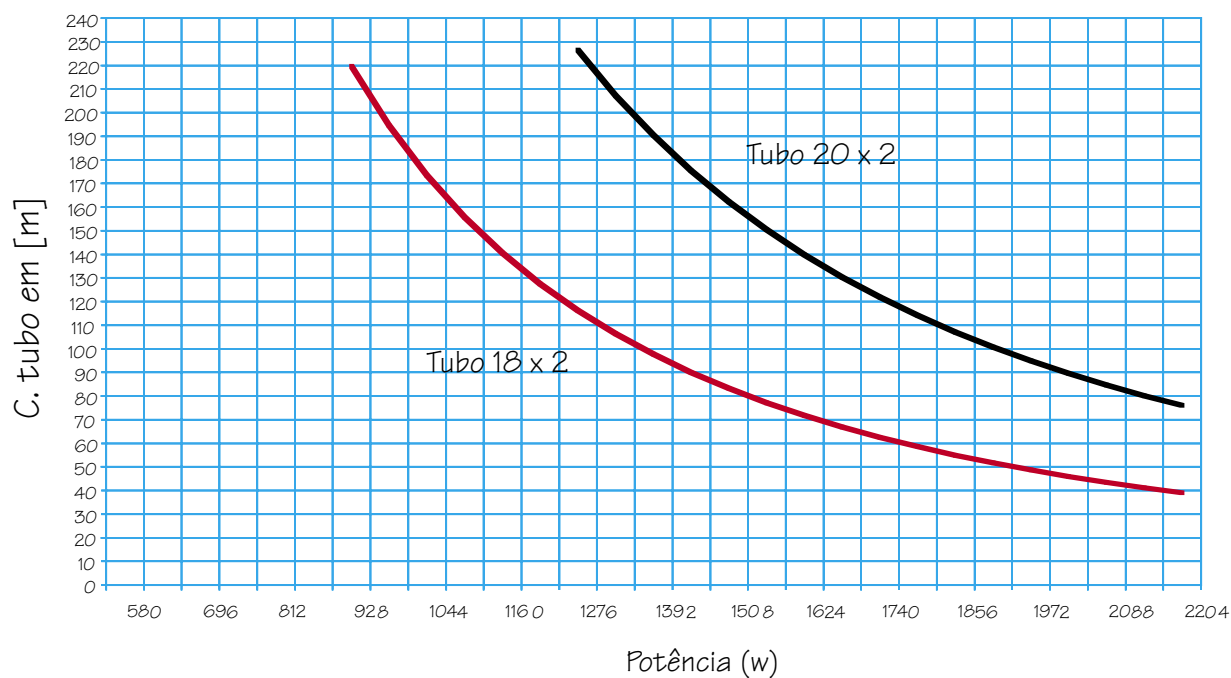


Fig.4 - Relação entre o comprimento do tubo e emissão do pavimento para uma perda de carga admitida no circuito de 20 kPa (2000 mm c.a.).

## Distribuição dos circuitos

A distribuição do tubo pode ser realizada de diferentes formas. A escolha da forma de pavimento radiante está relacionada com a tipologia do local a aquecer.

Para obter a distribuição de temperatura superficial o mais homogénea possível muitas vezes recorre-se ao sistema de retorno invertido.

Com este sistema obtém-se uma temperatura média superficial praticamente constante. Este método permite uma maior temperatura superficial e portanto uma emissão maior.

No caso de amplas superfícies envidraçadas é possível diminuir o passo dos tubos junto a estas, para aumentar a emissão térmica. Segundo a EN 1264-3, nas áreas periféricas ao longo das paredes externas envidraçadas, até uma largura máxima de 1 m, admite-se uma temperatura superficial mais alta (até um máximo de 35°C).

Neste caso é permitida uma diferença entre temperatura superficial e temperatura ambiente até 15°K, enquanto nas superfícies interiores a diferença entre a temperatura média superficial do pavimento e o ambiente não deve ser superior a 9°K.

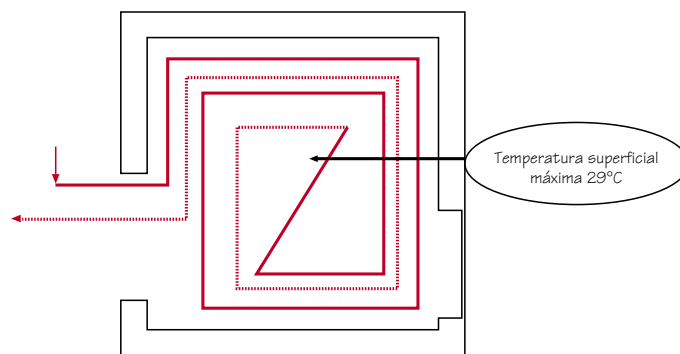


Fig.5- Tipo de distribuição mais frequente.

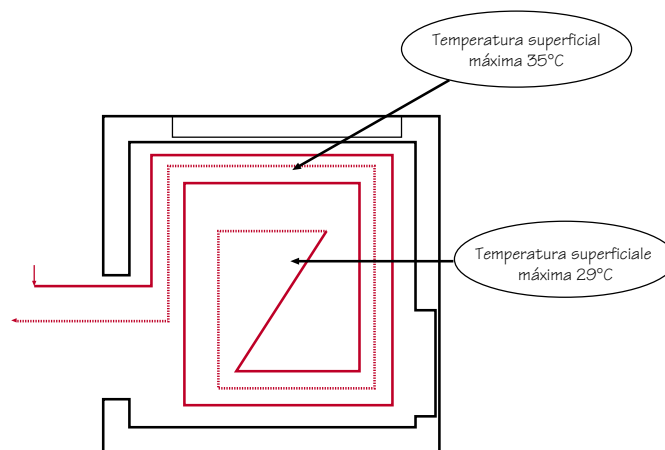


Fig.6- Tubos mais concentrados na proximidade da parede envidraçada.



## Temperatura da água

É importante que entre a ida e o retorno a variação de temperatura (DT) seja pequena. Portanto, quanto menor for a temperatura da água, maiores serão o conforto e a economia na gestão do sistema.

A temperatura da água variará segundo o tipo de pavimento. Deverá limitar-se a 45°C nos pavimentos normais e a 55°C naqueles que são particularmente isolantes (ex: parquet flutuante). A variação de temperatura entre a ida e o retorno indicado na norma EN 1264-3 com o símbolo  $s$ , deve estar entre 0 e 5°C, mas na prática é bastante comum um  $DT = 8^\circ\text{C}$ .

Em todo o caso, a temperatura máxima de ida dependerá da diferença de temperatura admitida entre o pavimento e o ambiente, que por exemplo num quarto de banho pode alcançar os 9°C (temperatura interna 24°C) (EN 1264-3).



# GRÁFICOS PRÁTICOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO RADIANTE

Os seguintes gráficos foram elaborados com base nas indicações da norma EN1264, substituindo os cálculos complexos nela contidos, por gráficos de fácil utilização.

Para o cálculo procede-se como se segue:

1. Determinar, mediante cálculo, as necessidades térmicas ( $q$ ) em  $W/m^2$ , sem ter em conta os fluxos de calor para baixo (os quais estão já contabilizados nos cálculos da difusão do calor).
2. Se é conhecida a temperatura de ida da água e a temperatura interior do local, determina-se o valor de  $\Delta T_h$ , num dos três gráficos apresentados nas páginas seguintes.
3. Mediante os gráficos que relacionam  $q$  ( $W/m^2$ ) a  $\Delta T_h$  (K), determina-se o passo necessário.
4. Caso seja conhecido o passo ( $T$ ), então determina-se através dos gráficos  $q = f(\Delta T_h)$  o valor de  $\Delta T_h$ , e deste deduz-se o valor requerido à temperatura de ida da água.

Recordamos que:

$$\Delta T_h = \frac{T_V - T_R}{\text{Ln} \left[ \frac{(T_V - T_a)}{(T_R - T_a)} \right]}$$

onde:

$T_V$ = Temperatura de ida [°C]

$T_R$ = Temperatura de retorno [°C]

$T_a$ = Temperatura ambiente [°C]

Ln= Logaritmo natural

Temperatura ambiente 18°C :

$\Delta T_h$  médio logarítmico em função da temperatura de ida da água

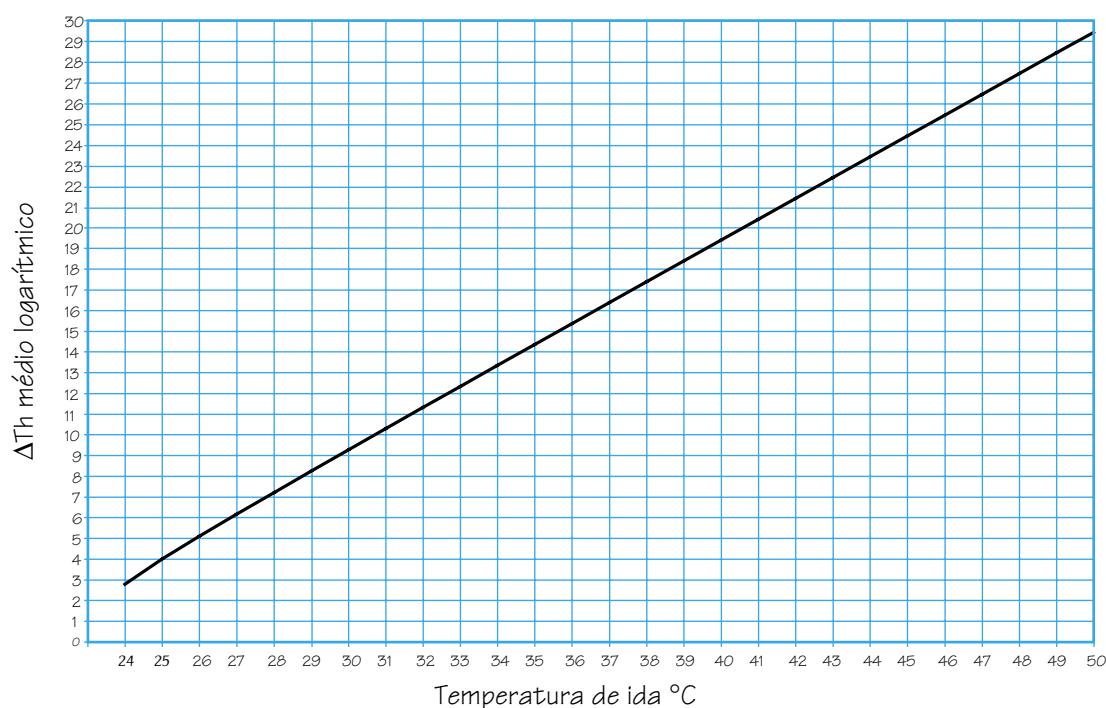


Fig. 7

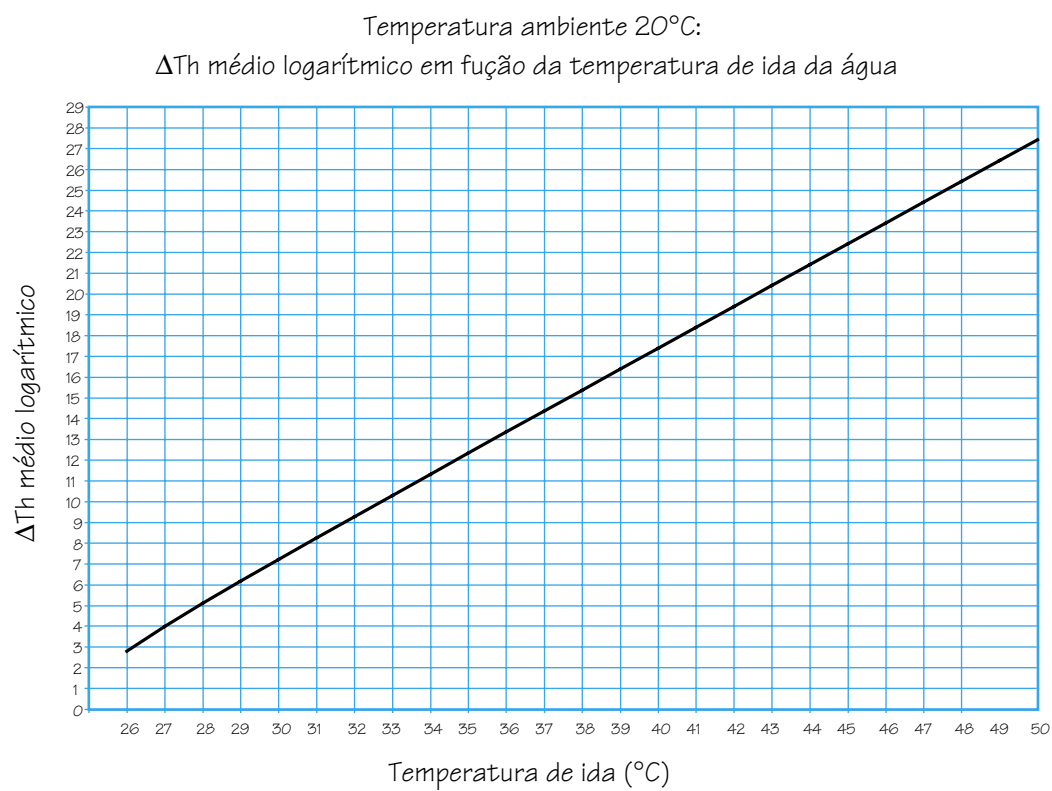


Fig. 8

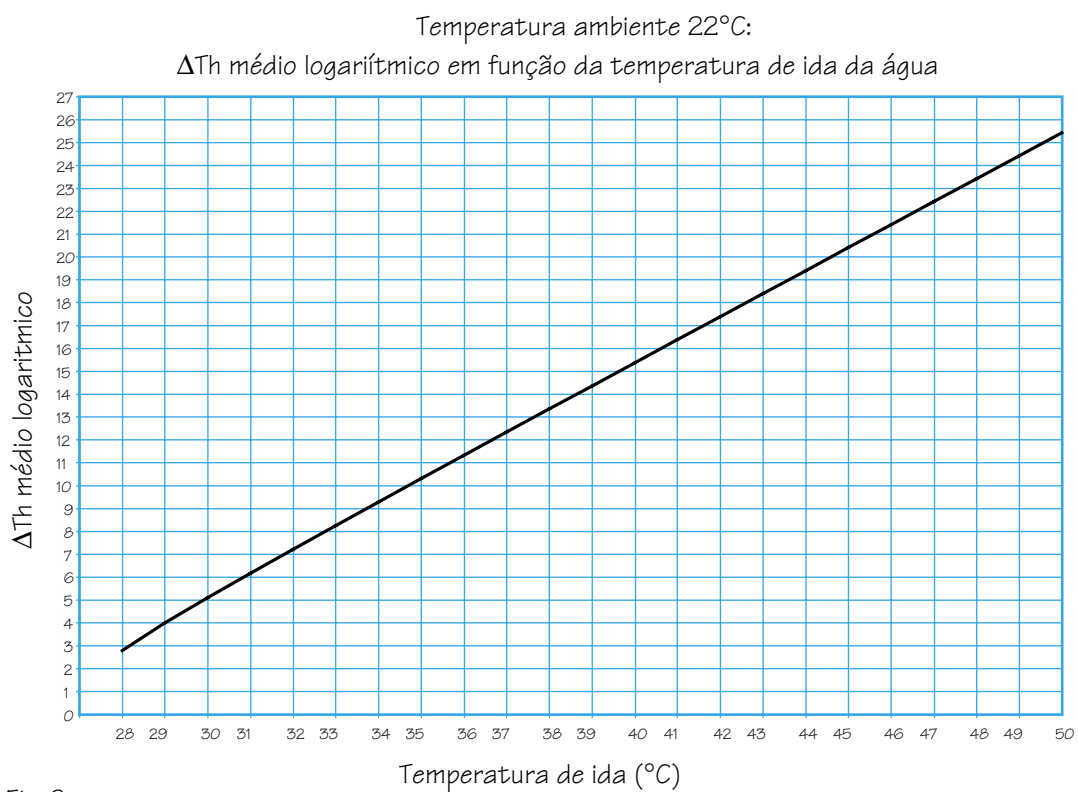


Fig. 9

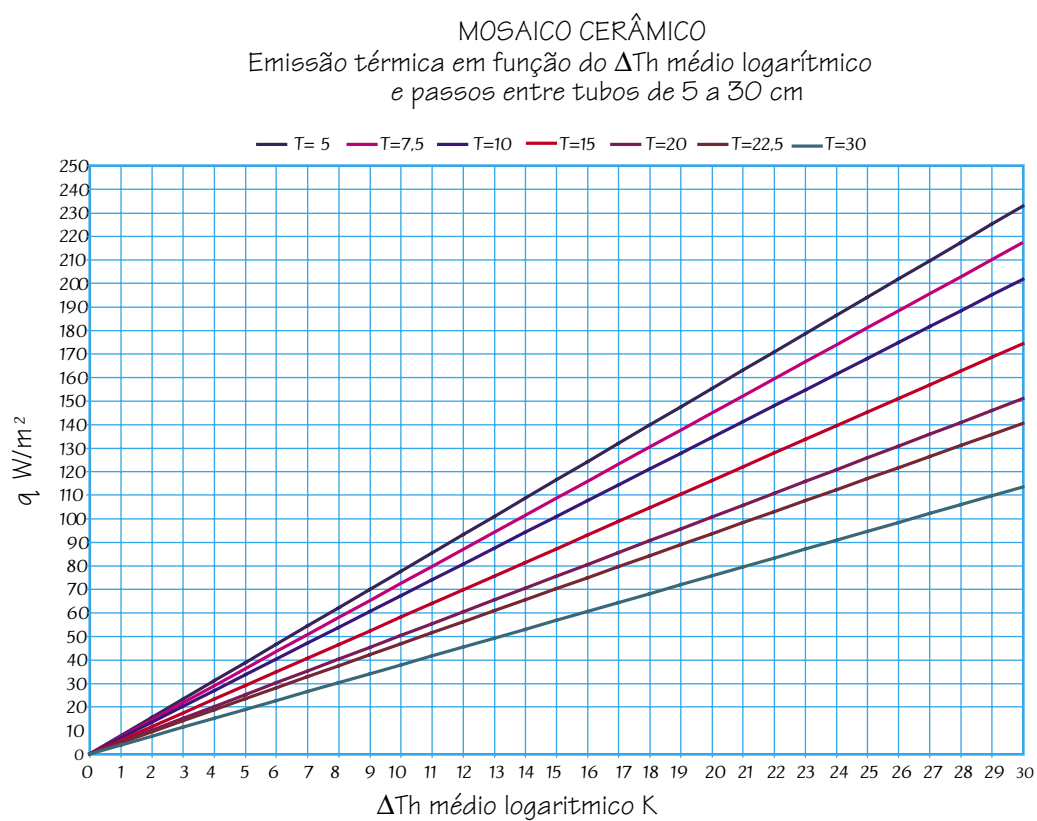


Fig.10

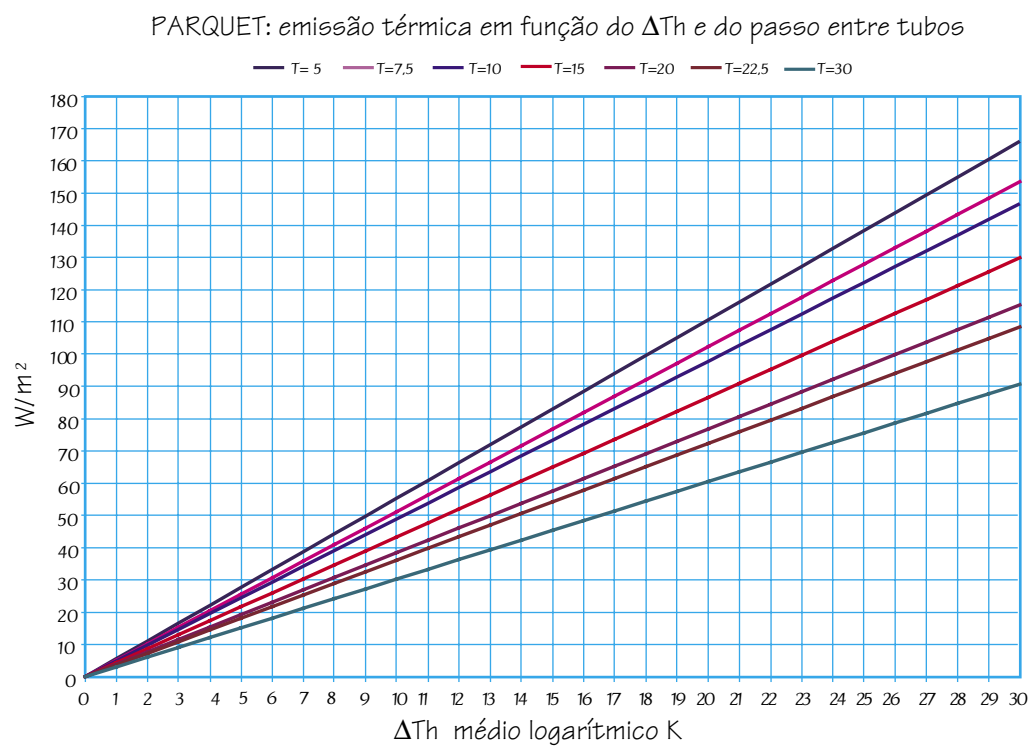
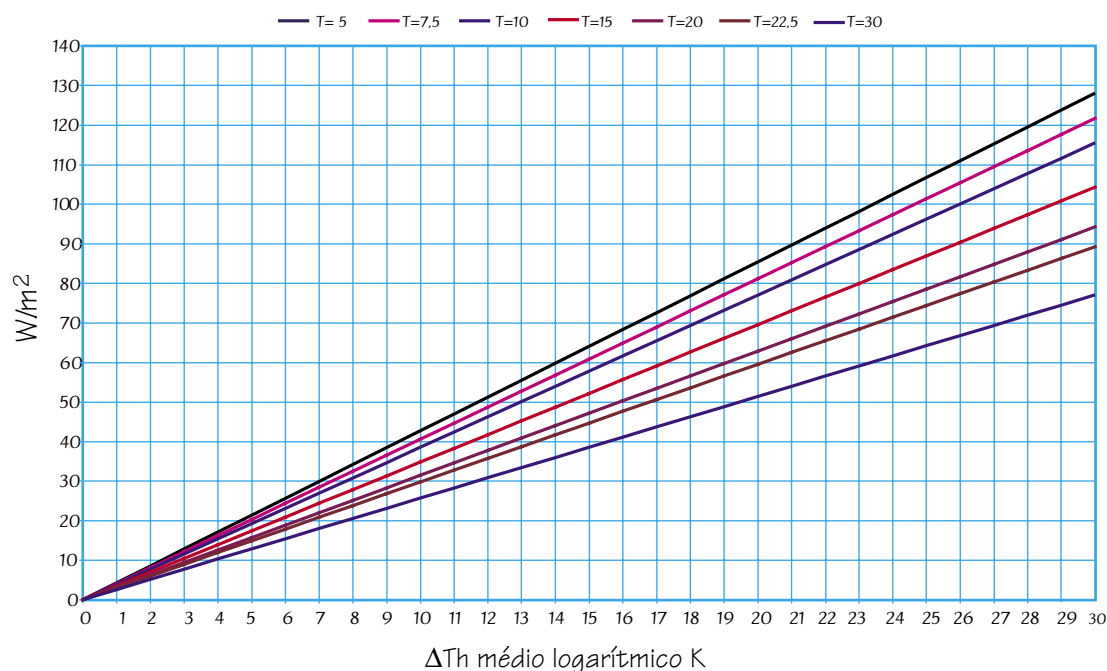
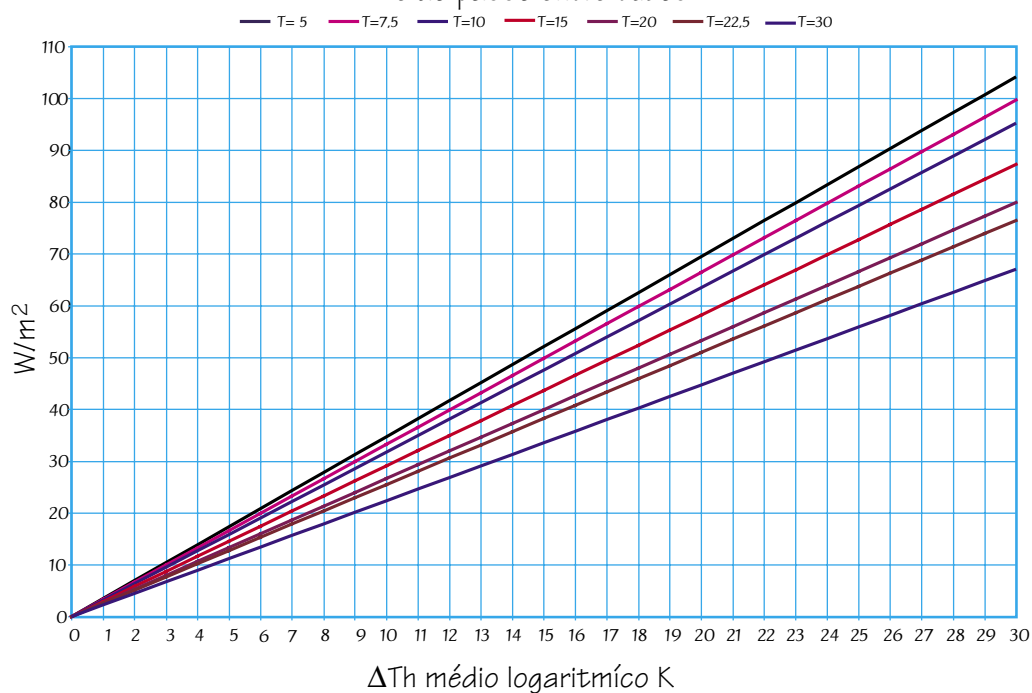


Fig. 11

ALCATIFA FINA: emissão térmica em função do  $\Delta T_h$  e do passo entre tubos



ALCATIFA GROSSA: emissão térmica em função do  $\Delta T_h$  e do passo entre tubos



Para o cálculo prático do passo e da emissão térmica, procede-se da seguinte forma:

- Estabelece-se qual deveria ser a temperatura máxima de ida da instalação, por exemplo  $45^\circ\text{C}$ , e consulta-se os diagramas da fig. 7, 8 ou 9, sendo a temperatura ambiente prevista para o local de  $18$ ,  $20$  ou  $22^\circ\text{C}$  respectivamente.
- Definida desta forma a temperatura média logarítmica  $\Delta T_h$ , vai-se ao diagrama de emissão térmica do pavimento, correspondente ao tipo de pavimento utilizado (cerâmica, parquet, alcatifa ligeira ou alcatifa pesada) para obter o passo entre tubos adequado às necessidades reais de calor  $q$  ( $W/m^2$ ) da habitação.

# Juntas de dilatação

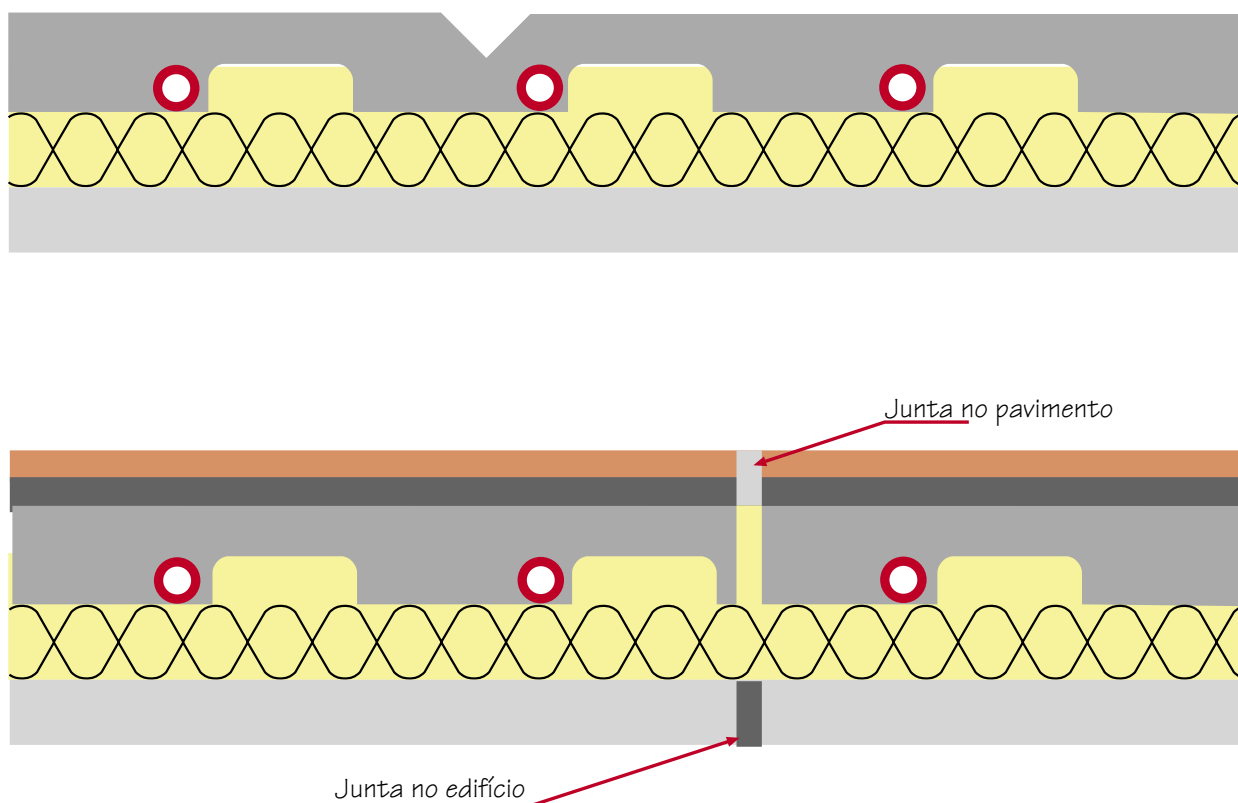
Os tubos geralmente distribuem-se de forma individual para cada ambiente. Para locais amplos recorre-se à subdivisão com juntas de dilatação. O EN 1264-4 estabelece que as juntas de dilatação sejam localizadas em correspondência com as do edifício. Além disso, a placa do pavimento deve estar separada das estruturas verticais, mediante uma faixa perimetral.

Na prática:

- As juntas de dilatação absorvem as variações dimensionais da placa;
- A faixa perimetral serve de compensação nas áreas periféricas da placa e reduz a transmissão acústica e térmica do pavimento às zonas confinantes, pelas chamadas pontes acústicas e pontes térmicas;
- As juntas aparentes são pontos pré-determinados para a interrupção da placa.

Para placas cujo acabamento posterior seja pedra ou cerâmica, as superfícies compreendidas entre as juntas de dilatação não devem ultrapassar os 40 m<sup>2</sup>, com um comprimento máximo de 8m. No caso dum local rectangular, as áreas incluídas dentro das juntas de dilatação podem ultrapassar estas dimensões, com a condição de que a relação entre os comprimentos não ultrapasse 2 a 1. Para cruzar as juntas de dilatação, os tubos devem manter-se num mesmo plano e estar protegidos mediante um tubo flexível, de pelo menos trinta centímetros de comprimento.

Devem também prever-se juntas de dilatação nos umbrais e portas. Dentro do possível, o início de uma junta de dilatação deveria situar-se nos pontos mais críticos, como pilares ou chaminés, ou em pontos onde se apresenta uma redução ou alargamento do passo.





# Conselhos práticos para a colocação da argassama

Durante a colocação da argamassa é importante evitar que sobre as placas isolantes se coloquem pesos excessivos. É importante dispor sobre o sistema, uma superfície plana e dura, como tábuas de madeira ou algo similar, para se mover sobre elas e evitar danos.

## Armadura de fundo

Se é previsível que sobre o pavimento existam cargas superiores ao equipamento doméstico normal, é aconselhável prever uma malha electrossoldada de 10cm. Para casos particulares com cargas pontuais elevadas, deve-se submeter ao critério de um técnico em cimento armado.

## Granulometria da areia

Não pode superar os 8mm e deve ser misturada com uma areia mais fina com intuito de evitar interstícios de ar. A quantidade de cimento está compreendida entre 275 e 350 Kg/m<sup>3</sup> de argamassa.

## Aditivos para o cimento

A Giacomini dispõe dum aditivo para o cimento (K376) que tem a função de fluidificar a argamassa, reduzindo a quantidade de água necessária e, portanto, reduzindo o tempo de secagem. As doses aconselhadas variam entre os 3 e 4 litros por m<sup>3</sup> de argamassa (1litro por cada 100Kg de cimento).

## Aditivos para a água da instalação

Independentemente da possível utilização de tubos com barreira anti-oxigénio, é sempre aconselhável juntar à água da instalação um aditivo anti-algas (K375), cuja função é evitar a formação de micro-algas dentro das redes de tubagem. A presença de oxigénio não pode ser evitada, nem mesmo utilizando tubo com barreira anti-oxigénio, pois este entra na rede por muitos pontos, entre os quais os purgadores, uniões, bombas, válvulas, etc. O perigo do oxigénio é duplo: produz corrosão sobre as partes em aço da instalação e facilita a formação de algas, especialmente na presença de polifosfatos que podem derivar do desprendimento dos passivantes dos componentes em aço. Portanto, a introdução do aditivo K375, anti-incrustante e anti-algas, na medida de 1litro para cada 200 litros de água da instalação, é importante para assegurar um maior tempo de vida à instalação.

## Organização do trabalho

A derivação dos colectores e das caixas de distribuição executa-se no momento da instalação da coluna montante, tendo presente que o tubo se colocará ao nível do isolante. Para iniciar os trabalhos de montagem dum pavimento radiante é necessário que já estejam terminados os seguintes trabalhos:

- Colocação dos caixilhos das janelas e portas exteriores;
- Colocação dos caixilhos das portas interiores;
- Os rebocos;
- Estejam terminadas as demais instalações técnicas.

No momento da colocação do pavimento radiante, só deve estar na zona de trabalho o instalador. Para se deslocar sobre o isolamento é aconselhável utilizar tábuas de madeira. A colocação da argamassa efectua-se imediatamente depois da colocação dos tubos, com a instalação à carga.

- Durante a colocação da argamassa a temperatura não deve ser inferior a 5°C. Tem que se manter a uma temperatura de cerca de pelo menos 5°C durante 3 dias (este tempo é maior para cimentos de presa lenta).
- É obvio que qualquer orifício que seja necessário no pavimento, tem que ser feito antes da montagem do sistema e nunca depois.
- Qualquer tubo vertical que deva atravessar a placa, terá que ser dentro de uma conduta de protecção. Nenhum outro tubo deverá atravessar os tubos do sistema de pavimento radiante.

## Prova de pressão

Antes da cobertura com a argamassa, os circuitos de aquecimento devem ser verificados para assegurar a sua estanquidade. Esta verificação efectua-se com água a pelo menos duas vezes a pressão de exercício prevista e nunca inferior a 6bar.

Caso estejam previstas condições de risco por congelamento, deve-se prever o uso de anti-congelante ou assegurar uma determinada temperatura interior por forma a proteger a instalação. A eventual remoção do anti-congelante, por ter terminado o risco de congelamento, tem que efectuar-se com pelo menos três lavagens da instalação (EN 1264-4).

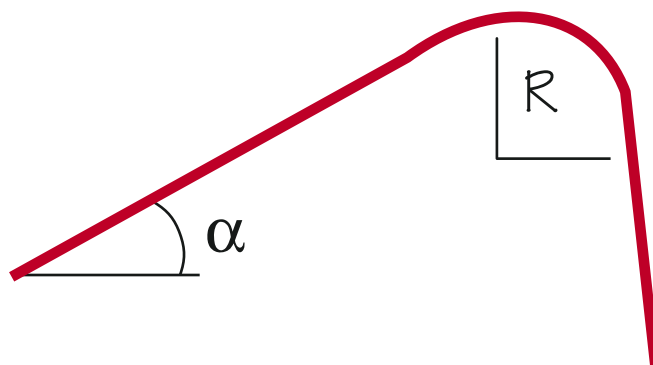
## Arranque da instalação

Esta operação só deve ser efectuada depois da completa maturação da argamassa. Aconselha-se a esperar 21 dias depois da colocação da argamassa (EN 1264) ou segundo as instruções do construtor. O primeiro aquecimento limitar-se-á a uma temperatura entre 20 e 25°C e deve manter-se pelo menos 3 dias. Depois aumenta-se até à temperatura de projecto e manter-se-á durante os 4 dias seguintes.

Relativamente à regulação mediante a centralina Giacoklima, ver o capítulo «Regulação e Controlo», seguindo escrupulosamente as instruções integradas nas embalagens.

## Considerações sobre o enchimento da instalação

O enchimento da instalação deve efectuar-se eliminando convenientemente o ar contido nos circuitos. Esta eliminação efectua-se quando a água alcança determinada velocidade capaz de empurrar o ar para o ponto mais alto. Mediante provas experimentais levadas a cabo tanto nos laboratórios da Giacomini como em laboratórios independentes, determinou-se que as velocidades necessárias para o arrastamento do ar dentro das tubagens trabalhando com um circuito tal como:



As provas desenrolaram-se com ângulos de 30° 45° 90°

Raio de curvatura  $R=120$  mm

Temperatura da água variável entre 20°C e 70°C

A evacuação completa do ar alcança-se com uma velocidade da água de 0,2 m/s, com arrastamento para baixo.

Com diâmetros maiores, a velocidade de arrastamento para baixo varia segundo:

Diâmetro interno do tubo [mm]	Velocidade crítica [m/s]	Caudal mínimo [l/h]
10 mm	0,2	57
12 mm	0,26	106
13 mm	0,3	143
14 mm	0,38	210
16 mm	0,40	289

Estes resultados levam a algumas considerações importantes. O ar que se acumula dentro dos circuitos com o decorrer do funcionamento da instalação será eliminado para o exterior, caso se cumpram as condições de superação da velocidade crítica. Tal velocidade depende essencialmente do diâmetro interior do tubo. Durante o enchimento da instalação o ar deve ser eliminado com o seguinte procedimento:

- Fechar todos os circuitos de retorno do pavimento radiante;
- Alimentar os colectores de ida;
- Intervir sobre cada colector de retorno, abrindo um circuito cada vez, com a seguinte sequência de manobras:
  - a) abrir o volante manual de uma das válvulas incorporadas no colector de retorno, deixando fechadas todas as outras;
  - b) purgar pela torneira de descarga R608 incorporada no acessório terminal ou intermédio (R554), até que desta torneira não saia mais ar misturado com água;
  - c) fechar a válvula do circuito cheio e abrir a seguinte, efectuando a purga como em b);
  - d) efectuar as mesmas operações para todos os circuitos, um a um;
  - e) no final abrir todas as válvulas e assegurar-se uma vez mais que a purga está isenta de ar.

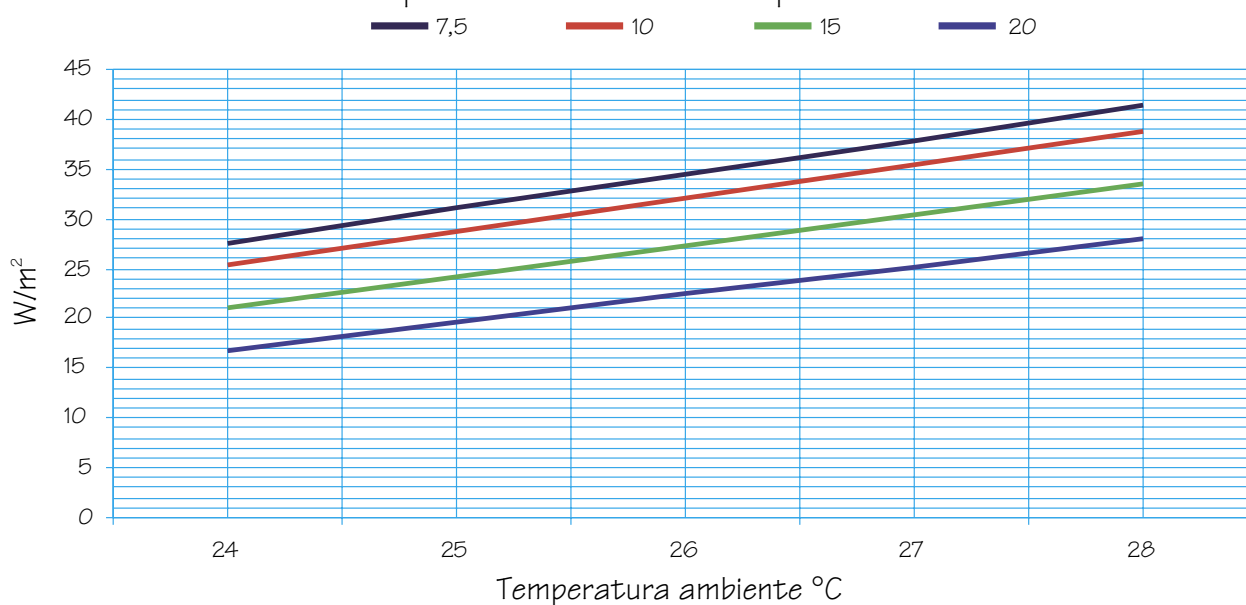
As operações descritas são essenciais para conseguir o perfeito enchimento dos tubos e assegurar a correcta circulação da água.

# ARREFECIMENTO ATRAVÉS DO PAVIMENTO RADIANTE

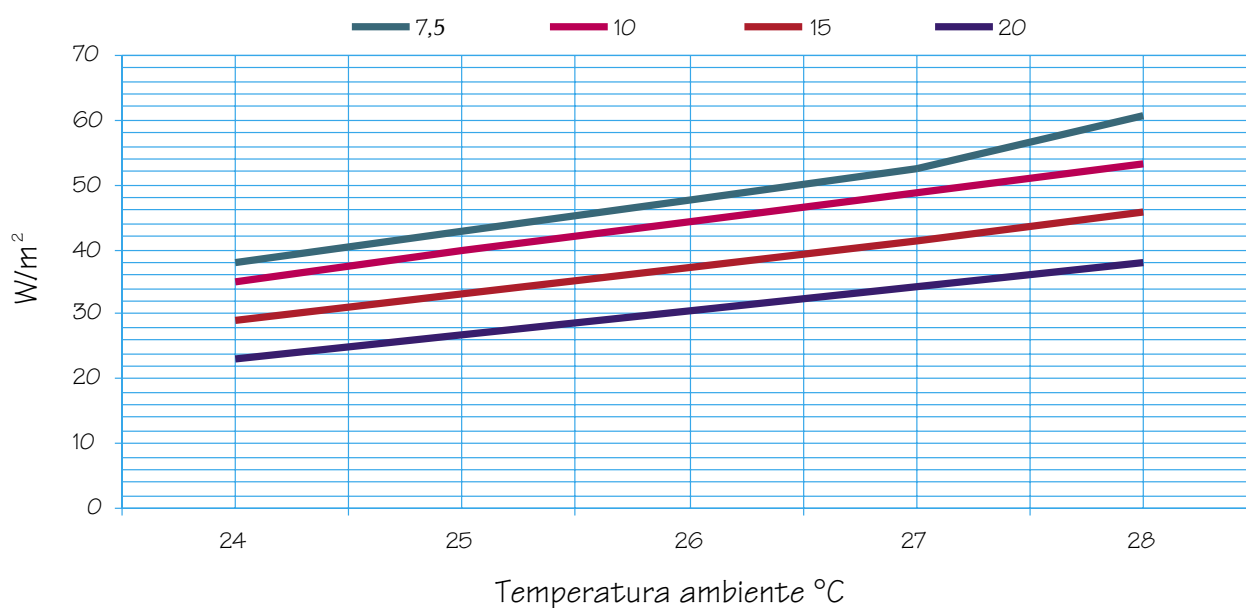
A possibilidade de arrefecer através do sistema de pavimento radiante, é uma inovação que a Giacomini estudou e experimentou profundamente desde o início dos anos 90, com instalações piloto em diferentes localidades europeias, com o intuito de comparar os resultados.

O sistema Giacoklima, tal como é conhecido hoje em dia, funciona perfeitamente graças aos dispositivos capazes de proteger do risco de condensações.

PARQUET: Absorção térmica em função da temperatura ambiente e do passo entre os tubos - Temperatura de ida 14°C



MOSAICO: Absorção térmica em função da temperatura ambiente e do passo entre tubos - Temperatura de ida 14°C

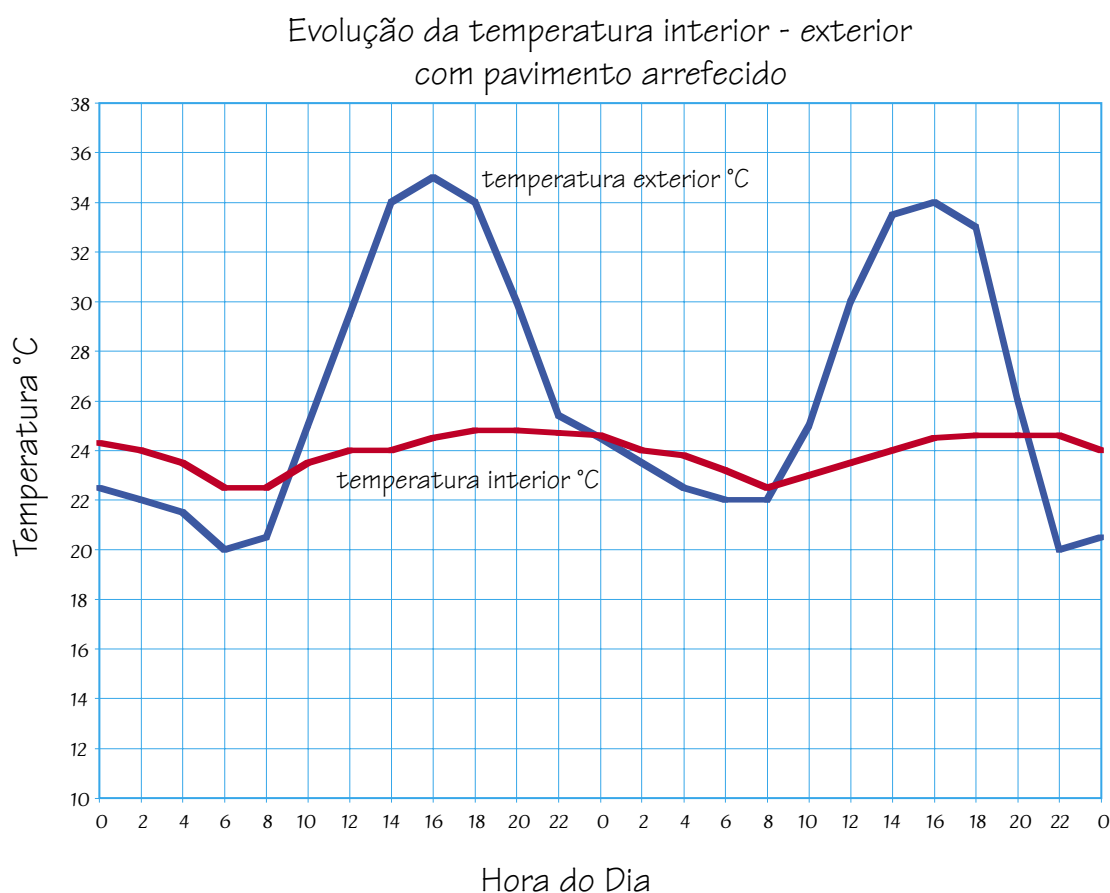


A baixa eficácia do pavimento revestido com alcatifa, desaconselha a sua utilização como pavimento arrefecido. O rendimento que se obtém é tão reduzido que se torna anti-económico.

## Resultados práticos do arrefecimento por pavimento radiante

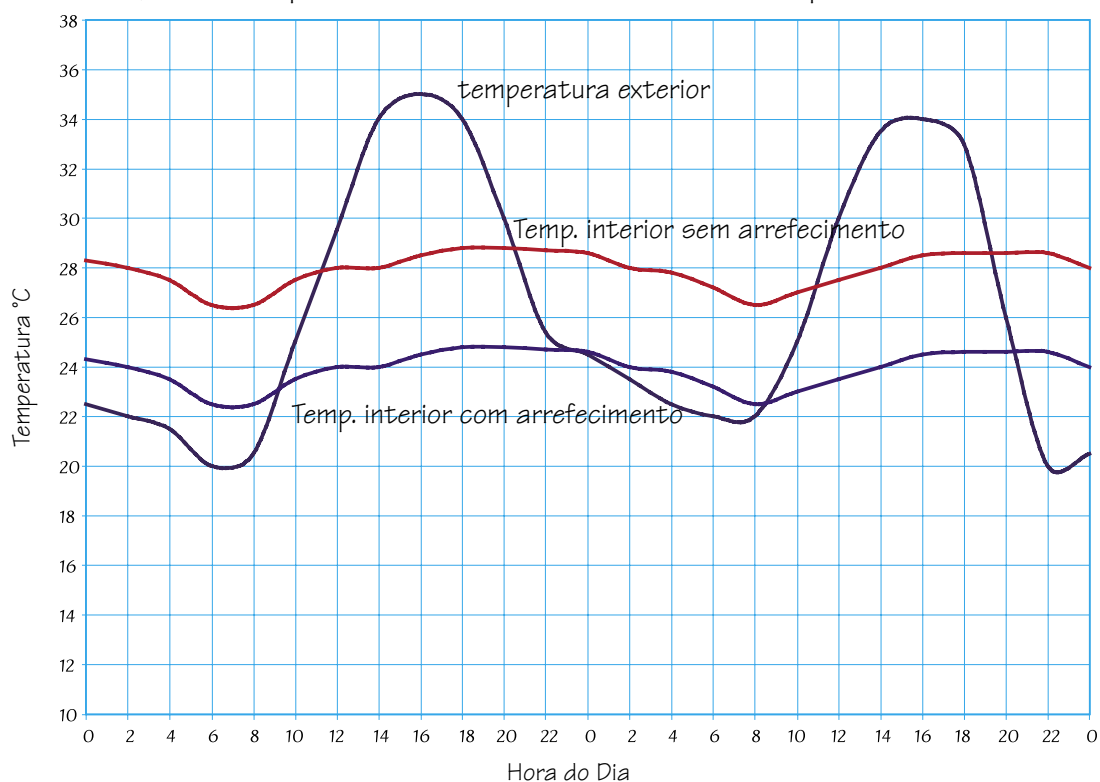
Os gráficos seguintes mostram claramente a evolução da temperatura interior de diferentes tipos de habitações arrefecidas através de pavimento radiante.

As primeiras curvas são referentes a uma habitação unifamiliar situada na Suíça Italiana perto do lago de Lugano, e mostra a estabilidade da temperatura ambiente, enquanto que a temperatura exterior alcança valores próximos dos 35°C.



Estes dados são relativos a Agosto de 1995 e obtidos durante 30 dias consecutivos. Através dos gráficos pode-se analisar o comportamento da instalação. Enquanto a temperatura exterior alcança os 35°C, a interior mantém-se entre os 24°-25°C. Durante a noite a temperatura exterior atinge valores abaixo da interior, o que demonstra que existem períodos em que o sistema não actua. Particularmente interessante, foi a comparação deste gráfico com outra habitação contígua parecida, mas sem instalação de arrefecimento por pavimento radiante.

Evolução da temperatura interior e exterior com e sem pavimento arrefecido

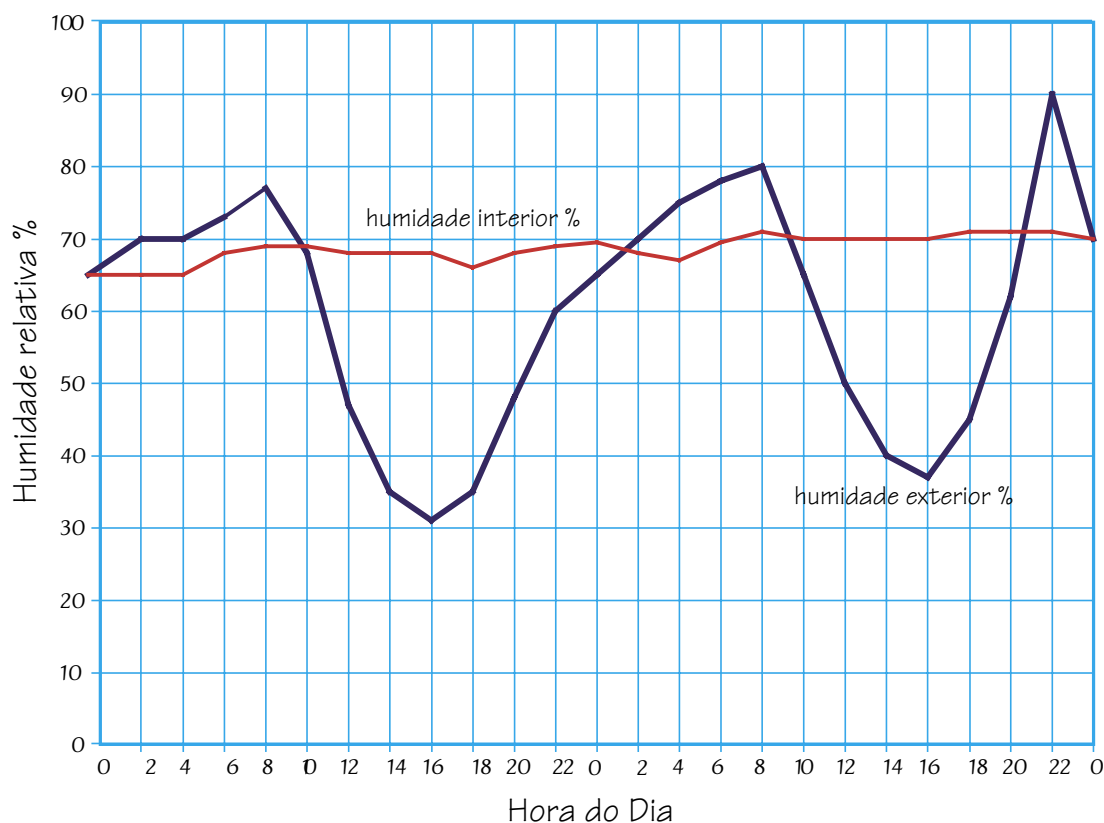


A diferença medida entre a temperatura interior das duas habitações é de cerca de 4°C. Em algumas horas do dia mediram-se 25°C na arrefecida e 29°C na não arrefecida.

É precisamente esta diferença que gera conforto no ambiente.

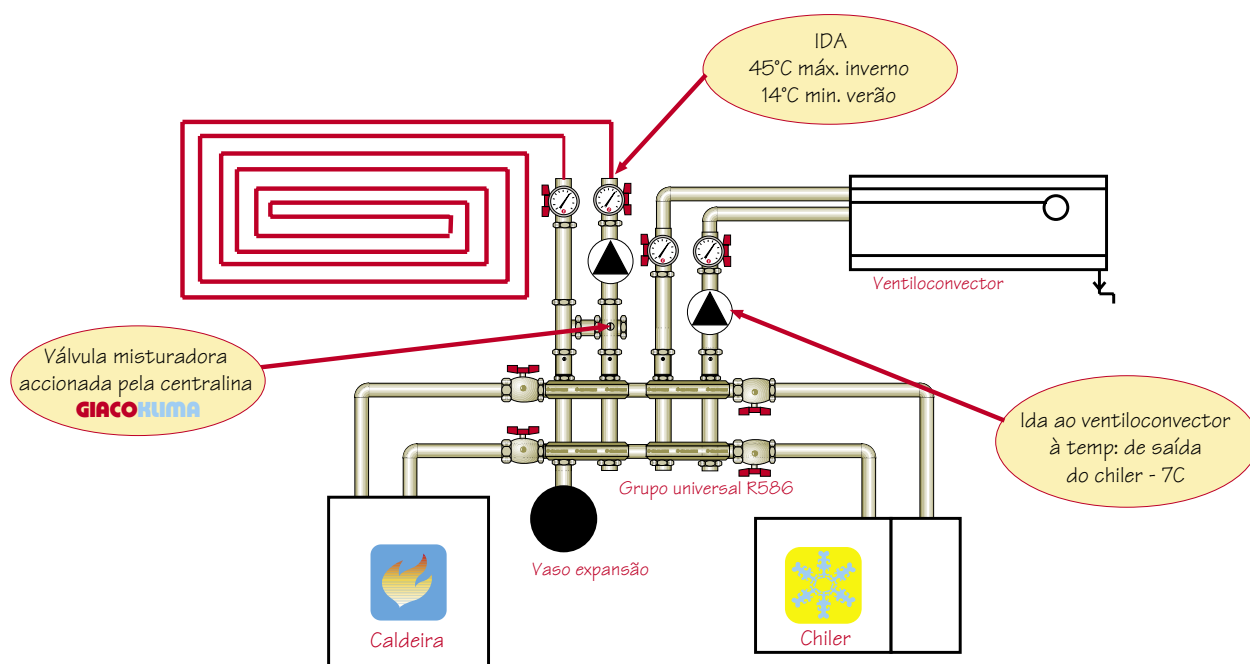
As dúvidas que ainda persistem, relativamente ao funcionamento do sistema em arrefecimento são colmatadas pelo gráfico seguinte, que mostra a evolução da humidade relativa no interior da habitação.

Evolução da humidade relativa interior e exterior





Como se pode verificar, a humidade interior não teve oscilações importantes durante o dia. Contudo, quando se pretende reduzir ou controlar a humidade, pode-se recorrer a uma distribuição deste tipo:



O funcionamento é o seguinte: a água a baixa temperatura precedente do grupo frigorífico (chiller) é misturada por uma válvula de três vias Giacomini, controlada por uma centralina Giacoklima, e é enviada para a instalação a uma temperatura programada. A temperatura da água de ida aos ventiloconvectores é enviada directamente do grupo frigorífico (chiller). Neste caso obtém-se dois efeitos: reduzir a humidade retirando calor latente e incrementar carga de arrefecimento quando a carga térmica é particularmente elevada.

# Consumos de energia para o arrefecimento

Com a água a uma temperatura mínima de 14°C o grupo frigorífico (chiller) pode funcionar com rendimentos elevados.

Para melhor se entender a eficácia da instalação apresenta-se como exemplo uma habitação de 100m<sup>2</sup> com pavimento em mosaico. Para uma emissão de 35W/m<sup>2</sup>, temos como necessidade térmica total de arrefecimento 3500W.

Supondo que o grupo frigorífico (chiller) tem um COP de 3,5 (facilmente conseguido para as condições supracitadas) a potência eléctrica necessária será:

$$\text{COP} = \frac{\text{Pot. Arrefecimento (W)}}{\text{Pot. eléctrica (W)}} \Leftrightarrow \text{Pot. eléctrica (W)} = \frac{3500}{3,5} = 1000 \text{ W}$$

Isto significa que, com uma potência facilmente suportável por qualquer contador doméstico, pode-se arrefecer uma habitação sem gastos adicionais na instalação de contadores mais potentes.

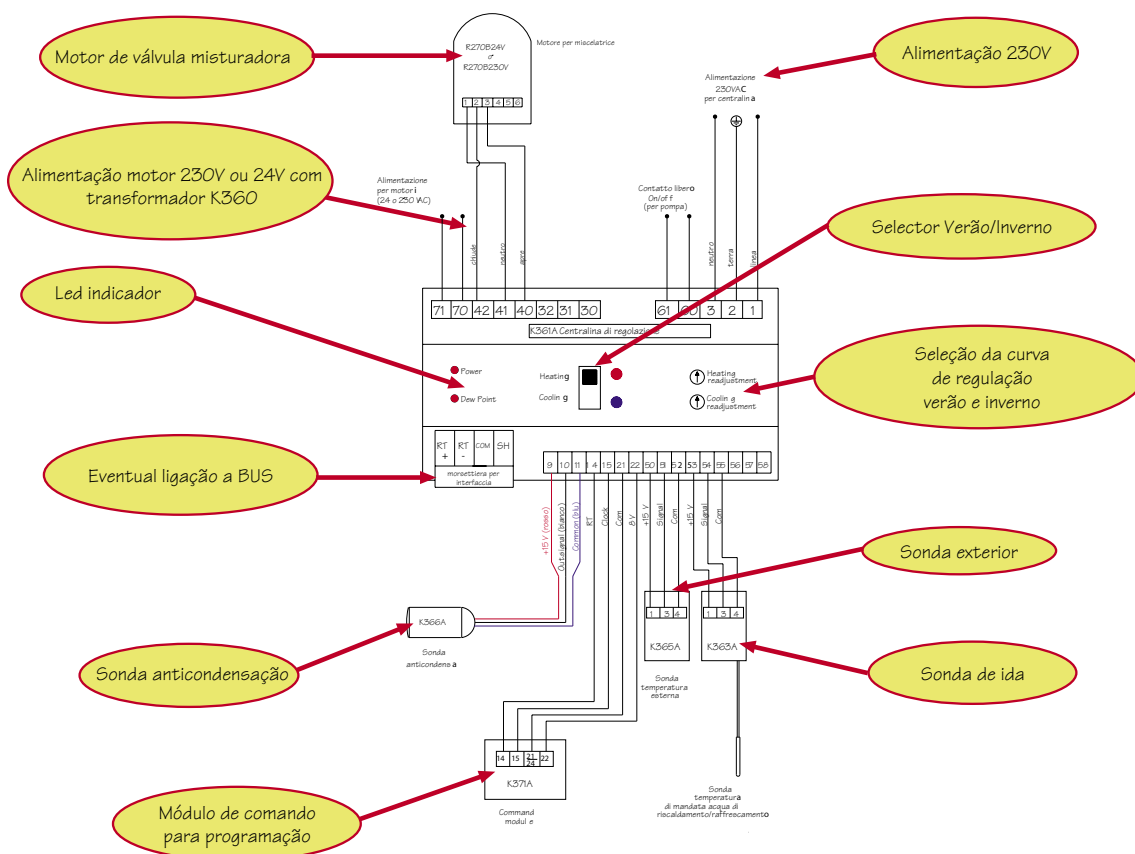
## Regulação e aferição

As regulações requeridas neste tipo de instalação, são de dois tipos:

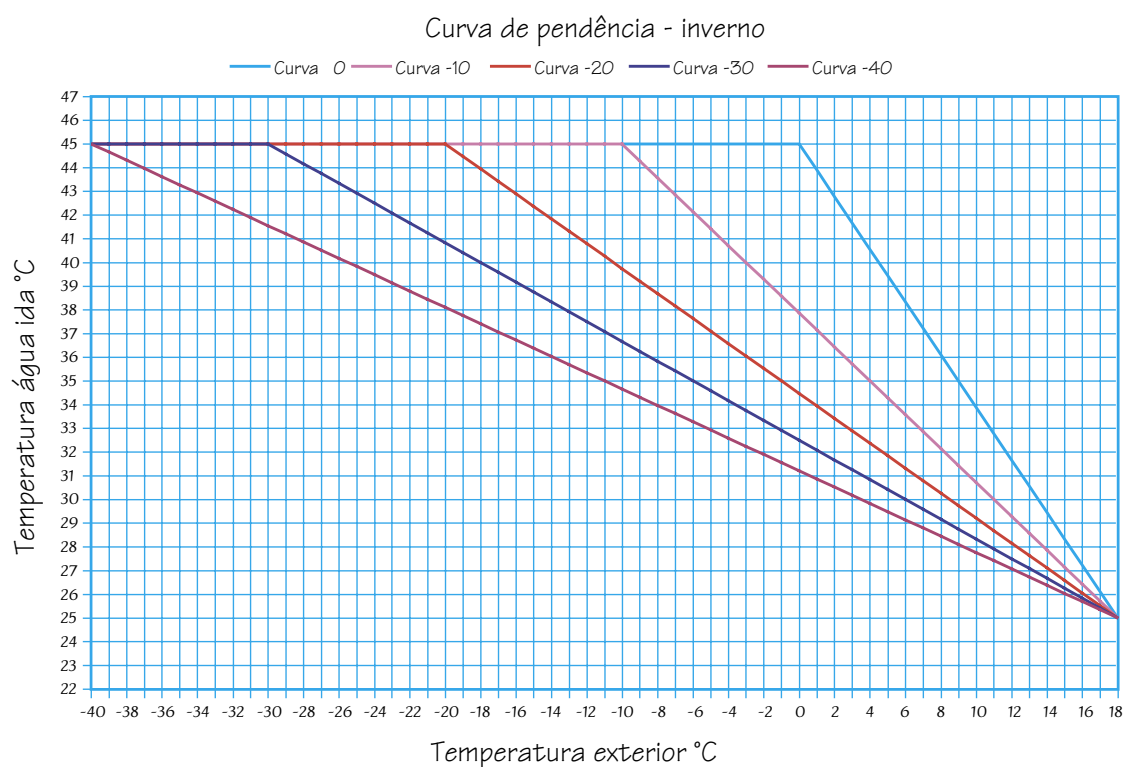
- Regulação da temperatura da água de ida
- Regulação individual dos circuitos

Regulação da temperatura da água de ida.

## Centralina Giacoklima



A regulação efectua-se mediante a centralina Giacoklima esquematizada na figura anterior. A centralina (220V) acciona a válvula misturadora de 3 vias montada no grupo de distribuição R586, regulando o seu posicionamento em função da temperatura exterior, medida através da sonda exterior K365A, e da temperatura da água de ida, medida através da sonda de ida K363A. A curva de funcionamento é determinada em função das condições climatéricas, seguindo os valores apresentados no gráfico seguinte:



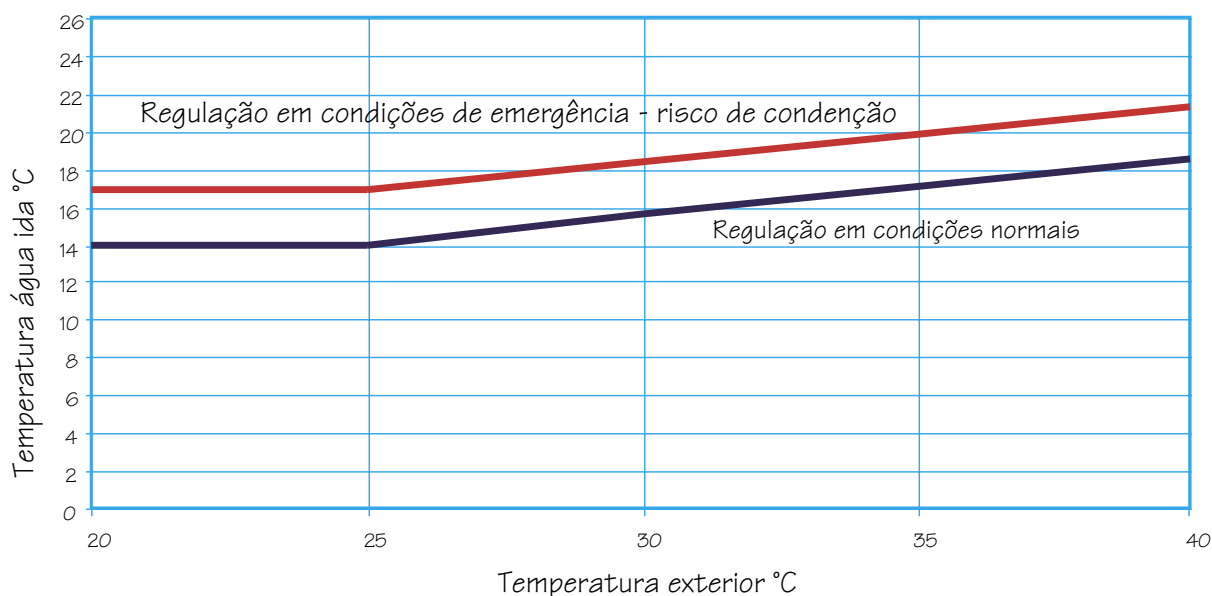
A curva de regulação a seleccionar deve situar-se entre as indicadas, tendo em consideração a temperatura exterior de projecto.

EXEMPLO: Uma temperatura exterior de projecto =  $-10^{\circ}\text{C}$ , permite uma temperatura máxima da água de ida de  $45^{\circ}\text{C}$ , quando a temperatura exterior atingir o valor mínimo de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Do gráfico deduz-se que caso se pretenda uma temperatura da água de ida mais elevada, escolhe-se uma curva situada mais à direita, consequentemente, se fixarmos a curva -10 e tivermos uma temperatura exterior de  $-7^{\circ}\text{C}$ , para conseguir uma temperatura de ida mais elevada deve-se optar pela regulação da curva 0, sendo assim, a temperatura da água em vez de ser  $43^{\circ}\text{C}$  passará a ser  $45^{\circ}\text{C}$ , com uma maior emissão térmica.

## Regulação no verão

O funcionamento da centralina Giacoklima no verão, obedece ao seguinte esquema:



A temperatura da água de ida nunca passa abaixo dos 14°C e tende a subir ligeiramente com inclinação programável a partir da temperatura exterior de 25°C. A inclinação da curva (de 0,2 a 0,8) deve ser seleccionada em função da temperatura interior que se deseja atingir no local e da humidade relativa. Se, por exemplo, a zona em que se opera é muito húmida, uma curva muito plana é contraproducente, porque quando a diferença entre a temperatura do ar de renovação e a das superfícies interiores, é cada vez maior quanto maior for a temperatura exterior. É facilmente compreensível agora como o risco de condensação é elevado. Quando se formam condensações, a instalação trabalha a maior parte do tempo em condições de segurança sobre a curva superior, na qual a eficiência da superfície fria é mínima.

Em qualquer caso uma inclinação em torno de 0,3 é ideal para o pavimento; eventuais correcções são possíveis actuando sobre o regulador mediante uma chave de parafusos.

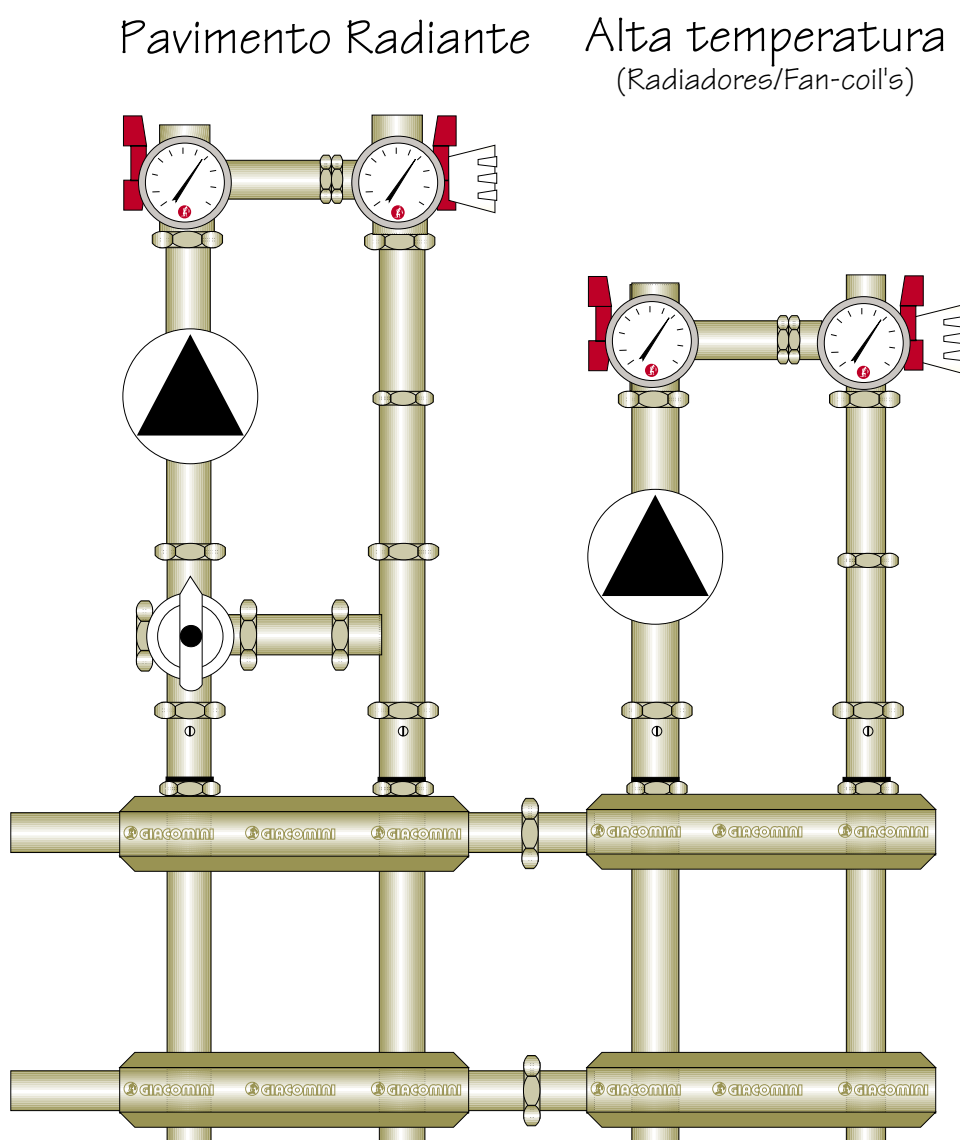
As centralinas Giacoklima vêm equipadas com uma sonda anti-condensação, que na montagem se deve colocar sobre as superfícies mais frias da instalação e portanto com maior risco de condensação superficial.

Quando sobre a superfície mais fria se atinge uma humidade relativa superficial de cerca de 95% há uma alteração automática da curva de regulação para o valor mais elevado (para ligação e funções ver o ponto «Centralina Giacoklima»).

# Instalações mistas

Instalações mistas são aquelas em que se utiliza água a baixa temperatura e a alta temperatura ao mesmo tempo. Pode realizar-se de duas maneiras:

- a) Com saídas separadas para baixa e alta temperatura, conforme indicado no seguinte esquema:



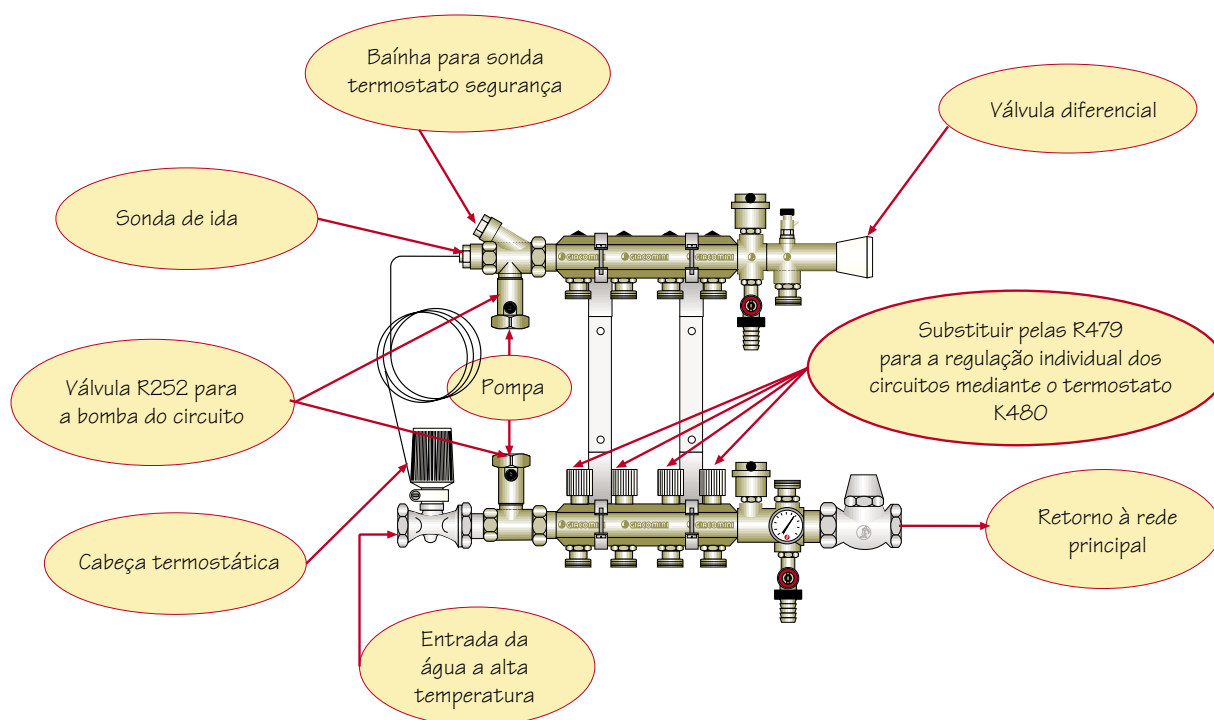
Neste caso, as duas instalações são efectivamente independentes e o controlo é adequado às condições previstas para qualquer um dos dois.

Esta solução é especialmente indicada nos seguintes casos:

- Instalações nitidamente separadas, mas servidas por uma única central.
- Instalações mistas, radiadores e pavimento radiante, quando as potências em jogo se dividem de modo aproximado ou igual.

b) Regulação a ponto fixo.

O sistema de regulação mais simples é o denominado a ponto fixo, no qual a temperatura da água de ida se mantém constante no valor desejado. Este sistema torna-se mais económico e está especialmente indicado quando uma parte da instalação é pavimento radiante e outra radiadores. A circulação constante da água a alta temperatura é um requisito essencial para um bom funcionamento do conjunto.



Colector R557 para a regulação a ponto fixo da temperatura da água de ida a instalações de pavimento radiante. A água necessária para o circuito de pavimento radiante a baixa temperatura provém da rede principal de alimentação aos radiadores, portanto a alta temperatura (aproximadamente 80°C-85°C).

Nota:

O caudal da água a 80°C é só uma pequena parte do caudal efectivo em causa:

De um balanço de caudais e energia em jogo, tem-se:

- Balanço térmico:  $m \cdot T_{ida} = m_{80} \cdot 80 + m_R (T_{ida} - 5)$
- Balanço caudais:  $m = m_{80} + m_R$

$$\frac{m_{80}}{m_R} = \frac{5}{(80 - T_{ida})}$$

Se  $T_{ida} = 45^\circ\text{C}$

$$\frac{m_{80}}{m_R} = 1/7$$

Onde:

$T_{ida}$  = Temperatura de ida °C

$T_R$  = Temperatura de retorno °C

$m$  = Caudal total em jogo Kg/h

$m_{80}$  = Caudal a 80°C Kg/h

$m_R$  = Caudal de retorno Kg/h



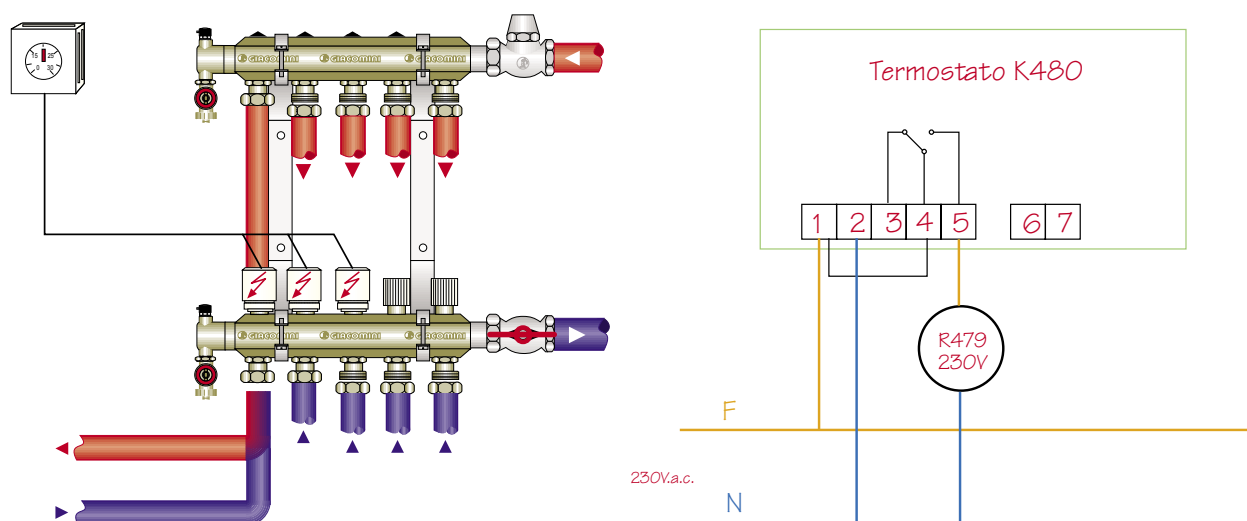
# Protecção da bomba circuladora contra sobrepressões

É sabido que o funcionamento de uma bomba circuladora é deficiente quando o caudal é inferior a um valor mínimo característico da bomba.

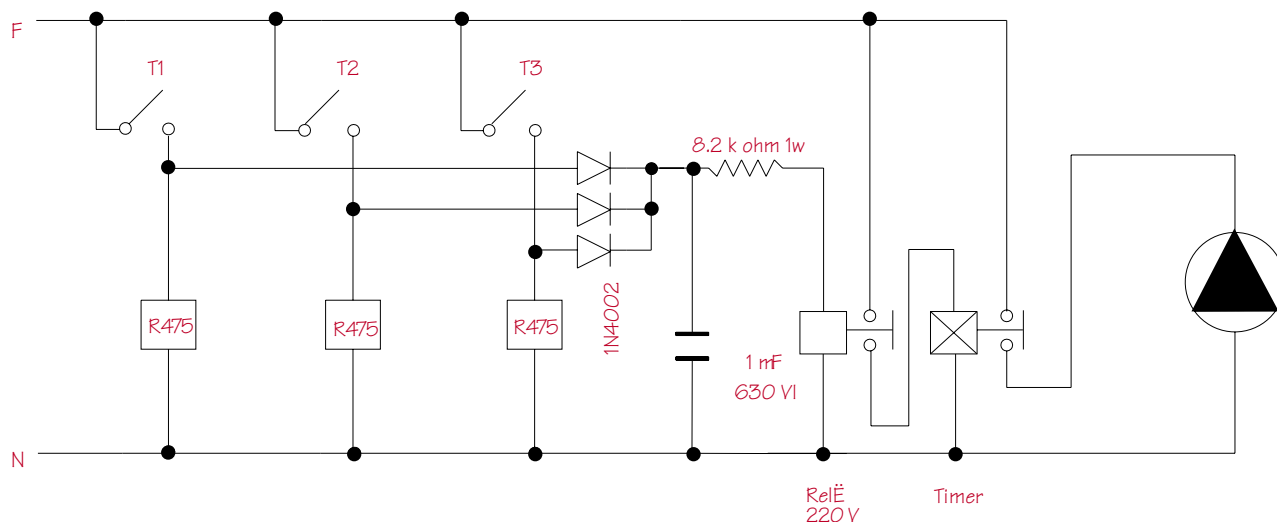
Quando se fecham progressivamente os circuitos de distribuição, controlados pelos termostatos ambiente, a pressão na bomba circuladora aumenta e o caudal diminui, podendo atingir o ponto de funcionamento deficiente.

O método mais utilizado para evitar sobrepressões é recorrer a sistema de pressão diferencial. A Giacomini possui na sua gama os grupos diferenciais R147 (válvula diferencial genérica para todas as aplicações), R148 (grupo diferencial para colectores) e R284 (válvula diferencial para grupos universais para caldeira) utilizáveis em cada caso segundo a instalação e a função requerida.

No colector R557 a válvula diferencial vem incluída de série. A sua regulação efectua-se com base nas características da bomba circuladora, limitando a pressão a 80% do valor máximo indicado na curva da mesma.



# Esquema eléctrico de ligação do termostato K480 às electroválvulas



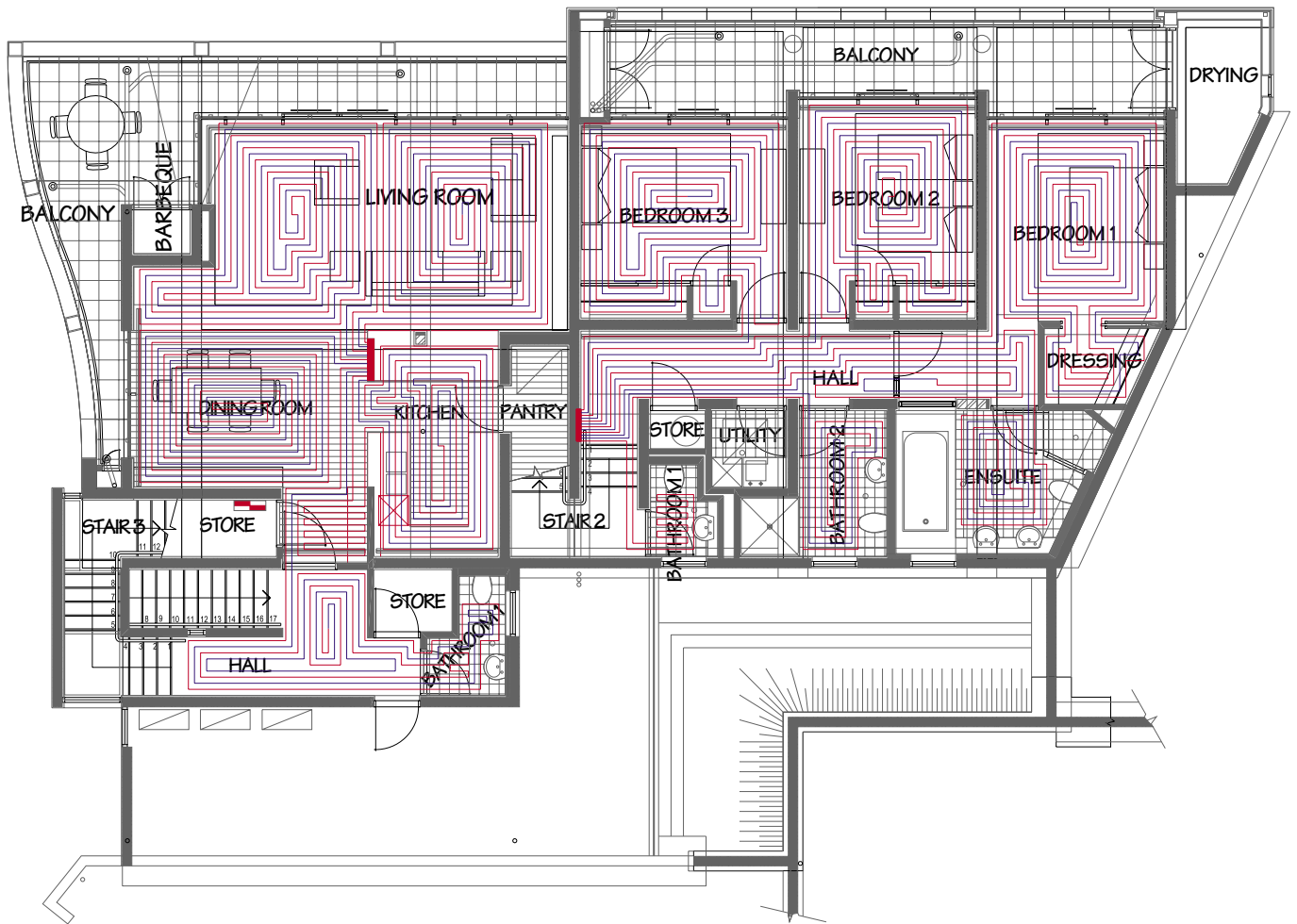
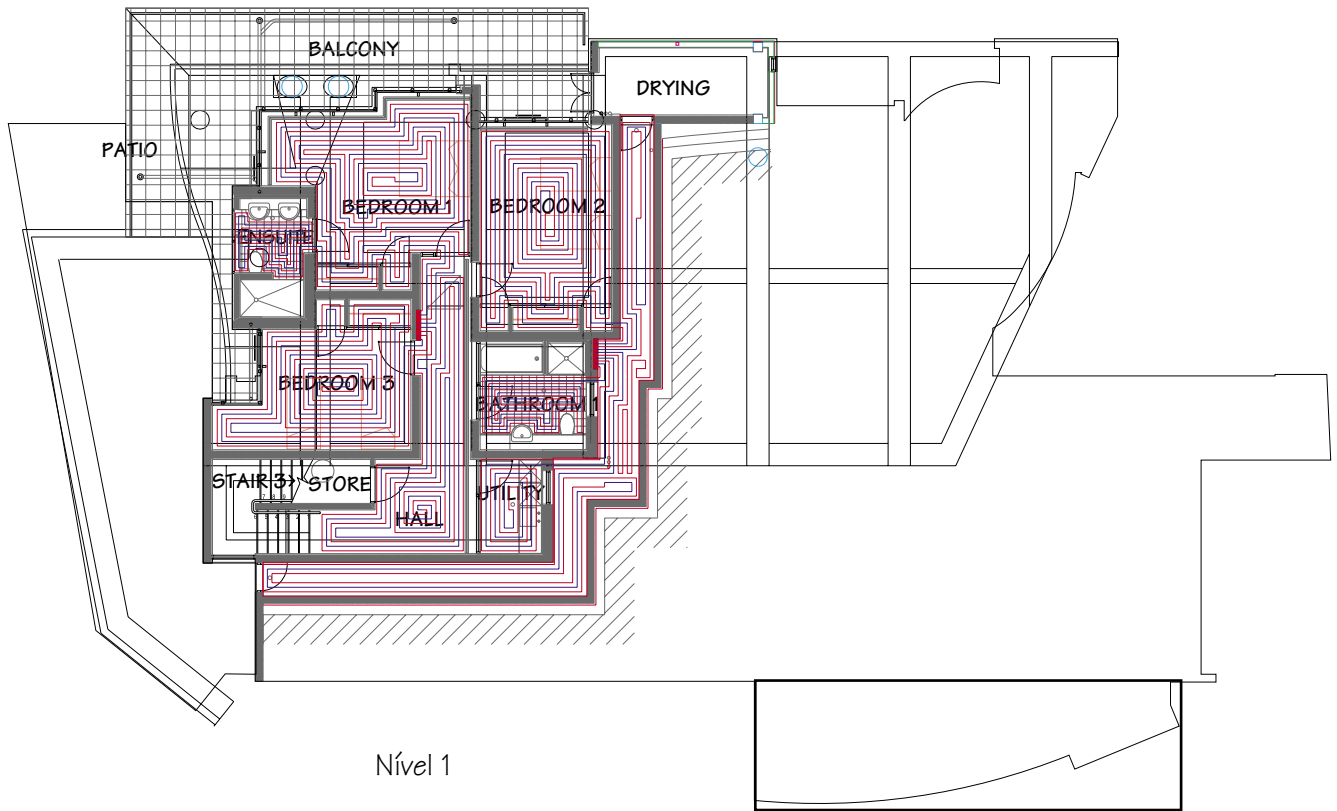
Esquema para ligar/desligar automaticamente a bomba circuladora com a intervenção dos vários termostatos.

O esquema indicado mostra a forma mais correcta para realizar esta função de forma automática, segundo haja ou não circuitos activos no colector. Mediante os díodos (1N 4002 no exemplo) ligados a uma resistência (8,2 kOhm) e condensador (1  $\mu$ F, 630 V) como se indica no esquema, obtém-se o ligar - desligar do relé da bomba ao início - final da alimentação procedente de qualquer um dos díodos e consequentemente dos circuitos controlados.

Para se ter em conta os atrasos de fecho e abertura das electroválvulas é oportuno inserir um temporizador de modo que a ligação da bomba seja retardada em 3min., quando as electroválvulas já estejam abertas e não quando se dá o primeiro sinal eléctrico ao qual não corresponde todavia a efectiva abertura hidráulica do circuito.

# Exemplos de instalações

*Os exemplos seguintes têm o objectivo de fornecer indicações práticas relativas à instalação de aquecimento e arrefecimento em diversas aplicações.*



# Instalação de aquecimento por pavimento radiante em habitações

Localização da habitação: Wellington–Nova Zelândia

Tipo de edifício: Pluri-familiar com 3 apartamentos denominados «Unidade A», «Unidade B» e «Unidade C»

Tubo usado para a distribuição: Giacomini 18x2.

Considerações relativas à escolha do sistema.

Escolheu-se aquecimento por pavimento radiante por indicação do cliente, convicto do conforto que este sistema proporciona. O revestimento do pavimento com parquet e a elevada taxa de humidade da zona (80% - 85%) não aconselhava a utilização de refrigeração.

O dimensionamento da instalação baseia-se portanto num passo de tubo adequado ao aquecimento por pavimento radiante. Para se fazer arrefecimento seria necessário, para estas condições, uma adequada desumidificação que o cliente não solicitou. Ligar-se-á contudo um grupo frigorífico à instalação, utilizando o frio produzido, apesar do passo relativamente grande e do rendimento por m<sup>2</sup> ser baixo.

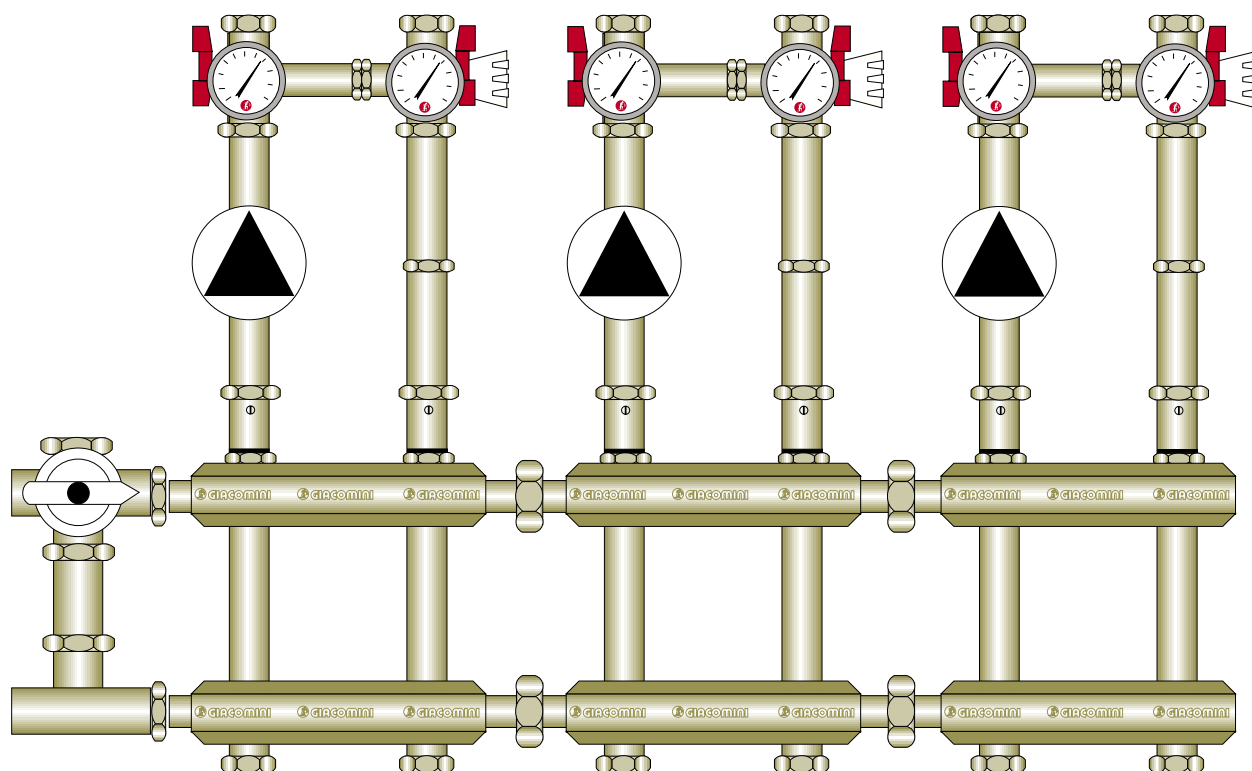
Este assegurará contudo uma temperatura agradável, sem se pretender um arrefecimento que supere os limites impostos pelas condições climáticas locais.

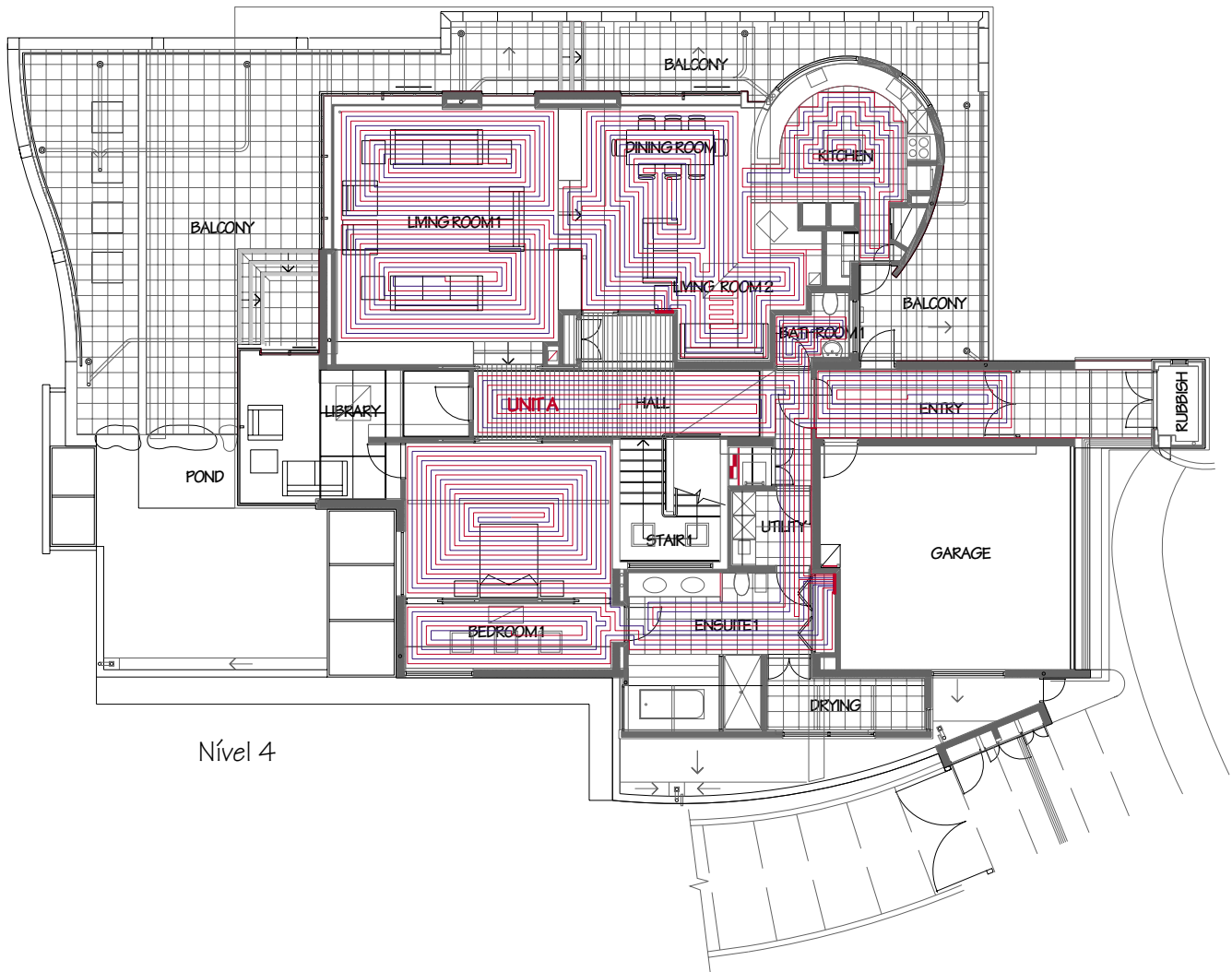
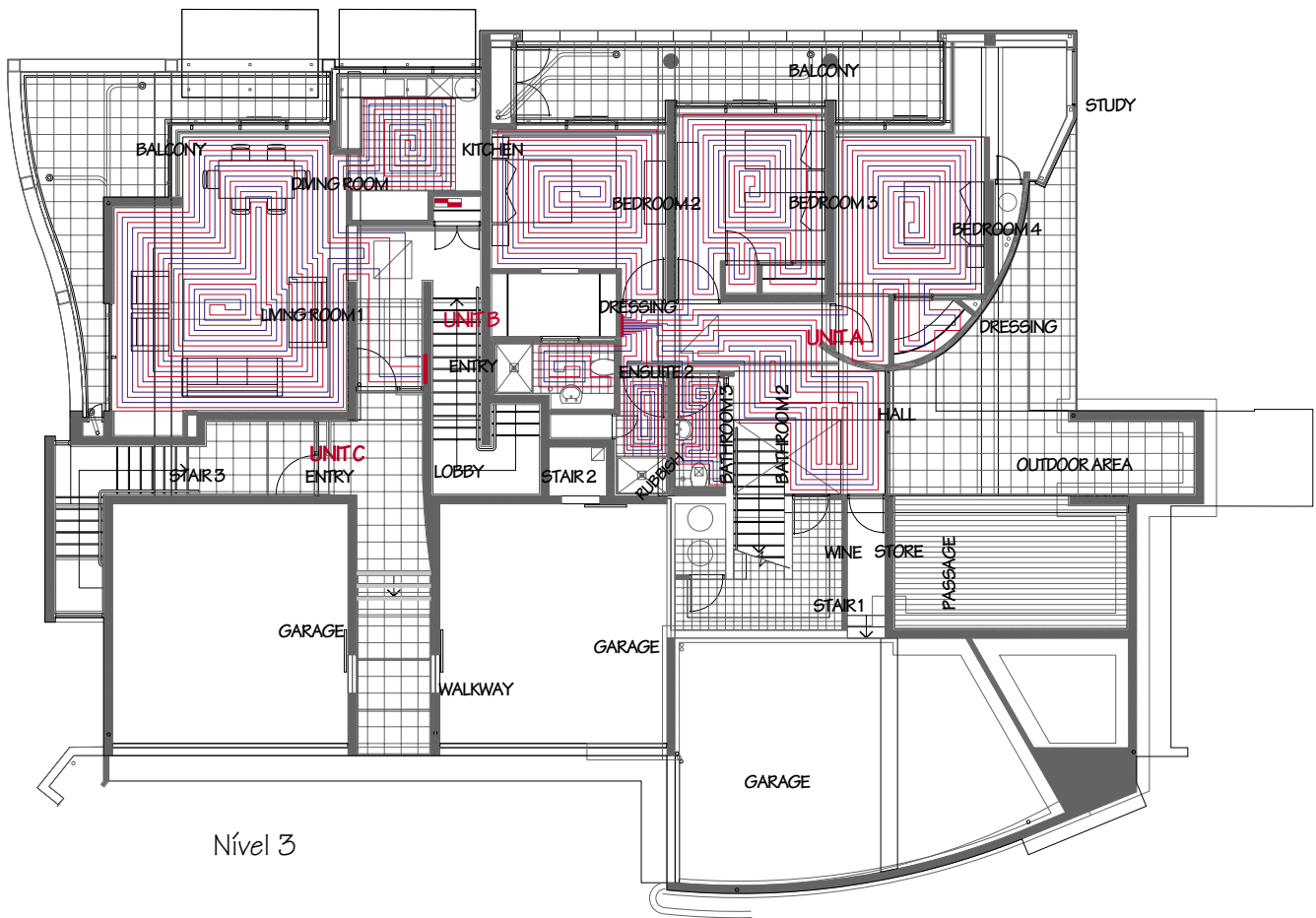
Descrição da instalação

O edifício é constituído por 4 pisos e por 3 tipologias de apartamentos.

- Apartamento A: encontra-se sobre o Nível 4 (zona de dia) e sobre parte do Nível 3 (zona de noite)
- Apartamento B: A zona de dia encontra-se sobre o Nível 3 a de noite o Nível 2, praticamente por baixo da zona de noite de A.
- Apartamento C: Também este se articula entre o Nível 2 e o Nível 1.

Trata-se pois de, dispor 3 linhas de alimentação, desde a central térmica (exterior ao edifício), onde cada uma alimentará um apartamento. Isto torna possível uma total independência e a contabilização do calor.







## Condições de cálculo

- Temperatura ambiente: 20 °C
- Temperatura máxima superficial do pavimento: 29 °C
- Temperatura máxima superficial do pavimento dos banhos: 31 °C
- Diferencial térmico da água de aquecimento: entre 4 e 8°C

Materiais necessários:

Vivenda "A"						
Nível	Tipo colector	Tipo de caixa	Metros de tubo diâmetro 18x2	Metros quadrados de isolante	Adaptador R179 18x18x2	Regulação
4	R553D/A 1"1/4 X 18	R500B	370	8	8	R479 K480
4	R553D/5 1"1/4 X 18	R500B	238	10	10	R479 K480
3	R553D/7 1"1/4 X 18	R500B	366	14	14	R479 K480
Características da bomba: 2685 L/h com H = 37,5 kPa						

Vivenda "B"						
Nível	Tipo colector	Tipo de caixa	Metros de tubo diâmetro 18x2	Metros quadrados de isolante	Adaptador R179 18x18x2	Regulação
3	R553D/2 1" X 18	R500A	147	29	4	R479 K480
2	R553D/6 1" X 18	R500B	461	96	12	R479 K480
Características da bomba: 1624 L/h com H = 59,8 kPa						

Vivenda "C"						
Nível	Tipo colector	Tipo de caixa	Metros de tubo diâmetro 18x2	Metros quadrados de isolante	Adaptador R179 18x18x2	Regulação
2	R553D/A 1" 1/4 X 18	R500B	250	53	8	R475 + K480
2	R553D/5 1" 1/4 X 18	R500B	225	44	10	R475 + K480
1	R553D/6 1" 1/4 X 18	R500B	397	80	12	R475 + K480
Características da bomba: 2610 L/h com H = 27,9 kPa						

## Equilibragem

A equilibragem dos circuitos efectua-se no retentor incorporado no colector, segundo os dados fornecidos pelo programa de cálculo.

No caso em estudo, o intervalo de regulação varia entre as 0,5 voltas do retentor a partir da posição de todo fechado (para os locais cujos circuitos têm comprimento pequeno), até totalmente aberto (para os locais em que os circuitos são longos).

Para o cálculo foram tidas em consideração as indicações da primeira parte desta publicação, relativamente a pavimentos com revestimento em madeira.

O controlo da temperatura da água de ida é efectuado com uma única válvula misturadora, situada no início do grupo universal R586, porque depende unicamente das condições climatéricas exteriores.

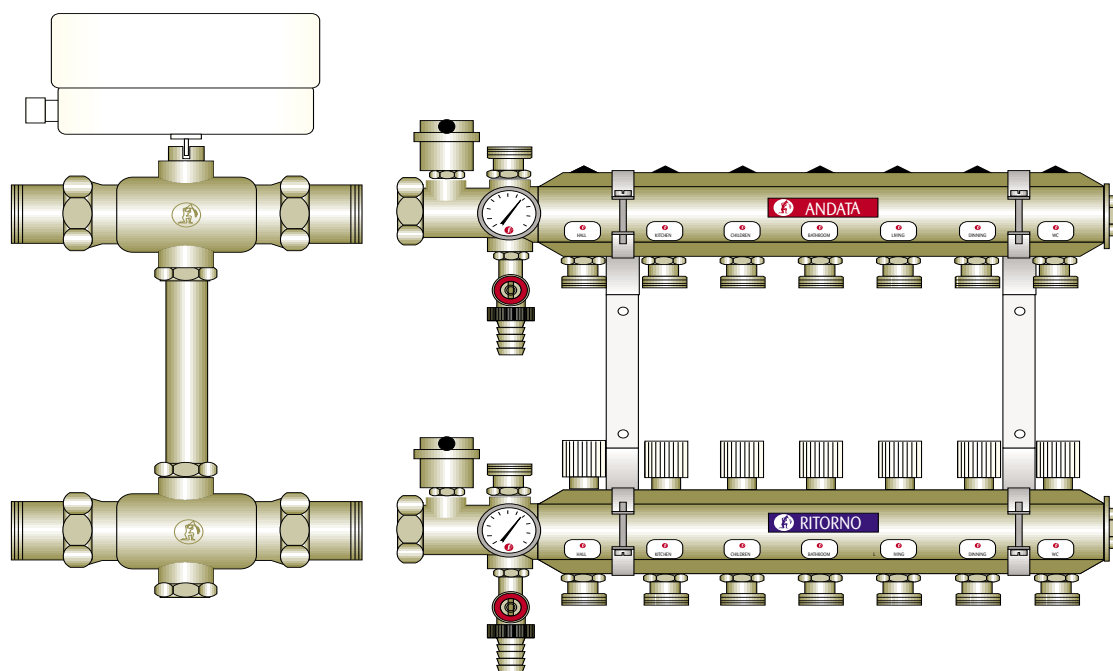
Para a medição do consumo das três vivendas, é incorporado em cada uma das linhas de distribuição um contador de energia.

A regulação de cada local, é efectuada através de um termostato ambiente que actua sobre as electroválvulas situadas sobre o colector de retorno do R553D.

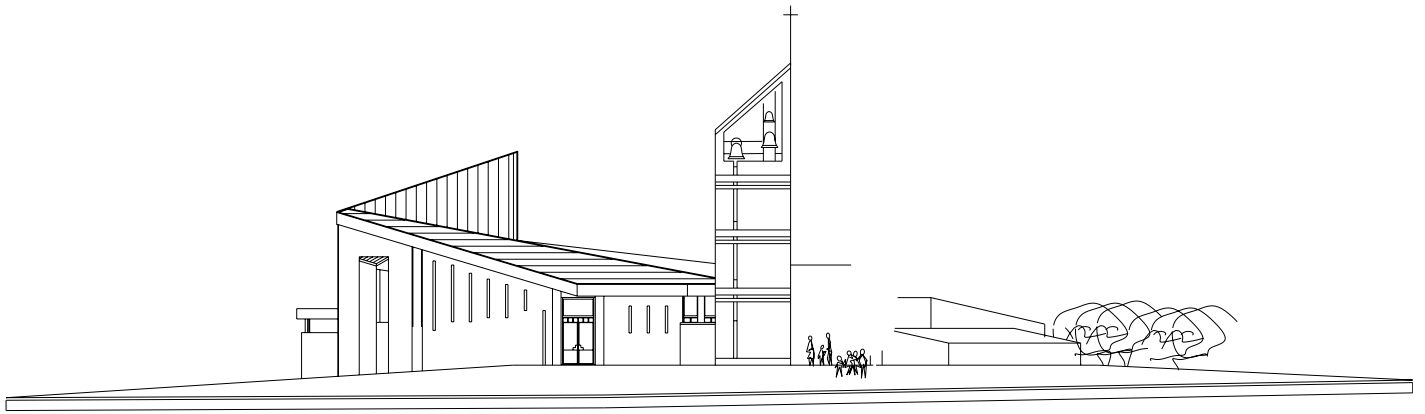
## Regulação mediante válvula de zona R278 e servomotor R270A

A regulação por zonas foi efectuada através da válvula de zona sobre o colector, accionada pelo termostato ambiente.

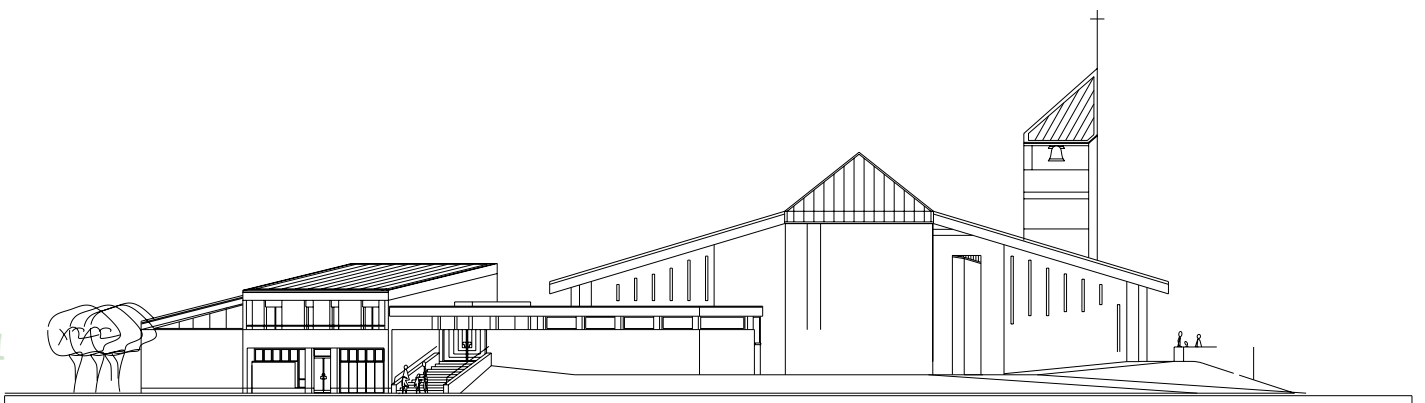
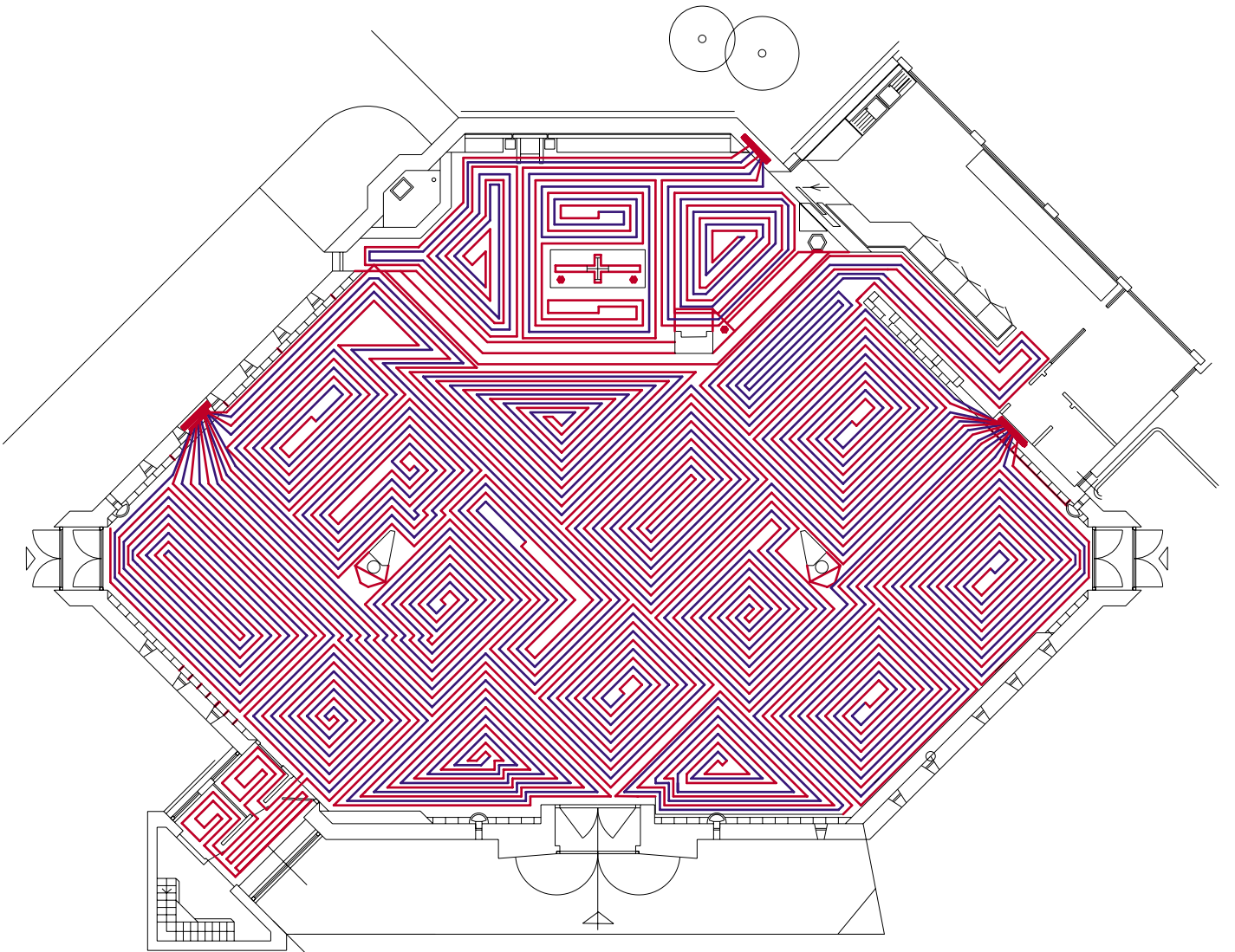
A regulação por local consegue-se com electroválvulas R479 e também com os termostatos ambiente K480.



Colector R553D



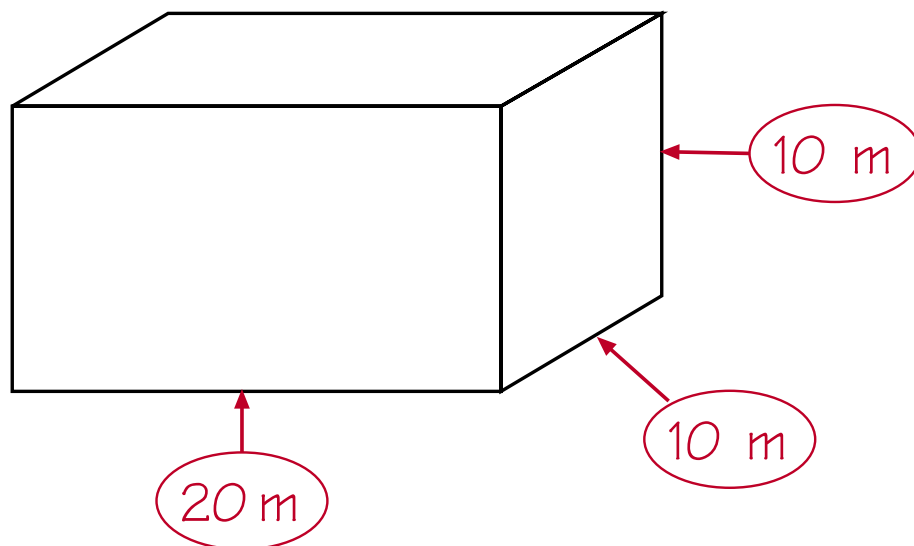
ALÇADO SUL



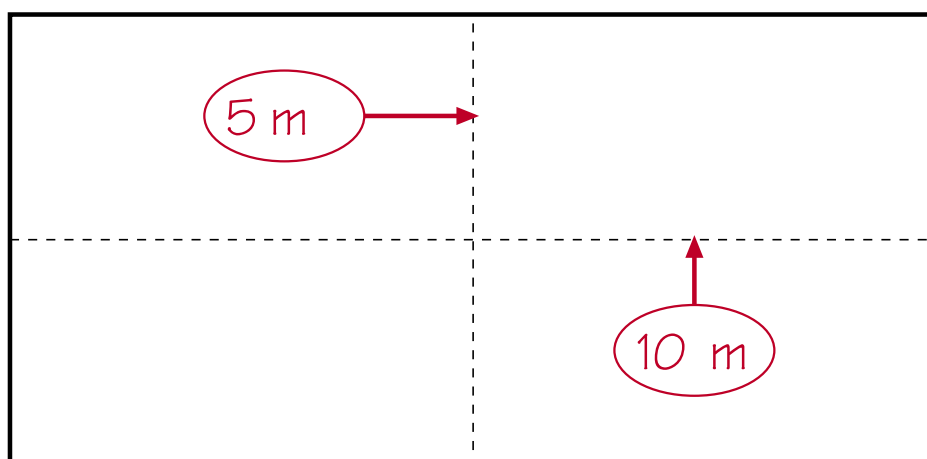
ALÇADO OESTE

# IGREJAS E GRANDES SUPERFÍCIES

Quando nos encontramos com ambientes de superfícies relativamente grandes a nossa sensibilidade térmica é muito influenciada pela temperatura dessas superfícies. Para compreender melhor este conceito apresentamos um exemplo, assumindo como base de cálculo as indicações das normas ISO 7726.



Para uma pessoa colocada no centro da igreja tem-se as seguintes distâncias:



Aplicando os cálculos da ISO 7726, considerando o pavimento a 29°C e as paredes a uma temperatura variável entre 14°C e 15°C, consegue-se uma temperatura radiante equivalente  $T_r = 22^\circ\text{C}$  (consequência da influência dos ângulos de exposição da pessoa em relação às restantes superfícies). Na prática a pessoa que se encontra no centro do edifício tem a mesma sensação de quem se encontra dentro de uma estrutura cujas paredes estejam a uma média de 22°C. Considerando, a título de exemplo, o ar à temperatura de 15°C, a temperatura operante que resulta é de :

$$T_O = (22 + 15) / 2 = 18,5^\circ\text{C}$$

Temperatura mais que suficiente para assegurar o conforto aos presentes, que provavelmente usam roupas grossas.





GIACOMINI (Portugal)•Sistemas Sanitários e Climatização, Lda  
Rua de Martinhães, 263•4485-188 Gião VCD•Vila do Conde - Portugal  
Tel.: 229 286 860•Fax : 229 286 863  
e-mail: [giacomini@mail.telepac.pt](mailto:giacomini@mail.telepac.pt)•Internet: [www.giacomini.pt](http://www.giacomini.pt)