



Capítulo IV Sistemas de AVAC convencionais

José Luís Alexandre – jla@fe.up.pt

DEMEGI – Dep. De Eng. Mecânica e Gestão Industrial
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Portugal

CURSO

Energia Nos Edifícios - Introdução na Perspectiva da Certificação
Porto

3 de Junho de 2004



Sistemas de climatização

- Os sistemas de climatização têm como objectivo manter as condições no interior de um espaço termostatizadas controlando Temperatura, Humidade, caudal de ar novo, etc. (condições controladas dentro das condições óptimas de conforto)
- Utilização de sistemas mecânicos de climatização

Que Tipo de Sistema ?



Sistemas de climatização centralizados



**Sistemas de pequenas dimensões – splits .
Utilização “doméstica”**



Sistemas de climatização

- **A selecção dos equipamentos de AVAC devem obedecer e dar resposta a um conjunto de parâmetros, tais como:**
 - **eficiência;**
 - **capacidade térmica do sistema;**
 - **necessidades geométricas, atravancamento;**
 - **custo de investimento;**
 - **custos de manutenção e de funcionamento;**
 - **adaptabilidade;**
 - **flexibilidade;**
 - **qualidade do ar interior;**
 - **conservação de energia**

Sistemas de climatização – primeira aproximação



- Numa primeira aproximação á solução final de climatização deverão ser tomados ainda em conta os seguintes aspectos:
 - Carga térmica
 - Zonas e espaços a climatizar
 - Ventilação & Aquecimento
 - Espaço físico e arquitectónico
 - Visibilidade do equipamento – impacto visual
 - Espaço pré-destinado às condutas e demais tubagens
 - Ruído
 - Obstrução e redução do espaço em geral

Sistemas de climatização – primeira aproximação



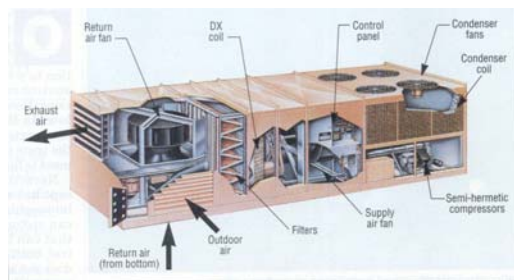
■ Sistemas principais e secundários – aproximação final ao sistema de AVAC

Existem dois tipo de sistemas os principais e secundário

- Sistemas Principais – sistemas responsáveis por transformar a energia “primária” (fuel, gás natural, electricidade, etc) em calor ou frio.
- Sistemas Secundários – sistemas terminais que libertam/removem a energia térmica do espaço a climatizar.

Sistemas de climatização – primeira aproximação

- Os sistemas Secundários e Principais podem existir em conjunto e de forma independente ou podem ser apenas um único sistema, dependendo do tipo de solução e da dimensão da instalação.



Sistema principal e secundário

Sistemas de climatização – primeira aproximação

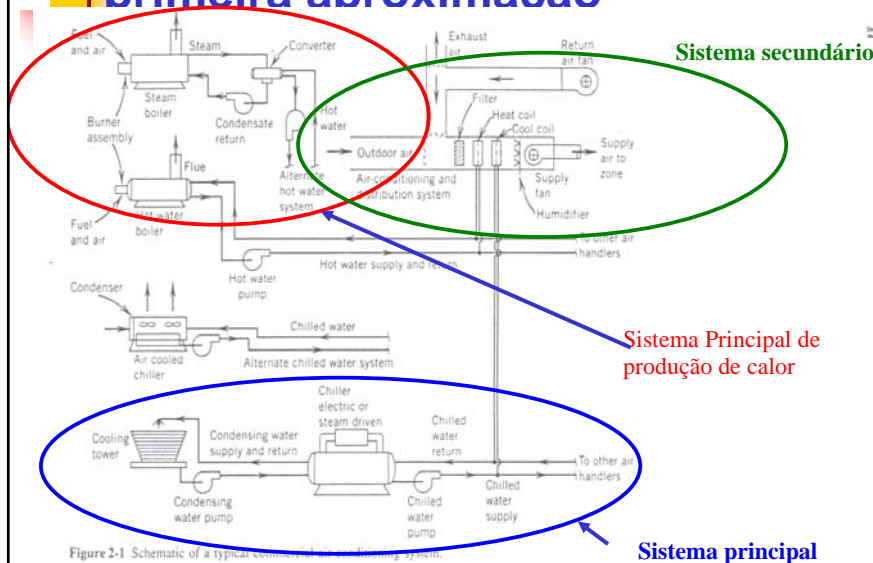


Figure 2-1 Schematic of a typical commercial air conditioning system

Caracterização dos principais sistemas de AVAC



Os sistemas de AVAC podem ser subdivididos em quatro grandes grupos em função da forma com o retiram/fornecem energia ao espaço

- **Sistemas Tudo AR**
- **Sistemas Ar/Água**
- **Sistemas Tudo Água**
 - Sistemas para aquecimento
 - Sistemas radiativos
- **Sistemas Tudo Refrigerante**
 - Multi – sistemas
 - Sistemas centralizados (VRV)

Sistemas de climatização



■ Ar / Água

Estes sistemas permitem o tratamento das seguintes variáveis:

- Temperatura e humidade em simultâneo
- Controlo para arrefecimento e aquecimento (em alguns casos para a mesma zona pode ocorrer as duas situações)
- Controlo da ventilação
- Qualidade do ar interior (dependendo do sistema de ventilação)

Sistemas de climatização

■ Tudo Ar

■ Sistemas tudo Água

No caso de existirem VC's podem efectuar o seguinte controlo:

- Temperatura
- Humidade - apenas desumidificação e com controlo muito difícil.
- Controlo para arrefecimento e aquecimento – podem coexistir as duas condições ou apenas uma delas dependendo do tipo de instalação hidráulica utilizada (4 ou 2 tubos)
- Não há controlo da ventilação nem da qualidade do ar interior

Sistemas de climatização

■ Sistemas tudo Água – efeito radiativo

No caso existirem radiadores o sistema permite controlar os seguintes parâmetros:

- Temperatura do espaço a climatizar
- Funciona para aquecimento
- Não controla humidade
- Não controla QAI
- Não controla ventilação

■ Painéis radiantes

- Pode funcionar para arrefecimento com utilização de sistemas de painéis radiantes
- Controla apenas temperatura
- Não controla os mesmos parâmetros do anterior

Sistemas de climatização

■ Sistemas tudo refrigerante

No caso dos sistemas que distribuem fluido refrigerante é possível controlar:

- Temperatura do espaço
- Humidade apenas a desumidificação e com bastante dificuldade
- Funciona para aquecimento e arrefecimento – poderá ser em simultâneo se a unidade exterior permitir e a instalação for do tipo 4 tubos.
 - Não controla a ventilação nem QAI

Sistemas de climatização – cont.

- Os sistemas de climatização do tipo tudo ar e ar/água são normalmente centralizados, podendo ainda incluir neste grupo alguns sistemas tudo refrigerante (sistema VRV)
- Os sistemas que permitem apenas aquecimento e arrefecimento sem controlo de ventilação e QAI são normalmente sistemas do tipo localizados

Climatização – Caracterização dos sistemas tudo Ar



■ Conduta simples (mono-conduta)

■ Volume constante

- Mono - zona
- Multi – zona com reaquecimento terminal
- «By pass»

■ Volume variável (VAV)

- Indução
- Reaquecimento terminal
- Controlo da carga por ventilação
- Difusores variáveis

Caracterização dos sistemas tudo Ar



■ Dupla conduta

■ Volume constante

- Mono Zona
- Multi Zona

■ Volume variável

- Mono Zona
- Multi Zona

■ Fontes térmicas do sistema

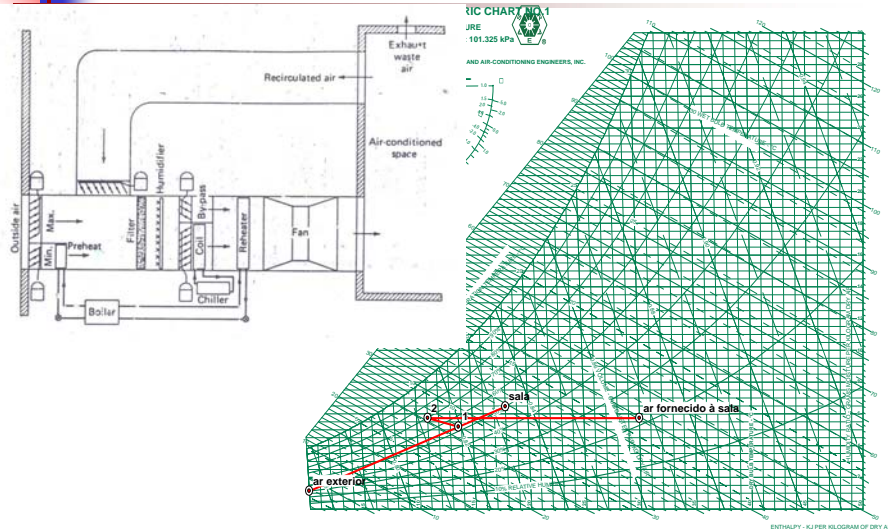
Fonte quente

Combustão (fuel, gás, ...)
Energia eléctrica
Energia solar

Fonte Fria

Energia eléctrica
Chiller de compressão de vapor
Chiller de absorção
Energia solar
Chiller de absorção

Sistema tudo ar mono- conduta– controlo para as condições de Inverno

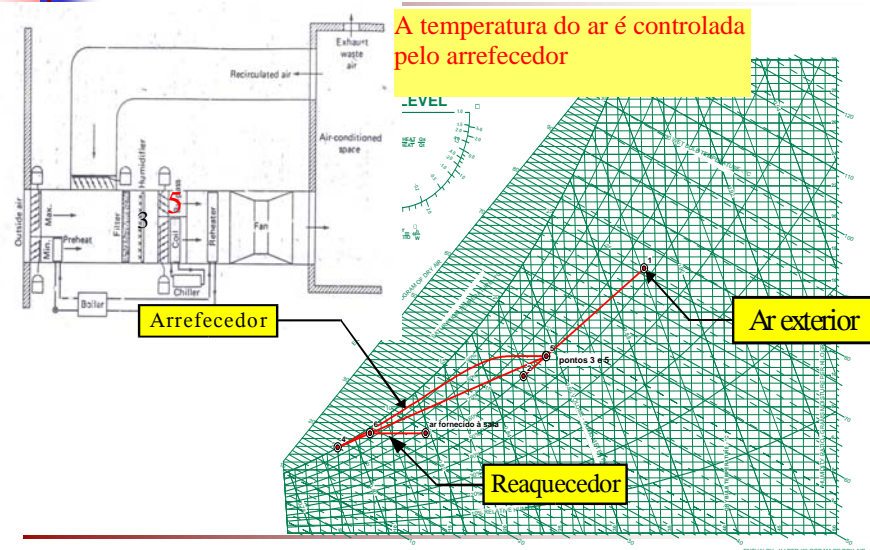


DEMEGI-FEUP - jla

ENE – [3 de Junho de 2004]

17

Sistema tudo ar mono-conduta – controlo para as condições de Verão



A temperatura do ar é controlada pelo arrefecedor

Arrefecedor

Ar exterior

Reaquecedor

DEMEGI-FEUP - jla

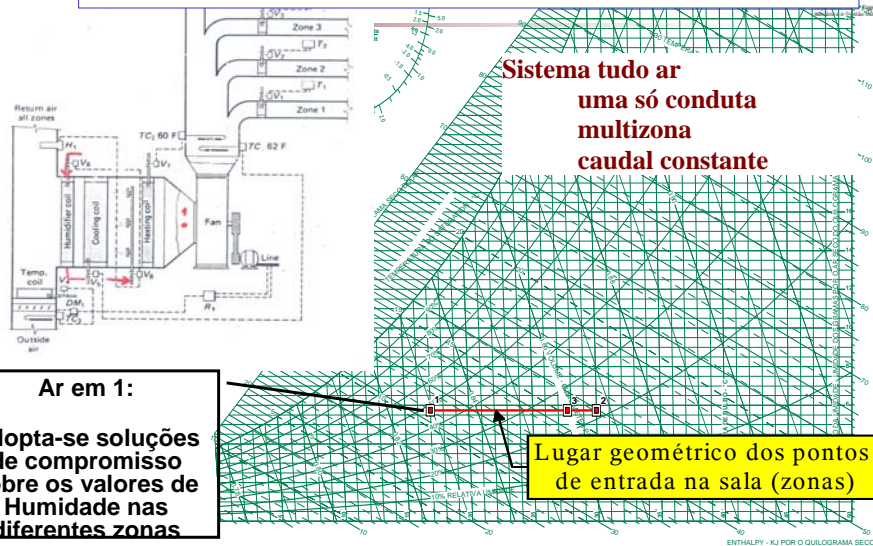
ENE – [3 de Junho de 2004]

18

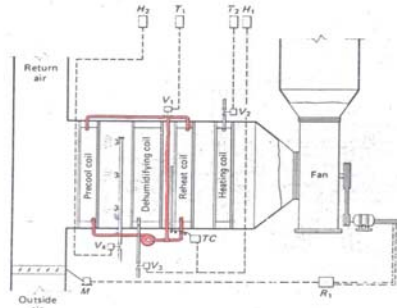
Sistema tudo ar: mono-tubo

- **Vantagens do sistema**
 - **Simples, o que significa económico**
 - **Facilidade de controle das condições no espaço a climatizar**
- **Desvantagens**
 - **Dificuldade de extensão a mais do que uma zona com condições ambientais distintas.**
 - **Sistema dispendioso em termos de energia – há necessidade de aquecer e arrefecer em simultâneo o ar que é insuflado na sala.**
Esta desvantagem pode ser minorada se para tal for utilizado um sistema de recuperação de energia(!)
- **Conclusão**
Em sistemas multizona, o controlo de humidade pode ter de ser comprometido

Sistema tudo ar



Sistemas tudo ar mono conduta



Pré-arrefecedor

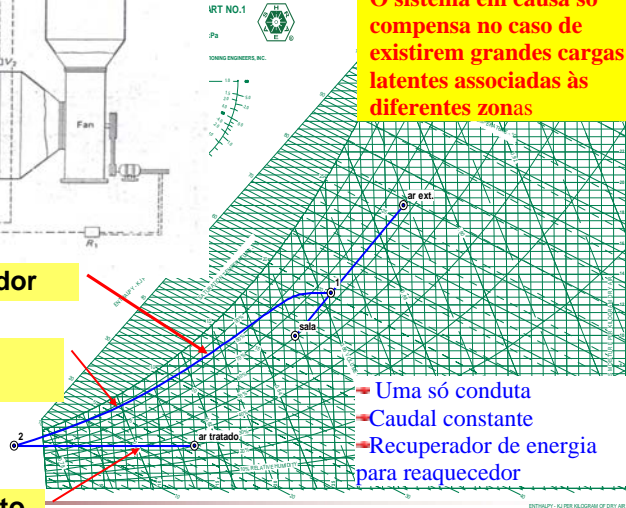
Energia p/
desumidificação

Energia p/ aquecimento

DEMEGI-FEUP - jia

ENE - [3 de Junho de 2004]

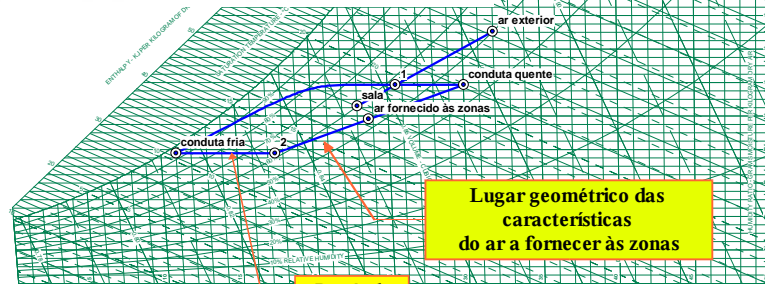
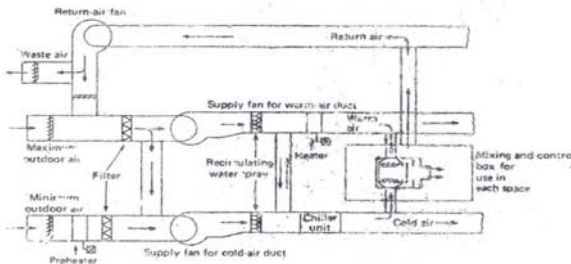
O sistema em causa só
compensa no caso de
existirem grandes cargas
latentes associadas às
diferentes zonas



- Uma só conduta
- Caudal constante
- Recuperador de energia
para reaquecedor

21

Sistemas tudo ar dupla conduta VERÃO



Lugar geométrico das
características
do ar a fornecer às zonas

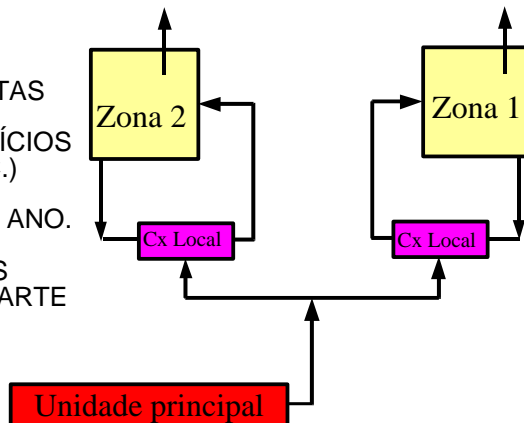
Possível
reaquecedor

DEMEGI-FEUP - j

Tipo de aplicações de um sistema «dual duct»

- ESTE TIPO DE SISTEMAS SÃO PARTICULARMENTE INTERESSANTES PARA EDIFÍCIOS DE DIMENSÃO SIGNIFICATIVA, COM MUITAS ZONAS DISTINTAS (EX. HOTEIS, HOSPITAIS, EDIFÍCIOS DE APARTAMENTOS, ETC.) COM CARGAS MUITO VARIADAS AO LONGO DO ANO.

EM GERAL, AS UNIDADES LOCAIS SÓ TRATAM A PARTE SENSÍVEL (NÃO FAZEM CONDENSACÃO NEM DESUMIDIFICAÇÃO)



Alguns exemplos de sistema «dual duct»

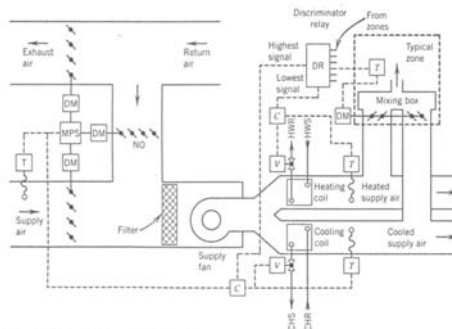
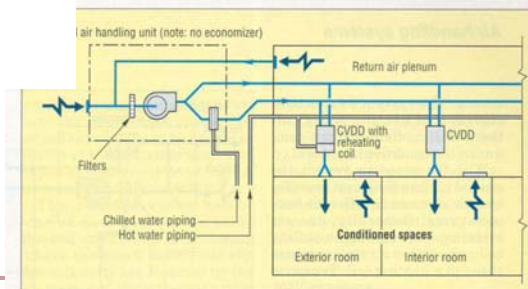
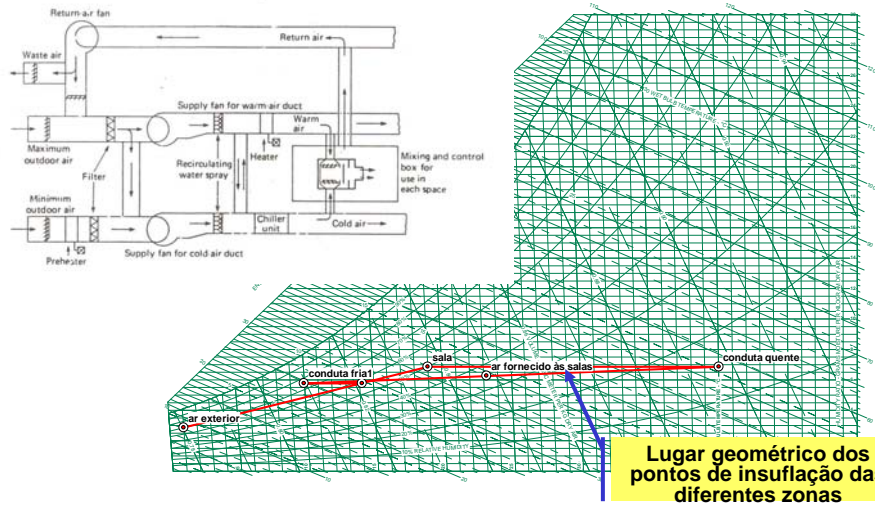


Figure 2-22 Simplified control schematic of a dual-duct system.

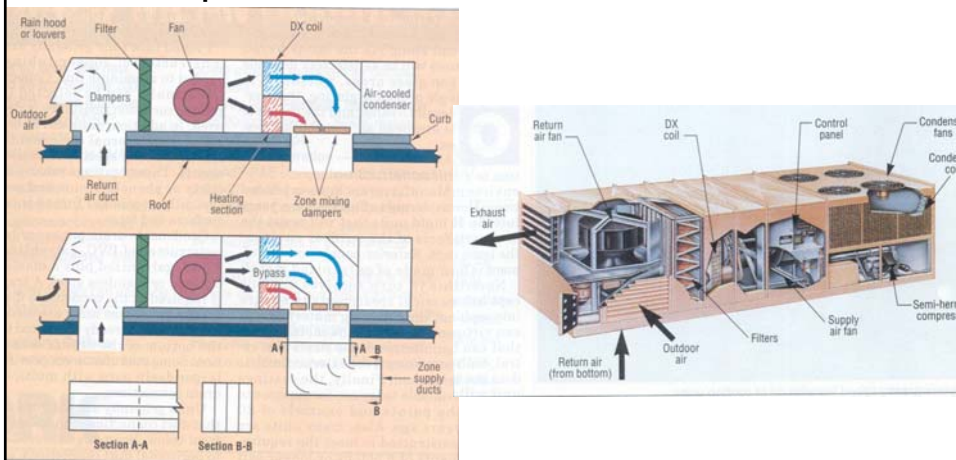


Sistemas tudo ar - «dual duct» INVERNO



Sistemas dupla conduta localizados – «rooftops»

■ Esquema de funcionamento base



Sistemas VAV – ventilação variável

■ VANTAGENS

- Versatilidade no controlo de múltiplas zonas
- Funcionamento económico durante carga parcial
- Não é necessário reaquecimento final
 - Principais considerações
 - O termómetro mede a carga sensível
 - Detectores de CO₂ detectam ocupação do espaço
 - Se não há carga nem ocupantes a unidade deixa de ventilar (ou melhor ventila a baixa velocidade)
 - As carga são proporcionais à ocupação do espaço

Sistemas VAV – ventilação variável

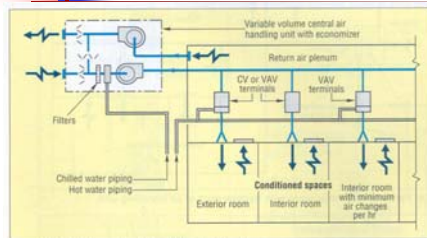
■ DEFEITOS ou DESVANTAGENS

- Falta de controlo de humidade
- Falta de movimento de ar e distribuição, principalmente quando as cargas são reduzidas
- Ventilação reduzida quando as cargas são reduzidas

■ POSSÍVEIS CORRECÇÕES

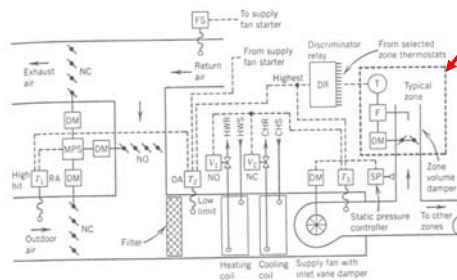
- A correcção a este efeito é introduzir um caudal mínimo de insuflação, que por outro lado retira parte da vantagem energética do sistema
- Esta correcção (ventilação) implica a utilização de controlos complexos -> custo da instalação sobe

Sistemas VAV – exemplos práticos



BA Variable volume terminal reheat system.

Unidades de aquecimento
final
ou
Ventilo convectores
(sistema VAV mono-
conduta)

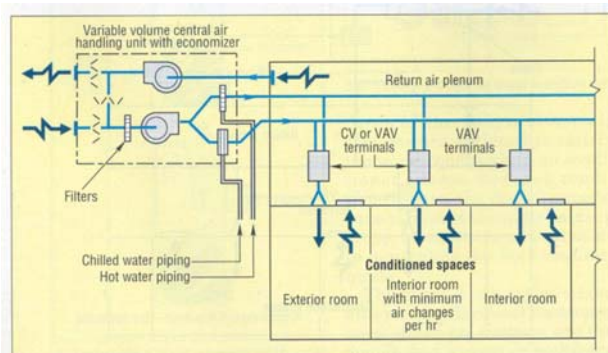


DEMI Figure 3-21 Simplified control schematic of a single-duct VAV system.

le 2004]

29

Sistemas VAV – exemplos práticos



8B Variable volume double duct system.

Sistema VAV com
dupla conduta e
unidades terminais

Sistemas AR/ÁGUA e TUDO ÁGUA

- **Sistemas com circulação de água**
 - São sistemas mais baratos pois não obrigam ao movimento de grandes quantidades de massa de ar ao longo de grandes distâncias
 - Controlo eficaz em múltiplas zonas distintas
 - TIPOS
 - 2 tubos
 - 3 tubos
 - 4 tubos
 - Manutenção apreciável (existência de muitas unidades locais – ventilo-convectores e/ou injectores)
 - Controlo de humidade muitíssimo franco ou nulo

Exemplos de distribuição ar/água

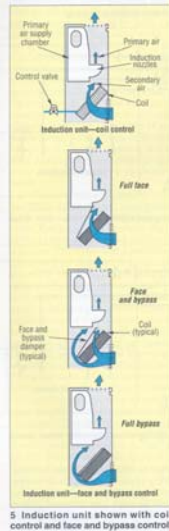
- Ventilo-convectores



- Ventilo-convectores verticais quando as cargas térmicas de aquecimento são preponderantes

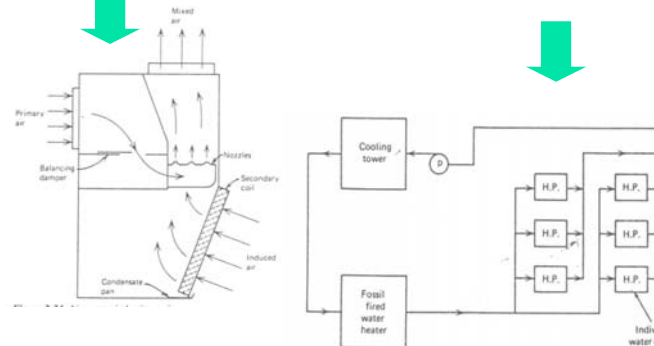


Exemplos de distribuição ar/água



Sistema ar/água com dispositivo de indução

Sistema de distribuição do tipo 2 tubos invertido



Sistemas de aquecimento Convectivo + radiação

- São os sistemas de “climatização” mais frequentes em Portugal dada a sua simplicidade de instalação e manutenção
- Mais económicos
- Mas

Sistemas de aquecimento Convectivo + radiação

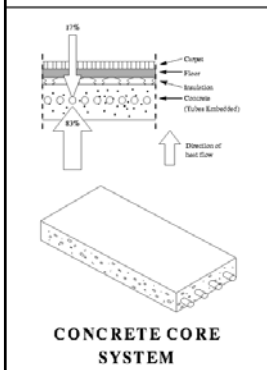


Aquecimento por piso radiante



Sistema radiante para arrefecimento

Como complemento de um sistema Tudo /AR (problemas com Humidade)

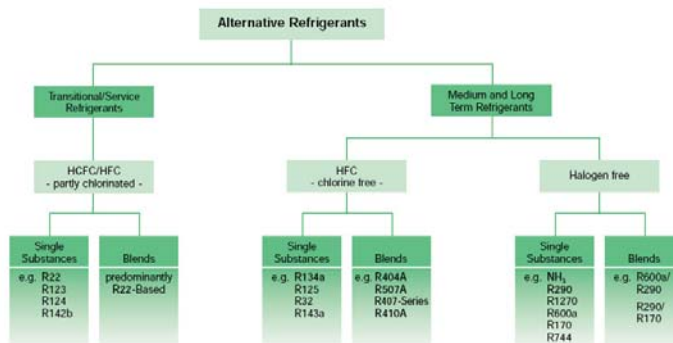


Sistemas de climatização tudo frigorígeno

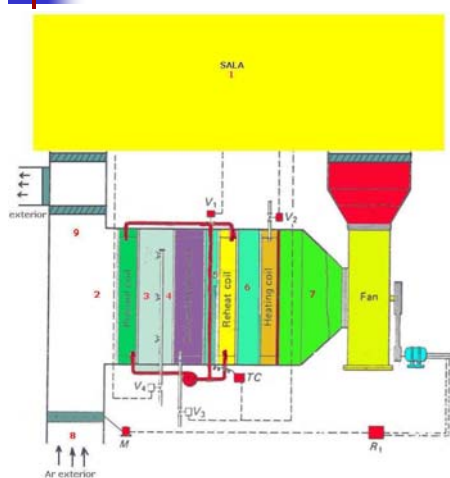
- Há limitações de segurança quanto à aplicabilidade desta solução (EN 378 – sistemas frigoríficos e bombas de calor :requisitos mínimos ambientais e de segurança)
- **A carga de fluido frigorígeno do sistema não pode ultrapassar o limite : $E=cV$**
 - c – limite para o fluido frigorígeno em kg/m^3
 - V – volume em m^3 do mais pequeno espaço ocupado por pessoas no qual se encontram equipamentos contendo fluido frigorígeno



refrigerantes



Exemplo



- Considere o sistema de climatização representado na figura. Num dado instante, o ar exterior está à temperatura de 35 °C e 40 % de humidade relativa, a sala a climatizar está a 24 °C e 55 % de humidade relativa, a carga térmica sensível é de 10 kW e a carga latente é de 20 kW. A sala tem um volume de 800 m³, e o caudal de ar de ventilação (exterior necessário) é de 100 l/s.
- O sistema de climatização é tal que o pré-arrefecedor baixa a temperatura do ar que o atravessa de 9 °C, e a energia aqui retirada é reposta na sua totalidade no reaquecedor. Após a passagem no desumidificador, o ar está saturado.



Fim da Sessão

Obrigado pela atenção