



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Mecânica**



## **Relatório de Estágio em Gabinete de Engenharia na componente de Climatização**

**LUÍS ANTÓNIO DE SOUSA MATOS**  
Licenciado em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica  
com especialização em Energia, Climatização e Refrigeração

Orientador:

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente: Professor Especialista Francisco Manuel Fernandes Severo

Vogais:

Professor Doutor Manuel Duarte Dias Mendes Nogueira

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

**Novembro de 2013**





**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

## **Relatório de Estágio em Gabinete de Engenharia na componente de Climatização**

**LUÍS ANTÓNIO DE SOUSA MATOS**  
Licenciado em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica  
com especialização em Energia, Climatização e Refrigeração

Orientador:

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente: Professor Especialista Francisco Manuel Fernandes Severo

Vogais:

Professor Doutor Manuel Duarte Dias Mendes Nogueira

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

**Novembro de 2013**



## **Dedicatória**

Dedico este trabalho em primeiro lugar à minha família e a todas as pessoas que me acompanharam e incentivaram ao longo desta jornada pelo Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL).



## **Agradecimentos**

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram na realização do estágio.



## **Resumo**

Este relatório pretende apresentar o trabalho realizado durante o estágio que decorreu num gabinete de engenharia de climatização, dando a conhecer as diferentes etapas de um projecto de climatização, a simulação dinâmica de cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento, a especificação de equipamentos e o dimensionamento de redes hidráulicas e aeráulicas.

A climatização é um campo vasto, nele incluem-se uma gama de funções que vão desde o aquecimento de pequenas habitações com o propósito de manter a sua temperatura ambiente em valores adequados, a sistemas mais complexos ligados ao controlo ambiente em processos industriais. Pretende-se fundamentalmente com a climatização proporcionar níveis de conforto e adequada qualidade do ar aos utilizadores ou processos que se realizem num espaço interior. Ultimamente estes objectivos têm vindo a tornar-se mais difíceis de serem atingidos, dada a necessidade de os cumprir em simultâneo com reduzidos custos energéticos.

Os actuais regulamentos energéticos, em conjunto com uma maior consciência ecológica por parte dos consumidores, trouxeram maiores exigências ao nível da eficiência e da qualidade geral dos produtos de climatização. Essa nova realidade reflete-se ao nível de projeto pela necessidade de se efetuarem cálculos cada vez mais precisos e próximos da realidade, bem como a procura de soluções otimizadas para as instalações, através da comparação técnico-económica de diversas soluções de modo a adequar as instalações ao orçamento, exigência e desejo do Cliente, sem pôr em causa a eficiência energética.

## **Palavras-chave**

Projecto de climatização, Simulação dinâmica, Rede aeráulica, Rede hidráulica  
Especificação de equipamentos.



## **Abstract**

This report aims to present the work done during the internship which took place in an HVAC engineering office, presenting the different steps of a HVAC design, the dynamic simulation of heating loads, the equipment specification and the hydraulic and air networks sizing.

Air-conditioning is a wide field, it includes a range of functions ranging from the heating of small houses in order to maintain its inside temperature in an adequate range, the more complex systems connected to rooms ambient control in industrial processes. It is intended primarily to provide cooling comfort levels and adequate air quality for users or processes to be realized within the interior spaces. Lately these objectives have been becoming more difficult to be achieved, given the need to meet them simultaneously with reduced energy costs.

The current energy regulations, together with a greater ecological awareness among consumers, brought greater demands in terms of efficiency and overall quality of HVAC products. This new reality is reflected at the design phase by the need to perform calculations with increasingly accurate and close to reality, as well as the search for optimal solutions to the premises through the techno-economic comparison of different solutions in order to adapt facilities to the budget, requirements and desire of the Client, without compromising energy efficiency.

## **Keywords**

HVAC Project, Dynamic simulation, Air conditioning, Hydraulic network, Equipment Specification.



## Siglas

RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior em Edifícios
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – Associação Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e de Ar Condicionado
ETA	Extract Air - Ar de extracção
EHA	Exhaust Air – Ar de rejeição
ODA	Outdoor Air - Ar Exterior
IDA	Indoor Air - Ar Interior
TRA	Transferred Air - Ar de Transferência
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
EPA	Efficiency Particulate Air Filters – Filtro de Ar Eficiente para Partículas
HEPA	High Efficiency Particulate Air Filters – Filtro de Ar de Alta Eficiência para Partículas
ULPA	Ultra Low Penetration Aerosol – Filtro de Ultra Baixa Penetração de Aerossóis
INMG	Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica
FG	Filtro de Gás
VRF	Variable Refrigerant Flow – Caudal de Refrigerante Variável



# Índice

1. Introdução.....	1
2. Conceitos .....	3
2.1 Qualidade do ar interior .....	3
2.2 Conforto térmico .....	4
2.2.1 Saúde/vulnerabilidade.....	4
2.2.2 Expectativas dos ocupantes.....	4
2.2.3 Vestuário/actividade física.....	4
2.3 Fases de Projecto.....	5
2.3.1 Conceito/esquema .....	6
2.3.2 Desenvolvimento do Projecto .....	7
2.3.3 Construção .....	7
3. Normas, Decretos-Lei e Portarias.....	8
3.1 Portaria n.º 701-H/2008.....	8
3.2 Decreto-Lei n.º 78/2006 – Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior em Edifícios (SCE).....	9
3.3 Decreto-Lei n.º 79/2006 – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) .....	10
3.4 Decreto-Lei n.º 80/2006 – Regulamento das Características de Comportamento Térmicos dos Edifícios (RCCTE) .....	11
3.5 Norma EN 13779:2007 – Ventilação em edifícios não residenciais.....	12
3.5.1 Classificação do ar de extracção/rejeição .....	12
3.5.2 Classificação do ar exterior.....	13
3.5.3 Classificação do ar interior .....	13
3.6 Norma EN 1886:2007 .....	14
3.7 Norma EN 13053:2011 .....	15
3.8 Norma EN 779:2012 .....	15
3.9 Norma EN 1822:2010 .....	16
4. Simulação Dinâmica.....	17
4.1 Condições climáticas.....	17
4.1.1 Temperaturas exteriores secas de projecto .....	17
4.1.2 Temperaturas exteriores húmidas de projecto .....	20
4.2 Radiação solar .....	21

4.3 Caudais de ar novo .....	22
4.3.1 Caudais de ar novo (RSECE).....	22
4.3.2 Caudais de ar novo (EN 15251:2007).....	23
4.3.3 Eficiência da ventilação (ASHRAE 62.1-2007) .....	24
4.4 Densidade de potência de iluminação (ASHRAE 90.1-2007) .....	26
4.5 Ocupação.....	27
4.5.1 Taxa de ocupação (RSECE).....	27
4.5.2 Calor libertado por ocupante (EN 13779:2007) .....	27
4.6 Densidade de potência de equipamentos eléctricos .....	28
4.7 Envolvente.....	29
4.7.1 Delimitação da envolvente.....	30
4.7.2 Envolvente opaca .....	31
4.7.3 Vãos envidraçados .....	33
5. Dimensionamento .....	35
5.1 Rede Hidráulica.....	35
5.1.1 Perdas de carga rede hidráulica.....	35
5.1.2 Retorno directo ou Retorno inverso .....	38
5.1.3 Válvulas de equilíbrio e controlo .....	38
5.1.4 Caudal constante e caudal variável .....	38
5.2 Rede Aerúlica .....	39
5.2.1 Método de redução de velocidade.....	39
5.2.2 Perda de carga constante .....	40
5.2.3 Potência de ventiladores .....	41
5.2.4 Selecção dos filtros .....	42
5.2.5 Nível de pressão sonora (dBA) .....	42
6. Projetos acompanhados durante o estágio .....	44
6.1 Bir-Zeit – Fábrica Piloto na Palestina .....	44
6.2 Pinkplate – Projecto de Nova Unidade Industrial .....	46
6.3 Lusomedicamenta – Caudal variável para Chillers.....	49
6.4 Hikma – Packaging .....	52
6.5 Eduardo Medeiro – Clinica de Cascais .....	53
6.6 Portucel – Edifícios da Pasta, Papel e Florestal .....	55
6.7 Lusomedicamenta 2 – Fluxos Laminares.....	57
6.8 Unidade de cuidados continuados – Algueirão .....	58

6.9 Condomínio Diana Park – Lisboa .....	59
7. Conclusões.....	60
8. Referências Bibliográficas.....	61
9. Anexos .....	64



## Índice de Equações

Equação 1 – Temperatura seca mínima (Tse mínima) .....	19
Equação 2 – Temperatura seca máxima (tbs máxima) .....	20
Equação 3 – Caudal de ar novo .....	24
Equação 4 – Temperatura do espaço não útil .....	30
Equação 5 – Resistência térmica (R).....	32
Equação 6 – Coeficiente de transmissão térmica (U).....	32
Equação 7 – Factor solar de vidro simples com uma protecção.....	33
Equação 8 – Factor solar de vidro duplo com uma protecção.....	33
Equação 9 – Factor solar de vidro simples com mais que uma protecção .....	33
Equação 10 – Factor solar de vidro duplo coma mais que uma protecção.....	33
Equação 11 – Perda de carga distribuída em tubagem (Método de Hazen-Williams) ...	35
Equação 12 – Perda de carga localizada em curvas e tês .....	36
Equação 13 – Perda de carga localizada em válvulas .....	37
Equação 14 – Potência de ventilador (EN 13779:2007) .....	41



## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Classificação do ar de extracção/rejeição (EN 13779:2007).....	12
Tabela 2 – Classificação do ar de extracção (EN 13773:2007).....	13
Tabela 3 – Classificação do ar exterior (EN 13779:2007) .....	13
Tabela 4 – Classificação do ar interior (EN 13779:2007).....	13
Tabela 5 – Resistência mecânica de UTA (EN 1886:2007).....	14
Tabela 6 – Estanqueidade de UTA (EN 1886:2007).....	14
Tabela 7 – Bypass ao filtro de UTA (EN 1886:2007).....	14
Tabela 8 – Transmissão térmica de UTA (EN 1886:2007).....	14
Tabela 9 – Factor de Pontes térmicas de UTA (EN 1886:2007).....	15
Tabela 10 – Eficiência mínima de recuperador de energia (EN 13053:2011) .....	15
Tabela 11 – Classificação de filtros (EN 779:2012).....	16
Tabela 12 – Classificação filtros (EN 1822:2010) .....	16
Tabela 13 – Registo de temperaturas da estação meteorológica da cidade de projecto .	19
Tabela 14 – Temperaturas mensais de projecto.....	20
Tabela 15 – Radiação solar no plano horizontal.....	21
Tabela 16 – Caudais de ar novo do RSECE .....	22
Tabela 17 – Caudais de ar novo por pessoa (EN 15251:21007) .....	24
Tabela 18 – Caudais de ar novo segundo os materiais de construção (EN 15251:2007)	24
Tabela 19 – Eficiência de ventilação (ASHRAE 62.1-2007).....	25
Tabela 20 – Densidade de potência de iluminação (ASHRAE 90.1-2007).....	26
Tabela 21 – Área útil por ocupante (RSECE) .....	27
Tabela 22 – Calor libertado por ocupante (EN 13779) .....	28
Tabela 23 – Densidade de potência de equipamentos eléctricos (RSECE).....	28
Tabela 24 – Coeficiente de transmissão térmica de elemento da envolvente opaca .....	31
Tabela 25 – Coeficiente de rugosidade (C) .....	36
Tabela 26 – Coeficiente de perda de carga localizada para acessórios roscados .....	37
Tabela 27 – Coeficiente de perda de carga localizada para acessórios soldados .....	37
Tabela 28 – Velocidade do ar em condutas (método da redução de velocidade).....	40
Tabela 29 – Velocidade do ar em condutas (método da perda de carga constante).....	41
Tabela 30 – Selecção de filtros (EN 13779:2007).....	42
Tabela 31 – Nível de pressão sonora (EN 13779:2007).....	43
Tabela 32 – Nível de pressão sonora (ASHRAE) .....	43

Tabela 33 – Ficha técnica de condensador (Bir-Zeit).....	44
Tabela 34 – Mapa de quantidades (Bir-Zeit).....	45
Tabela 35 – Lista de Salas com dados de Arquitectura (Impression edifício A2) .....	46
Tabela 36 – Lista de Salas com cargas de equipamentos de produção (Impression edifício A2).....	47
Tabela 37 – Lista de Salas com caudais de ar (Impression edifício. A2).....	47
Tabela 38 – Ficha técnica dos ventiladores (Impression edifício D1) .....	48
Tabela 39 – Equipamentos com consumo de água gelada (Lusomedicamenta) .....	49
Tabela 40 – Perda de carga de tubagem e acessórios (Lusomedicamenta).....	50
Tabela 41 - – Perda de carga de equipamentos (Lusomedicamenta) .....	51
Tabela 42 – Dados de arquitectura e cargas internas dos espaços da Lista de salas (Hikma).....	52
Tabela 43 – Condições ambientes dos espaços (Hikma).....	52
Tabela 44 – Perda de carga dos ventiladores (Clinica de Cascais) .....	53
Tabela 45 – Lista dos equipamentos interiores do sistema VRF (Clinica Cascais) .....	53
Tabela 46 – Ficha técnica das caixas de difusão com porta filtro (Clinica de Cascais) .	54
Tabela 47 – Ficha técnica das caixas de média química (Portucel) .....	55
Tabela 48 – Lista de unidades de tratamento de ar (Portucel).....	56
Tabela 49 – Lista de salas (Lusomedicamenta).....	57
Tabela 50 – Lista de Salas (Diana Park).....	59





# 1. Introdução

O presente trabalho tem como propósito expor o trabalho desenvolvido durante o estágio realizado num gabinete de engenharia no âmbito da tese final de mestrado, tendo como objectivo o desenvolvimento e contacto com as seguintes áreas de abordagem de projecto de climatização:

- Consultoria

Com base na experiência profissional o projectista efectua a análise e verificação de instalações ou projectos com vista a:

- Detectar fragilidades, resolver problemas de funcionamento, aumentar a fiabilidade e disponibilidade.
- Melhorar o desempenho e aumentar rendimentos.
- Reduzir os custos de funcionamento (factura energética e manutenção).
- Responder a necessidades especiais de clientes.
- Verificar o cumprimento de normas ou regulamentos.

- Cálculos de engenharia

Devido à abrangência do projecto de climatização envolve:

- Cálculos psicrométricos com análise e definição das condições exteriores de projecto, envolvente do edifício, cargas interiores dos espaços com horários de funcionamento e utilização, caudais de ar, condições de conforto e insuflação.
- Cálculos de dimensionamento de redes aeráulicas e hidráulicas envolvendo traçados e diâmetros das redes, equipamentos de regulação, perda de carga e pressão sonora da instalação.

- Análise de soluções e conceitos

Para os conceitos ou soluções, que cumprem os requisitos do projecto, estuda-se e desenvolve-se os seguintes parâmetros de modo a encontrar a solução que mais se adequa às necessidades e expectativas do cliente:

- Consumos energéticos e de investimento

- Necessidades e acessibilidades de manutenção.
  - Capacidades térmicas, viabilidade de utilização de recuperação de energia e free-cooling.
  - Localização de equipamentos cumprindo os níveis de ruído e constrangimentos do edifício.
- Implicações de gestão

O desenvolvimento de um projecto envolve o cumprimento de prazos, orçamentos e a execução de tarefas encadeadas entre si (estudos, cálculos, dimensionamento de redes e selecção de equipamentos), assim será necessário estruturar um plano abrangendo a divisão, organização, duração de tarefas e a sua distribuição por cada um dos intervenientes.

Sendo o projecto um conjunto de actividades em cadeia e com diversos intervenientes, a comunicação e organização da informação torna especial relevância, assim será também necessário adoptar uma metodologia relativamente a procedimentos para tratamento de informação e organização de documentos (nome e local de armazenamento de documentos de trabalho e informação recebida por parte de clientes ou fornecedores).

- Acompanhamento de instalações e ensaios.

Na fase de construção a equipa de projectistas efectua o acompanhamento da instalação desde a recepção e armazenamento de materiais, verificação de procedimentos de instalação e por fim os ensaios de recepção da instalação. Este último servirá para comprovar o desempenho dos equipamentos e efectuar a regulação final da instalação às condições de projecto.

De todos os objectivos propostos ficou a faltar o acompanhamento de instalações e ensaios devido em parte ao *timing* dos próprios projectos e por outro lado a obrigações académicas da minha parte.

A opção pela realização do estágio adveio primeiramente do gosto pela área da climatização e em seguida pela possibilidade de contacto com diferentes projectos, especificidades, abordagens e tarefas.

## **2. Conceitos**

A actividade desenvolvida durante o estágio teve como base a aplicação parcial de conceitos, sugestões e imposições contidos em manuais, regulamentos e normas que se apresentam em seguida.

### **2.1 Qualidade do ar interior**

A qualidade do ar juntamente com o conforto térmico constituem a base de desenvolvimento da maioria dos projectos de climatização. Pretende-se atingir condições ambientes isentas (dentro do possível) de contaminantes ou odores e com condições de temperatura, humidade e velocidade dentro de gamas de conforto.

Para tratar o ar de modo a alcançar estas exigências existem seis processos base:

- Aquecimento - Adicionar energia térmica ao ar ambiente com o propósito de aumentar ou manter a sua temperatura.
- Arrefecimento – Remover energia térmica do ar ambiente com o propósito de diminuir ou manter a sua temperatura.
- Desumidificação – Remover água do ar ambiente com o propósito de diminuir ou manter a sua humidade relativa ou específica.
- Humidificação – Adicionar água ao ar ambiente com o propósito de aumentar ou manter a sua humidade relativa ou específica.
- Filtragem – Remoção de partículas e contaminantes do ar ambiente com o intuito de aumentar a sua qualidade. Este método também é utilizado de modo a manter a eficiência dos equipamentos que constituem os vários sistemas de climatização (no caso de pré-filtros).
- Ventilação – Introduzir ar exterior no espaço interior com o objectivo de diluir os contaminantes e melhorar ou manter a qualidade do ar ambiente.

## **2.2 Conforto térmico**

A percepção de conforto térmico será um conceito que varia de indivíduo para indivíduo e dependerá fundamentalmente de três parâmetros: Saúde/vulnerabilidade, Expectativas, Vestuário/atividade física.

### **2.2.1 Saúde/vulnerabilidade**

O conforto térmico para um indivíduo saudável é em regra bastante abrangente quando comparado por exemplo com um paciente doente na sala de espera de um consultório médico, este com a saúde já debilitada achará com certeza uma corrente de ar bastante desconfortável e aflitiva enquanto o primeiro poderá nem notar essa mesma condição.

### **2.2.2 Expectativas dos ocupantes**

As expectativas dos ocupantes é outra condicionante e torna-se evidente quando se compara por exemplo um espaço considerado luxuoso a uma cozinha, a tolerância ao que se considera conforto térmico aplicado a um e outro caso são bastante díspares, no segundo sabendo à partida que é um local de confecção de alimentos é de esperar que existam cheiros, temperaturas e humidades mais elevadas, no primeiro essa mesma tolerância será bastante mais restritiva.

### **2.2.3 Vestuário/atividade física**

O tipo de vestuário e nível de atividade física influenciam igualmente a percepção de conforto, num espaço climatizado um indivíduo vestindo roupa leve ou com atividade física reduzida prezarà uma temperatura ligeiramente mais elevada quando comparado a um indivíduo de fato ou com um elevado nível de atividade física.

Sobre a qualidade do ar interior e do conforto térmico o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) refere no artigo 14.º do capítulo V as condições interiores de referência onde consta o seguinte:

- As condições ambientes de conforto de referência são uma temperatura do ar de 20°C para a estação de aquecimento e uma temperatura do ar de 25°C e 50% de humidade relativa para a estação de arrefecimento;
- A taxa de referência para a renovação do ar, para garantia da qualidade do ar interior, é de 0,6 renovações por hora, devendo as soluções construtivas adoptadas para o edifício ou fracção autónoma, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, garantir a satisfação desse valor sob condições médias de funcionamento.

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) refere que a velocidade do ar interior não deve exceder os 0,2m/s na zona ocupada (artigo 4.º do capítulo II) e impõe taxas de ventilação em função do tipo de espaço (Anexo VI).

### **2.3 Fases de Projecto**

O guia “ASHRAE 0-2005 Processo de Comissionamento” define as seguintes fases de projecto: Pré-projecto, Projecto, Construção e Comissionamento. Este guia foi escrito de modo a documentar as boas práticas para alcançar instalações que desempenhem as suas funções de acordo com os requisitos de projecto e refere para isso processos, métodos e documentos de cada fase de projecto.

Tendo em vista o cumprimento dos requisitos de projecto, no início da fase de concepção deverá estar definido o programa do edifício onde conste:

- Objectivo funcional desde a entrada em funcionamento até futuras utilizações.
- Descrição clara da função de cada área dentro do edifício.
- Distribuição, horário de utilização e número de ocupantes do edifício.
- Recursos utilizados no edifício (por exemplo o tipo de combustíveis utilizados ou outros fluidos como ar comprimido).
- Localização geográfica e regulamentos ou códigos locais de construção.
- Área, altura e número de pisos do edifício.
- Orçamento para a fase de construção e de manutenção durante o funcionamento.
- Prazos do projecto e restrições de tempo.
- Definição clara dos requisitos de qualidade do projecto.

Em complemento ao programa do edifício existirá o programa dos sistemas de climatização. Estes dois documentos em conjunto irão regulamentar e influenciar todas as decisões dentro desta especialidade, assim deverão encontrar-se escritos de forma explícita para que não surjam dúvidas durante a concepção e desenvolvimento do projecto.

No programa do sistema de climatização deverá constar:

- Temperatura exterior seca e húmida de projecto;
- Definição dos graus-dias para aquecimento e arrefecimento;
- Códigos e regulamentos aplicáveis;
- Tipo e capacidade de recursos disponíveis;
- Temperaturas secas e húmidas dos espaços (dia e noite com ou sem ocupação);
- Requisitos de ventilação e qualidade do ar interior;
- Condições especiais relativamente a cargas térmicas de equipamentos ou iluminação, áreas com requisitos de humidade, ruído ou vibrações;
- Critério de aceitação para os parâmetros acima referidos.

Alguma desta informação como seja a temperatura exterior, os graus-dias e os requisitos de ventilação encontram-se definidos no Regulamento das Características de Comportamento Térmicos dos Edifícios (RCCTE) e Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

Após a transmissão dos requisitos poder-se-á dar início ao projecto através do desenvolvimento das seguintes fases: Conceito/Esquema, Desenvolvimento do projecto, Construção.

### **2.3.1 Conceito/esquema**

Na fase de conceito/esquema o projectista concentra-se em delinear e explorar, de acordo com os requisitos de projecto, uma ou mais soluções que recolham a atenção e aprovação do dono de obra. Para tal efectua-se a comparação da necessidade de espaço

para implementação de equipamentos, os equipamentos e recursos utilizados e ainda os esquemas e descrições funcionais de cada uma das soluções.

Dependendo do nível de detalhe da informação existente relativamente à arquitectura e electricidade do edifício (relevantes ao nível de constrangimentos e das cargas térmicas), poderá ser aconselhável por parte do projectista de climatização efectuar o estudo das soluções através de valores padrão baseados na sua experiência profissional ou em valores referidos em normas e regulamentos.

### **2.3.2 Desenvolvimento do Projecto**

Após o dono de obra aprovar as soluções apresentadas e com o desenvolvimento das restantes especialidades é possível conferir e corrigir os cálculos efectuados na fase anterior, procedendo-se de seguida ao dimensionamento das redes aerúlica, hidráulica e à selecção de equipamentos.

Por último resta documentar todas as especificações utilizando para tal peças escritas e desenhadas e submeter para a aprovação final do dono de obra.

### **2.3.3 Construção**

Na fase de construção, habitualmente a cargo de uma empresa de instalação, cabe ao projectista de climatização e sua equipa as seguintes tarefas:

- Verificar se os itens submetidos para aprovação por parte do instalador estão de acordo com as especificações de projecto.
- Acompanhar a instalação de equipamentos.
- Esclarecimento das dúvidas que possam surgir por parte dos instaladores, na interpretação dos documentos.
- Acompanhar a fase de comissionamento onde se testa e acerta o funcionamento da instalação de acordo com as especificações do projecto.

### **3. Normas, Decretos-Lei e Portarias**

Em complemento à informação constante no capítulo 2 relativamente aos conceitos e fases de projecto importa também referir algumas normas e regulamentos que influenciam as actividades de engenharia no âmbito do projecto de climatização.

#### **3.1 Portaria n.º 701-H/2008**

Esta portaria publicada a 29 de Julho, aplicável a obras públicas, define Projecto como o conjunto de documentos escritos e desenhados que definem e caracterizam a concepção funcional, estética e construtiva de uma obra, refere ainda as fases e os documentos necessários em cada uma delas salvaguardando a sua dispensada mediante acordo entre o dono de obra e o autor do projecto.

Segundo este documento definem-se as seguintes fases de projecto:

- Programa preliminar – Definição dos objectivos, características funcionais e condicionamentos financeiros da obra, bem como os respectivos custos e prazos de execução.
- Programa base - Verificação da viabilidade da obra e estudo de soluções alternativas.
- Estudo prévio - Exposição da solução que melhor se ajusta à concepção geral da obra.
- Anteprojecto ou Projecto base - Estabelecem-se as bases que devem ser seguidas durante o projecto de execução.
- Projecto de execução e Assistência técnica - Destina-se a facultar todos os elementos necessários à definição rigorosa dos trabalhos a executar. A assistência técnica consiste na prestação de informações e esclarecimentos com o objectivo de assegurar a execução da obra de forma correcta, ou seja de acordo com o projecto e com o caderno de encargos.

A fase de assistência técnica é dividida em dois períodos, o primeiro até à adjudicação da obra e o segundo durante a fase de execução, no primeiro define-se que a assistência técnica dada pelo projectista ao dono de obra compreende as seguintes actividades:

- Esclarecimento de dúvidas relativas ao projecto durante a preparação do processo do concurso para fornecimento da empreitada;
- Prestação de informações e esclarecimentos solicitados por concorrentes;
- Prestação de apoio ao Dono de Obra na apreciação e comparação das condições da qualidade das soluções técnicas das propostas de modo a permitir a correcta ponderação por parte deste.

Na fase de execução da obra compreende:

- Esclarecimento de dúvidas de interpretação, ambiguidades ou omissões do projecto, bem como a elaboração das peças de alteração do projecto necessárias à respectiva correcção;
- Apreciação de documentos de ordem técnica apresentados pelo empreiteiro relativamente à sua compatibilidade com o projecto;
- Proceder à elaboração das telas finais após a conclusão da execução da obra, verificando a conformidade das mesmas com o projecto de execução e das eventuais alterações nele introduzidas.

### **3.2 Decreto-Lei n.º 78/2006 – Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior em Edifícios (SCE)**

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios resulta da transposição da Directiva n.º 2002/91/CE do Parlamento Europeu relativa ao desempenho energético dos edifícios, que estabelece a implementação de um sistema de certificação energética de forma a informar sobre a qualidade térmica dos edifícios.

A implementação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) juntamente com o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) e com o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), pretendeu estabelecer metas para alcançar os objectivos acordados no Protocolo de Quioto e também que daí resultassem economias para os utilizadores dos edifícios relativamente à conta de energia.

### **3.3 Decreto-Lei n.º 79/2006 – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)**

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei n.º79/2006) transpõe para o direito nacional a Directiva 2002/91/CE relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios e surge com os seguintes objectivos:

- Definir as condições de conforto térmico e de higiene que devem ser requeridas nos diferentes espaços dos edifícios, em consonância com as respectivas funções;
- Melhorar a eficiência energética global dos edifícios, não só nos consumos para climatização mas em todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a sua limitação efectiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios a construir ou nas grandes intervenções de reabilitação;
- Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efectivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível do projecto, da sua instalação, ou durante o seu funcionamento através de uma manutenção adequada;
- Monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

#### Âmbito de aplicação do RSECE

- Grandes edifícios ou fracções autónomas de serviços, existentes e novos, com área útil superior a 1000m<sup>2</sup>, ou edifícios como centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, com área superior a 500m<sup>2</sup>;
- Fracções autónomas de serviços ou edifícios novos com potência térmica instalada superior a 25kW;
- Edifícios de habitação novos ou cada uma das suas fracções autónomas com sistemas de climatização com potência térmica superior a 25kW;

- Sistemas de climatização novos a instalar em edifícios ou fracções autónomas existentes, de serviços ou de habitação, com potência térmica instalada igual ou superior a 25kW em qualquer tipologia de edifícios;
- Grandes intervenções de reabilitação relacionadas com a envolvente, as instalações mecânicas de climatização ou os demais sistemas energéticos dos edifícios de serviços;
- Ampliação de edifícios existentes em que a intervenção não atinja o limiar definido para ser considerada uma grande intervenção de reabilitação.

### **3.4 Decreto-Lei n.º 80/2006 – Regulamento das Características de Comportamento Térmicos dos Edifícios (RCCTE)**

Com o novo regulamento, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 80/2006, pretendeu-se que sem o consumo excessivo de energia, fossem satisfeitas as exigências relativas ao conforto térmico, à qualidade do ar interior e às águas quentes sanitárias, estabelecendo para esse efeito:

- Requisitos de qualidade para a envolvente de modo a limitar as perdas térmicas e a controlar os ganhos solares excessivos;
- Limites aos consumos energéticos para climatização e produção de águas quentes incentivando a utilização de sistemas eficientes e de fontes de energia renovável.

#### Âmbito de aplicação do RCCTE

- Edifícios de habitação;
- Edifícios de serviços com área útil inferior a 1000m<sup>2</sup> e sem sistemas mecânicos de climatização ou com sistemas de climatização de potência térmica inferior ou igual a 25kW;
- Grandes intervenções de remodelação ou de alteração na envolvente ou nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias das duas tipologias referidas anteriormente;

- Ampliações de edifícios existentes, quando a intervenção configura uma grande reabilitação, nas restantes ampliações aplicam-se apenas os requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente apenas à parte ampliada. Por grande reabilitação entende-se aquela cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício.

### 3.5 Norma EN 13779:2007 – Ventilação em edifícios não residenciais

A norma EN 13779:2007 serve de guia para projectos de ventilação e climatização em edifícios, fornecendo informação útil e relevante para se atingir um ambiente confortável e saudável a baixos custos de instalação e funcionamento, com esse objectivo é definido e classificado o ar de extracção, de rejeição, exterior e interior.

#### 3.5.1 Classificação do ar de extracção/rejeição

Na tabela 1 apresentam-se as categorias do ar de extracção (ETA) e rejeição (EHA), caracterizando a concentração e tipo de contaminantes.

Categoria	Concentração de contaminantes	Descrição	Exemplos
ETA 1/EHA 1	Baixa	Ar proveniente de espaços onde as principais fontes emissoras de poluentes são as pessoas, os materiais e elementos de construção; Espaço onde não é permitido fumar.	Escritórios, serviços públicos, salas de aula, escadas, corredores, salas de reuniões.
ETA 2/EHA 2	Moderada	Ar proveniente de espaços que contenham mais poluentes que na categoria 1.	Refeitórios, lojas, salas de arrumos, quartos de hotel e vestiários.
ETA 3/EHA 3	Alta	Ar proveniente de espaços com humidade elevada ou químicos.	Instalações sanitárias, cozinhas, salas de cópias e espaços para fumadores.
ETA 4/EHA 4	Muito Alta	Ar com odores e impurezas em concentrações superiores às permitidas em espaços ocupados.	Garagens, tuneis, parques de estacionamento.

**Tabela 1 – Classificação do ar de extracção/rejeição (EN 13779:2007)**

Em caso de junção de ar extraído de diferentes espaços, o caudal terá a categoria do ar mais poluído (com maior categoria).

De acordo com esta norma o ar de extracção (ETA) deverá ser removido ou recirculado mediante a categoria em que se insere, na tabela 2 apresentam-se as imposições relativamente ao modo de extracção do ar e à sua adequação para recirculação.

Categoria	Extracção	Recirculação
ETA 1	Conduta comum aos restantes caudais de extracção das categorias ETA 1 e 2.	Adequado como ar de recirculação ou para transferência entre espaços.
ETA 2	Conduta comum aos restantes caudais de extracção das categorias ETA 1 e 2.	Não adequado como ar de recirculação mas poderá ser utilizado como ar de transferência para casas de banho, garagens ou similar.
ETA 3	Geralmente através de conduta individual ou conduta comum aos vários caudais de extracção desta categoria.	Não adequado como ar de recirculação ou de transferência.
ETA 4	Conduta individual.	Não adequado como ar de recirculação ou de transferência.

**Tabela 2 – Classificação do ar de extracção (EN 13773:2007)**

### 3.5.2 Classificação do ar exterior

Na tabela 3 apresentam-se a classificação da norma aos diferentes tipos de ar exterior.

Categoria	Descrição
ODA 1	Ar exterior “puro” que pode conter algum pó.
ODA 2	Ar exterior que contenha altas concentrações de partículas.
ODA 3	Ar exterior com muito altas concentrações de partículas ou gases poluentes.

**Tabela 3 – Classificação do ar exterior (EN 13779:2007)**

### 3.5.3 Classificação do ar interior

Esta norma classifica o ar interior em espaços onde não se permita fumar, desta forma a principal causa de poluição será o metabolismo humano e a qualidade do ar será atribuída segundo a concentração de CO<sub>2</sub>, na tabela 4 apresenta-se os valores considerados nesta classificação.

Categoria	Descrição	Concentração de CO <sub>2</sub> acima da concentração do ar exterior (p.p.m.)	
		Gama de valores	Valor por defeito
IDA 1	Qualidade alta	≤400	350
IDA 2	Qualidade média	400-600	500
IDA 3	Qualidade moderada	600-1000	800
IDA 4	Qualidade baixa	>1000	1200

**Tabela 4 – Classificação do ar interior (EN 13779:2007)**

### 3.6 Norma EN 1886:2007

As unidades de tratamento de ar são seleccionadas para responder às necessidades de climatização das instalações, sendo indicadas para sistemas onde se pretende controlar com precisão a qualidade, temperatura, humidade e a renovação de ar.

A norma EN 1886:2007 classifica o desempenho das unidades de tratamento de ar da forma indicada nas tabelas 5 a 9, segundo a resistência mecânica, estanqueidade, *bypass* ao filtro, transmissão térmica e factor de pontes térmicas:

- Resistência mecânica

Classe	Deflexão máxima (mm)
D1	4
D2	10
D3	>10

**Tabela 5 – Resistência mecânica de UTA (EN 1886:2007)**

- Estanqueidade

Classe	Factor de Fuga máxima (L/ (s.m <sup>2</sup> ))	
	Pressão de Teste = -400Pa	Pressão de Teste = +700Pa
L1	0.15	0.22
L2	0.44	0.63
L3	1.32	1.90

**Tabela 6 – Estanqueidade de UTA (EN 1886:2007)**

- Bypass ao filtro

Classe do Filtro	G1-4	F5	F6	F7	F8	F9
Fuga admissível em % do caudal total	-	6	4	2	1	0.5

**Tabela 7 – Bypass ao filtro de UTA (EN 1886:2007)**

- Transmissão térmica

Classe	U (W/ (m <sup>2</sup> .°C))
T1	$U \leq 0.5$
T2	$0.5 < U \leq 1.0$
T3	$1.0 < U \leq 1.4$
T4	$1.4 < U \leq 2.0$
T5	Sem requisitos

**Tabela 8 – Transmissão térmica de UTA (EN 1886:2007)**

- Factor de Pontes térmicas

Classe	kb
TB1	$0.75 \leq kb < 1.00$
TB2	$0.60 \leq kb < 0.75$
TB3	$0.45 \leq kb < 0.60$
TB4	$0.30 \leq kb < 0.45$
TB5	Sem requisitos

**Tabela 9 – Factor de Pontes térmicas de UTA (EN 1886:2007)**

### 3.7 Norma EN 13053:2011

A norma EN 13053:2011 indica o desempenho dos componentes e secções das unidades de tratamento de ar, na tabela 10 encontra-se indicada a eficiência mínima dos recuperadores de energia em função das horas anuais em funcionamento e do caudal de ar tratado.

Eficiência mínima (%)		Tempo de funcionamento (h/ano)			
		<2000	≥2000 a 4000	≥4000 a 6000	>6000
Caudal (l/s)	550 a 1390	-	40	43	45
	>1390 a 2780	40	43	45	50
	>2780 a 6940	43	47	50	55
	>6940 a 13890	50	53	58	63
	>13890	55	58	63	68

**Tabela 10 – Eficiência mínima de recuperador de energia (EN 13053:2011)**

### 3.8 Norma EN 779:2012

Os filtros servem para evitar a concentração de contaminações nos espaços e nos elementos que constituem o sistema de climatização (equipamentos, condutas, registos, grelhas e difusores).

Esta norma classifica os filtros da seguinte forma:

- Pré-filtros (classe G);
- Filtros médios (classe M);
- Filtros finos (classe F),

Na tabela 11 apresenta-se a eficiência de filtragem para cada classe bem como a pressão de colmatação.

Grupo	Classe	Retenção média (%)	Eficiência mínima @ 0,4µm (%)	Eficiência média @ 0,4µm (%)	Pressão colmatação (Pa)
Pré-filtro	G1	50≤Am<65			250
	G2	65≤Am<80			250
	G3	80≤Am<90			250
	G4	90≤Am			250
Médio	M5			40≤Em<60	450
	M6			60≤Em<80	450
Fino	F7		35	80≤Em<90	450
	F8		55	90≤Em<95	450
	F9		70	95≤Em	450

**Tabela 11 – Classificação de filtros (EN 779:2012)**

### 3.9 Norma EN 1822:2010

A norma EN 1822:2010 classifica os filtros de alta eficiência (absolutos) em:

- EPA – Filtro de ar eficiente para partículas (classe E);
- HEPA – Filtros de ar de alta eficiência para partículas (classe H);
- ULPA – Filtros de ar de ultra baixa penetração de aerossóis (classe U);

Na tabela 12 apresenta-se a eficiência de filtragem segundo um local específico do filtro (Local) e a soma de toda a área de filtragem (Integral).

Grupo	Classe	Integral		Local	
		Eficiência (%)	Penetração (%)	Eficiência (%)	Penetração (%)
EPA	E10	≥85	≤15		
	E11	≥95	≤5		
	E12	≥99.5	≤0.5		
HEPA	H13	≥99.95	≤0.05	≥99.75	≤0.25
	H14	≥99.995	≤0.005	≥99.975	≤0.025
ULPA	U15	≥99.9995	≤0.0005	≥99.9975	≤0.0025
	U16	≥99.99995	≤0.00005	≥99.99975	≤0.00025
	U17	≥99.999995	≤0.000005	≥99.9999	≤0.0001

**Tabela 12 – Classificação filtros (EN 1822:2010)**

## 4. Simulação Dinâmica

A simulação dinâmica em projectos de climatização tem como propósito analisar o desempenho energético de um modelo do edifício, o cálculo efectuado pelo *software* simula o comportamento das diversas zonas, sistemas de climatização e todas as cargas envolvidas, no final possibilita a caracterização dos consumos energéticos, temperaturas dos espaços e necessidades de aquecimento e arrefecimento, dados fundamentais para o projecto de climatização.

Conhecendo a influência da climatização sobre os custos finais da construção de um edifício é importante a correcta construção do modelo, para tal não bastará ter os dados correctos da caracterização da envolvente mas também ter dados fiáveis relativamente a todas as cargas térmicas envolvidas (interiores e exteriores). No princípio de desenvolvimento do modelo da simulação será necessário caracterizar os seguintes pontos:

- Cargas térmicas;
- Factores climáticos;
- Tipologias da envolvente;
- Orientação do edifício;
- Sombreamentos;
- Horários de ocupação;
- Ventilação e infiltrações de ar.

### 4.1 Condições climáticas

#### 4.1.1 Temperaturas exteriores secas de projecto

A definição das temperaturas exteriores mensais terá como finalidade uma caracterização fiável do perfil horário da temperatura de modo a obter uma simulação o mais realista possível.

#### *4.1.1.1 Temperatura exterior de projecto de Verão*

A definição da temperatura exterior de projecto de Verão é feita através do Quadro III.1 do RCCTE – Distribuição dos concelhos de Portugal continental segundo as zonas e correspondentes dados climáticos de referência, nele aparecem referidos:

- Zona climática de Inverno – Divisão das condições climáticas exteriores para a estação de aquecimento. O país fica dividido em 3 Zonas (I1, I2 e I3), tendo por base a temperatura interior de referência para esta estação (20°C).
- Número de graus-dias (GD) – Número que caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento, quanto maior for menores as suas temperaturas. Este número é igual ao somatório das diferenças positivas entre a temperatura interior de referência para a estação de aquecimento (20°C) e a temperatura do ar exterior.
- Duração da estação de aquecimento em meses.
- Zona climática de Verão - Divisão das condições climatéricas exteriores para a estação de arrefecimento. O país fica dividido em 3 Zonas (V1, V2 e V3), tendo por base a temperatura interior de referência para esta estação (25°C).
- Temperatura exterior de projecto – Temperatura exterior que não é ultrapassada durante mais do que 2,5% da duração da estação de arrefecimento. Esta será a temperatura convencionada para o dimensionamento do sistema de climatização.
- Amplitude térmica – Valor médio das diferenças registadas entre as temperaturas máxima e mínima diária no mês mais quente.

#### *4.1.1.2 Temperatura exterior de projecto de Inverno*

A temperatura exterior de projecto de Inverno pode ser consultada no documento “Temperaturas Exteriores de Projecto e Números de Graus – Dias” do Instituto de Meteorologia de Portugal e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, nele constam as temperaturas exteriores de projecto para diferentes cidades para uma probabilidade acumulada de 1, 2,5, 5 e 10%. Pela definição de temperaturas exteriores de projecto (Anexo II do RCCTE), esta será a temperatura exterior que não é ultrapassada durante mais do que 2,5% da duração da estação de aquecimento.

#### 4.1.1.3 Perfil mensal de temperaturas e humidades relativas exteriores

Seleccionadas as temperaturas exteriores de projecto, consulta-se o registo de temperaturas das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica para a cidade de projecto, neste documento constam as humidades relativas, temperaturas médias e absolutas do ar para os diversos meses do ano que servirão de base para a caracterização do perfil de temperatura exterior (tabela 13).

Meses	Temperatura Média do ar (°C)					Temperatura Absoluta do ar (°C)		Humidade rel. Média do ar (%)	
	9h	18h	Mensal	Max	Min	Max	Min	9h	18h
Janeiro	4,2	7,8	6,1	10,2	2,0	19,5	-6,0	89,0	82,0
Fevereiro	5,2	10,3	7,8	12,6	2,8	22,2	-5,8	88,0	74,0
Março	8,0	13,4	10,2	15,9	4,4	26,0	-6,0	81,0	66,0
Abril	11,3	16,4	12,5	18,9	6,4	31,5	-2,0	74,0	59,0
Mai	15,5	20,5	16,3	23,0	9,6	36,3	0,2	67,0	55,0
Junho	19,5	24,7	20,4	27,5	13,4	41,7	4,5	62,0	51,0
Julho	22,2	28,8	23,6	31,6	15,6	41,0	7,0	56,0	41,0
Agosto	21,2	28,3	22,9	31,0	14,9	40,5	7,8	58,0	41,0
Setembro	18,0	24,4	20,0	27,3	12,8	38,8	4,0	68,0	50,0
Outubro	13,0	18,4	15,2	21,2	9,1	33,0	-3,0	81,0	65,0
Novembro	7,1	11,8	9,4	14,6	4,2	25,0	-5,5	87,0	77,0
Dezembro	4,6	7,8	6,3	10,4	2,3	20,0	-9,5	90,0	83,0

**Tabela 13 – Registo de temperaturas da estação meteorológica da cidade de projecto (Mirandela)**

##### 4.1.1.3.1 Temperaturas secas máximas (Tse máxima) e mínimas (Tse mínima) mensais

A escolha das temperaturas secas máximas e mínimas mensais poderia recair sobre as temperaturas médias ou máximas da tabela 13, de modo a equilibrar o perfil de temperaturas opta-se geralmente por efectuar um balanço entre as duas utilizando as equações 1 e 2, na tabela 14 apresentam-se as temperaturas mensais secas máximas e mínimas.

$$Tse\ minima = \frac{2 \times Tm\acute{e}dia\ min + Tabsoluta\ min}{3} (°C)$$

**Equação 1 – Temperatura seca mínima (Tse mínima)**

$$T_{se\ máxima} = \frac{2 \times T_{média\ max} + T_{absoluta\ max}}{3} (°C)$$

**Equação 2 – Temperatura seca máxima (tbs máxima)**

Meses	tbs mínima (°C)	tbs máxima (°C)
Janeiro	-0,7	13,3
Fevereiro	-0,1	15,8
Março	0,9	19,3
Abril	3,6	23,1
Mai	6,5	27,4
Junho	10,4	32,2
Julho	12,7	34,7
Agosto	12,5	34,2
Setembro	9,9	31,1
Outubro	5,1	25,1
Novembro	1,0	18,1
Dezembro	-1,6	13,6

**Tabela 14 – Temperaturas mensais de projecto (Mirandela)**

Caso se observe que as temperaturas máximas mensais da tabela 14 ultrapassam as temperaturas exteriores de projecto, será necessário proceder a um ajuste para que as piores condições coincidam com as temperaturas exteriores de projecto, nesse caso adopta-se a temperatura exterior de projecto como a temperatura máxima mensal.

#### 4.1.1.3.5 Temperatura máxima (tbh máxima) e mínima (tbh mínima) de bolbo húmido

As temperaturas de bolbo húmido encontram-se com o auxílio de uma carta psicrométrica fazendo coincidir humidades específicas, a temperatura seca máxima (tabela 14) terá a mesma humidade específica da temperatura média às 18horas (tabela 13) e a temperatura seca mínima da temperatura média às 9horas.

#### 4.1.2 Temperaturas exteriores húmidas de projecto

A humidade da temperatura exterior de projecto de Inverno será igual à humidade da temperatura média às 9horas do mês mais frio, a temperatura de projecto de Verão terá a mesma humidade da temperatura média às 18horas do mês mais quente.

## 4.2 Radiação solar

A radiação solar tem uma importante contribuição na diminuição das necessidades de aquecimento no Inverno, por outro lado durante o Verão traduz-se em calor que atravessa os envidraçados e que terá de ser rejeitado, deste modo será imprescindível contabilizar esta energia.

O *software* de simulação poderá já conter alguma informação referente a este dado, porém interessa que esta esteja calibrada para o local de projecto. Os dados referentes à radiação solar em território nacional podem ser consultados no Mapa de Radiação Global do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, na tabela 15 apresenta-se a correcção dos valores da radiação solar no plano horizontal. A tabela 15 contém os valores originais da radiação solar horária, o respectivo somatório diário e mensal e os valores retirados no mapa da radiação do INMG. Na última linha apresenta-se o quociente entre os valores do mapa do INMG e do somatório mensal, este valor indica a percentagem da radiação solar que efectivamente chega à superfície da terra num plano horizontal.

		Radiação Solar (kW/m <sup>2</sup> )											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Dados iniciais do <i>software</i>	7-8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	8-9	0,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0
	9-10	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
	10-11	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3
	11-12	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
	12-13	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
	13-14	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,4
	14-15	0,4	0,6	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,6	0,3	0,3
	15-16	0,3	0,4	0,5	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,6	0,5	0,2	0,2
	16-17	0,1	0,2	0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0	0,0
	17-18	0,0	0,1	0,2	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0
18-19	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	
19-20	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total diário		3	4	6	7	8	8	8	7	6	4	3	2
Dias no mês		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Total mensal		87	117	177	213	249	250	247	217	165	127	84	71
Mapa INMG		46	71	112	163	205	217	242	208	146	101	60	46
Correcção (%)		0,53	0,61	0,63	0,76	0,82	0,87	0,98	0,96	0,88	0,79	0,72	0,65

**Tabela 15 – Radiação solar no plano horizontal (Mirandela)**

## 4.3 Caudais de ar novo

### 4.3.1 Caudais de ar novo (RSECE)

O RSECE impõe caudais mínimos de ar novo nos espaços a climatizar de modo a garantir a boa qualidade do ar nos espaços (Anexo VI), na tabela 16 encontram-se os caudais impostos por ocupação ( $\text{m}^3/\text{(h.pessoa)}$ ) e por área ( $\text{m}^3/\text{(h.m}^2\text{)}$ ), caso existam as duas condições dever-se-á cumprir ambas as exigências.

Tipo de Actividade		Caudais de ar novo	
		( $\text{m}^3/\text{(h.p)}$ )	( $\text{m}^3/\text{(h.m}^2\text{)}$ )
Residencial	Salas de estar e quartos	30	
Comercial	Salas de espera	30	
	Lojas de comércio		5
	Áreas de armazenamento		5
	Vestiários		10
	Supermercados	30	5
Serviços de refeições	Salas de refeições	35	
	Cafetarias	35	35
	Bares, salas de cocktail	35	35
	Sala de preparação de refeições	30	
Empreendimentos turísticos	Quartos/suites	30	
	Corredores/átrios		5
Entretenimento	Corredores/átrios		5
	Auditórios	30	
	Zona do palco, estúdios	30	
	Café/foyer	35	35
	Piscinas		10
	Ginásio	35	
Serviços	Gabinetes	35	5
	Salas de conferências	35	20
	Salas de assembleia	30	20
	Salas de desenho	30	
	Consultórios médicos	35	
	Salas de recepção	30	15
	Salas de computador	30	
	Elevadores		15
Escolas	Salas de aula	30	
	Laboratórios	35	
	Auditórios	30	
	Bibliotecas	30	
	Bares	35	
Hospitais	Quartos	45	
	Áreas de recuperação	30	
	Áreas de terapia	30	

**Tabela 16 – Caudais de ar novo do RSECE**

### **4.3.2 Caudais de ar novo (EN 15251:2007)**

A norma EN 15251:2007 também impõe caudais mínimos de ar novo, atribuindo os caudais segundo as expectativas dos utilizadores e os materiais de construção dos espaços. Na tabela 17 apresentam-se os caudais indicados pela norma por ocupação do espaço e na tabela 18 os caudais segundo os materiais de construção.

#### Categorias de Expectativas

- I - Expectativa elevada, recomendado para espaços ocupados por pessoas com saúde sensível (deficientes, doentes, crianças e idosos);
- II - Expectativa normal, utilizado em edifícios novos e renovações;
- III - Expectativa moderada, utilizado em edifícios existentes;
- IV - Expectativa abaixo das acima referidas, deverá ser aceite somente para uma parte limitada do ano.

#### Tipos de construção

- Emissões de poluentes muito baixas
  - Materiais de construção pouco poluentes
  - Actividades com emissão de poluentes são proibidas
  - Poluentes como fumo de cigarros nunca presente
- Emissões de poluentes baixas
  - Materiais de construção pouco poluentes
  - Actividades com emissão de poluentes são limitadas ou proibidas
- Emissões de poluentes moderadas
  - Edifícios novos ou existentes sem selectividade por materiais de construção pouco poluentes
  - Actividades com emissão de poluentes não são proibidas

#### 4.3.2.1 Caudais de ar novo por pessoa

Categoria	Caudal ar novo (L/ (s.pessoa))	Pessoas Insatisfeitas (%)
I	10	15
II	7	20
III	4	30
IV	<4	>30

**Tabela 17 – Caudais de ar novo por pessoa (EN 15251:2007)**

#### 4.3.2.2 Caudais de ar novo segundo os materiais de construção

Categorias	Emissões de poluentes muito baixas (L/ (s.m <sup>2</sup> ))	Emissões de poluentes baixas (L/ (s.m <sup>2</sup> ))	Emissões de poluentes moderadas (L/ (s.m <sup>2</sup> ))
I	0,50	1.00	2.00
II	0,35	0.70	1.40
III	0,30	0.40	0.80

**Tabela 18 – Caudais de ar novo segundo os materiais de construção (EN 15251:2007)**

Os valores dos caudais de ar novo pelo RSECE ou pela norma EN 15251 serão sempre majorados de modo a cumprir com os caudais impostos segundo a taxa de ocupação e área, após o cálculo dos caudais deverá ser levada em consideração a eficiência do sistema de ventilação de modo a assegurar a boa distribuição do ar por todo o espaço.

#### 4.3.3 Eficácia da ventilação (ASHRAE 62.1-2007)

De modo a assegurar a boa ventilação de todo o espaço a norma "ASHRAE 62.1-2007 Ventilação para nível aceitável de qualidade do ar interior", indica a utilização da equação 3 e dos valores de eficiência de ventilação da tabela 19.

$$V_{OZ} = \frac{V_{bZ}}{E_z}$$

**Equação 3 – Caudal de ar novo**

Onde:

V<sub>OZ</sub> – Caudal de ar novo a insuflar garantindo a boa distribuição do mesmo por todo o espaço.

V<sub>bZ</sub> – Caudal regulamentar de ar novo.

E<sub>z</sub> – Eficácia de ventilação segundo o tipo de distribuição de ar.

Configuração da Distribuição de ar.	Ez
Insuflação de ar arrefecido ao nível do tecto.	1.0
Insuflação de ar aquecido ao nível do tecto. Extracção ao nível do chão.	1.0
Insuflação de ar aquecido ao nível do tecto, 8°C ou mais acima da temperatura do espaço. Extracção ao nível do tecto.	0.8
Insuflação de ar aquecido ao nível do tecto, com diferença de temperatura relativamente ao espaço inferior a 8°C, alcançando uma altura de 1,4m do chão a uma velocidade de 0,8m/s. Extracção ao nível do tecto. Nota: Para velocidades de insuflação inferiores, Ez =0.8	1.0
Insuflação de ar arrefecido ao nível do chão alcançando pelo menos uma altura de 1,4m a uma velocidade de 0,8m/s. Extracção pelo tecto.	1.0
Insuflação de ar arrefecido ao nível do chão. Extracção ao nível do tecto. Velocidade baixa do ar. Estratificação térmica.	1.2
Insuflação de ar aquecido ao nível do chão. Extracção ao nível do chão.	1.0
Insuflação de ar aquecido ao nível do chão. Extracção ao nível do tecto.	0.7
Insuflação e extracção em lados opostos do espaço.	0.8
Insuflação e extracção próximas.	0.5

**Tabela 19 – Eficiência de ventilação (ASHRAE 62.1-2007)**

#### 4.4 Densidade de potência de iluminação (ASHRAE 90.1-2007)

A norma “ASHRAE 90.1-2007 Energia em edifícios” refere as densidades de potência de iluminação da tabela 20. Para o perfil de utilização deverá seguir-se a informação indicada no anexo XV do RSECE.

Espaços	Densidade de Potência de Iluminação (W/m <sup>2</sup> )
Escritório	12
Open-Space	12
Sala de Conferências/Reuniões/Multiusos	14
Sala de Aulas	15
Entrada do Edifício	14
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hotel</li> <li>• Teatro</li> <li>• Cinema</li> </ul>	12 36 12
Audiência/Sala de espera	10
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ginásio</li> <li>• Espaço desportivo</li> <li>• Centro de Congressos</li> <li>• Prisão</li> <li>• Edifícios Religiosos</li> <li>• Estádio</li> <li>• Teatro</li> <li>• Cinema</li> <li>• Centro de Transportes</li> </ul>	4 3 8 8 18 4 28 13 5
Corredor (Edifício até 3 pisos)	6
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corredor (por cada piso adicional)</li> </ul>	2
Sala de estar/Espaço de convívio	13
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hospital</li> </ul>	9
Área de Refeições	10
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prisão</li> <li>• Hotel</li> <li>• Habitação</li> </ul>	14 14 23
Espaço de preparação de refeições	13
Laboratório	15
Vestiários/balneários	6
Corredor/Espaço de passagem	5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hospital</li> </ul>	11
Escadas	6
Armazém	9
Arquivo	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Museu</li> </ul>	9
Área Técnica	16
Oficina	20
Espaço Comercial	18

**Tabela 20 – Densidade de potência de iluminação (ASHRAE 90.1-2007)**

## 4.5 Ocupação

### 4.5.1 Taxa de ocupação (RSECE)

Na tabela 21 encontram-se os dados do anexo XV do RSECE referente às áreas úteis por ocupante de acordo com a utilização do espaço.

Espaço	Área útil por Ocupante (m <sup>2</sup> /pessoa)
Hipermercado e Supermercado	5
Venda por grosso	25
Centro comercial e Pequena loja	5
Restaurante, Pastelaria e Pronto-a-comer	5
Hotel de 4 e 5 estrelas (quartos)	27
Hotel de 3 ou menos estrelas (quartos)	10
Cinemas, teatros e Discoteca	2
Bingo e clubes sociais	15
Clubes desportivos	7
Escritório	15
Sedes de bancos e seguradoras	15
Filiais de bancos e seguradoras	10
Comunicações	60
Bibliotecas	20
Museus e galerias	40
Tribunais, ministérios e câmaras	15
Estabelecimento prisional	12
Estabelecimento de ensino	10
Estabelecimento de saúde sem internamento	10
Estabelecimento de saúde com internamento	20

**Tabela 21 – Área útil por ocupante (RSECE)**

### 4.5.2 Calor libertado por ocupante (EN 13779:2007)

Para além da ocupação será importante conhecer o tipo de actividade executada, esta informação será relevante para estimar a quantidade de calor libertado por cada ocupante, na tabela A.13 da norma “EN 13779:2007 Ventilação em edifícios não residenciais”, referem-se os valores que constam da tabela 22.

Actividade	Calor Total (W/pessoa)	Calor Sensível (W/pessoa)
Reclinado	80	55
Sentado	100	70
Sedentária (escritório, escola)	125	75
Ligeira (compras)	170	85
Média (operário, vendedor)	210	105
Caminhar (5km/h)	360	120

**Tabela 22 – Calor libertado por ocupante para temperatura do ar de 24°C (EN 13779)**

## 4.6 Densidade de potência de equipamentos eléctricos

Na tabela 23 encontram-se os dados do anexo XV do RSECE refere às densidades de potência dos equipamentos de acordo com a utilização do espaço.

Espaço	Densidade Potência de Equipamentos Eléctricos (W/m <sup>2</sup> )
Hipermercado e Supermercado	13
Supermercado	9
Venda por grosso	3
Centro comercial e Pequena loja	5
Restaurante, Pastelaria e Pronto-a-comer	5
Pronto-a-comer	30
Hotel de 4 e 5 estrelas	9
Hotel de 3 ou menos estrelas	3
Cinemas, teatros e Discoteca	2
Discoteca	5
Bingo e clubes sociais	5
Clubes desportivos	1
Escritório	15
Sedes de bancos e seguradoras	15
Filiais de bancos e seguradoras	10
Comunicações	10
Bibliotecas	2
Museus e galerias	2
Tribunais, ministérios e câmaras	5
Estabelecimento prisional	5
Estabelecimento de ensino	5
Estabelecimento de ensino superior	10
Estabelecimento de saúde sem internamento	10
Estabelecimento de saúde com internamento	10

**Tabela 23 – Densidade de potência de equipamentos eléctricos (RSECE)**

Existe também informação mais específica relativamente à potência de equipamentos no manual “ASHRAE Handbook Fundamentals”, capítulo 18 “Cálculo de potência de aquecimento e arrefecimento em edifícios não residenciais” relativamente a:

- Potência dissipada de equipamentos de cozinha – tabela 5A a 5E;
- Potência dissipada de equipamentos médicos e laboratoriais – tabela 6 e 7;
- Potência dissipada de equipamentos informáticos e impressão – tabela 8 e 9;
- Potência dissipada de equipamentos de escritórios – tabela 10;
- Densidade de potência de equipamentos de escritório – tabela 11;
- Potência e coeficiente de simultaneidade de equipamentos de escritório – tabela 12

## 4.7 Envolvente

Na caracterização da envolvente (envolvente opaca e vãos envidraçados) deverão utilizar-se os dados que melhor reflectam a realidade construída, não esquecendo os requisitos mínimos de qualidade térmica do RSECE que a seguir se referem:

- Valores máximos admissíveis dos coeficientes de transmissão térmica superficiais de elementos opacos da envolvente;
- Nenhuma zona de ponte térmica plana (vigas e pilares) pode ter um valor de U, superior ao dobro do valor de U da parede, pavimento ou cobertura onde se inserem;
- Os vãos envidraçados cuja área total seja superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, excluindo os envidraçados a Norte, não podem apresentar um factor solar correspondente ao vão envidraçado com os dispositivos de protecção 100% activos, maior do que está definido no regulamento.

Estas exigências regulamentares aplicam-se aos espaços úteis interiores para os quais se requerem condições interiores de conforto, ficam de fora outros espaços como sótãos, caves não habitadas, circulações (interiores ou exteriores), varandas, marquises, garagens ou arrecadações.

Os espaços serão completamente delimitados por elementos construtivos (paredes, pavimentos, coberturas e envidraçados) definindo-se:

- Envolvente exterior - define a fronteira entre o espaço útil e o ambiente exterior;

- Envolvente interior - define a fronteira entre o espaço útil interior e outros espaços interiores não climatizados (coeficiente “tau” inferior ou igual a 0,7);
- Envolvente sem requisitos que se passam a indicar.

Os elementos da envolvente aos quais não se aplicam requisitos mínimos de qualidade térmica são:

- Coeficiente de transmissão térmica (U)
  - Elementos opacos que separam fracções autónomas residenciais do mesmo edifício;
  - Portas da envolvente exterior e interior;
  - Vãos envidraçados.
- Factor solar (g)
  - Vãos envidraçados orientados no quadrante norte;
  - Área envidraçada até 5% da área de pavimento do espaço ou compartimento que serve.

#### 4.7.1 Delimitação da envolvente

Num projecto de climatização é fundamental definir a envolvente exterior, em espaços úteis em contacto com o exterior será simples definir essa fronteira mas em espaços não úteis em contacto com o exterior terá de efectuar-se o cálculo do coeficiente “tau”.

Para a verificação do “tau” efectua-se a razão entre as áreas interiores e exteriores e define-se o tipo de espaço não útil pela tabela IV.1 do RCCTE. Com os dois parâmetros basta verificar o valor correspondente de “Tau”, sendo que para valores superiores a 0,7 define-se como envolvente exterior e para os restantes como envolvente interior.

No projecto de climatização interessará conhecer a influência do espaço não útil no comportamento energético do espaço útil, a equação 4 definida no RCCTE, permite calcular a temperatura do espaço não útil e contabilizar a influência desta no espaço útil.

$$\theta_a = \theta_{atm} + (1 - \tau) \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) (°C)$$

**Equação 4 – Temperatura do espaço não útil**

Onde:

$\theta_a$ - Temperatura do espaço não útil (°C).

$\theta_{atm}$ - Temperatura exterior (°C).

$\tau$ - Coeficiente “tau”.

$\theta_i$ - Temperatura do espaço útil (°C).

#### 4.7.2 Envolvente opaca

Na caracterização da envolvente opaca deverá ser consultada a publicação “ITE 50 Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios”, no caso de construções antigas poderá ser consultado o ITE54, estas publicações apresentam os seguintes dados relativamente às soluções de construção e aos materiais utilizados:

- Coeficientes de transmissão térmica (U) - fluxo de calor que atravessa uma unidade de área com uma diferença de temperatura de 1°C, (w/ (m<sup>2</sup>.°C)).
- Condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) - calor que atravessa uma unidade de espessura de material com uma diferença de temperatura de 1°C, (W/ (m.°C)).
- Resistência térmica (R) - capacidade do material se opor ao fluxo de calor. É o inverso do coeficiente de transmissão térmica, ((m<sup>2</sup>.°C) / W).

Na tabela 24 apresenta-se o cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma parede dupla de fachada com isolamento preenchendo parcialmente o espaço de ar.

Elemento de Camada	Esp. (m)	$\lambda$ (W/ (m.°C))	R ((m <sup>2</sup> .°C /W))	U (W/(m <sup>2</sup> .°C))
1. Resistência do Ar Interior	-	-	0,130	0,547
2. Reboco Tradicional	0,02	1,30	0,015	
3. Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,15		0,390	
4. Isolamento em Poliestireno Extrudido	0,03	0,04	0,857	
5. Caixa de Ar	0,02	-	0,110	
6. Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,11		0,270	
7. Reboco Hidrófugo	0,02	1,30	0,015	
8. Resistência do Ar Exterior	-	-	0,040	

**Tabela 24 – Coeficiente de transmissão térmica de elemento da envolvente opaca**

Onde:

Esp. – Espessura do elemento de camada (m).

$\lambda$  – Condutibilidade térmica dos materiais ( $W / (m \cdot ^\circ C)$ ), retirado do anexo I do ITE 50 (Quadro I.1 e I.2).

R – Resistência térmica ( $(m^2 \cdot ^\circ C) / W$ ).

U – Coeficiente de transmissão térmica ( $W / (m^2 \cdot ^\circ C)$ ).

Na construção da tabela 24 foram utilizados os seguintes dados:

- Resistência térmica (R)
  - Os valores da resistência do ar (interior e exterior) foram retirados do anexo I do ITE 50 (quadro I.1 e I.2).
  - No cálculo da resistência térmica foi utilizada a equação 5.

$$R = \frac{\text{Espessura}}{\lambda} ((m^2 \cdot ^\circ C) / W)$$

**Equação 5 – Resistência térmica (R)**

- Coeficiente de transmissão térmica (U)
  - No cálculo do coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente da tabela 24 foi utilizada a equação 6.

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8} (W / (m^2 \cdot ^\circ C))$$

**Equação 6 – Coeficiente de transmissão térmica (U)**

Onde:

$R_{\#}$  - Resistência Térmica das camadas constituintes da envolvente opaca ( $(m^2 \cdot ^\circ C) / W$ )

### 4.7.3 Vãos envidraçados

A caracterização do coeficiente de transmissão térmica (U) dos vãos envidraçados poderá ser feita através do anexo III do ITE 50 ou recorrendo à informação do fabricante, relativamente a estes elementos importa também caracterizar o factor solar (g), definido pela razão entre a energia solar transmitida para o interior e a radiação solar incidente.

O cálculo dos factores solares efectua-se das seguintes formas:

- Envidraçados sem qualquer dispositivo de protecção solar, o factor solar corresponde ao do vidro utilizado (tabela IV.4 do RCCTE);
- Vidro incolor corrente só com uma única protecção solar, o factor solar será obtido directamente pelo quadro V.4 do RCCTE;
- Vidro diferente do incolor corrente só com uma única protecção exterior não opaca ou uma única protecção interior de qualquer tipo, o factor solar será calculado pela equação 7 para vidro simples e pela equação 8 para vidro duplo.

$$g_{\perp} = \frac{g'_{\perp} \times g_{\perp V}}{0.85}$$

$$g_{\perp} = \frac{g'_{\perp} \times g_{\perp V}}{0.75}$$

**Equação 7 – Factor solar de vidro simples com uma protecção**

**Equação 8 – Factor solar de vidro duplo com uma protecção**

Onde:

$g_{\perp}$  - Factor solar do vão envidraçado;

$g'_{\perp}$  - Factor solar do vão envidraçado com protecção solar e vidro incolor, retirado do quadro V.4 do RCCTE;

$g_{\perp V}$  – Factor do envidraçado, retirado da tabela IV.4.

Envidraçados com mais de uma protecção, o factor solar será calculado pela equação 9 para vidro simples e pela equação 10 para vidro duplo.

$$g_{\perp} = g_{\perp V} \times \frac{g'_{\perp 1}}{0.85} \times \frac{g'_{\perp 2}}{0.85}$$

$$g_{\perp} = g_{\perp V} \times \frac{g'_{\perp 1}}{0.75} \times \frac{g'_{\perp 2}}{0.75}$$

**Equação 9 – Factor solar de vidro simples com mais que uma protecção**

**Equação 10 – Factor solar de vidro duplo com mais que uma protecção**

Onde:

$g_{\perp}$  - Factor solar do vão envidraçado;

$g'_{\perp 1}$  - Factor solar do vão envidraçado com protecção solar e vidro incolor, retirado do quadro V.4 do RCCTE;

$g'_{\perp 2}$  - Factor solar do vão envidraçado com protecção solar e vidro incolor, retirado do quadro V.4 do RCCTE;

$g_{\perp V}$  - Factor do envidraçado, retirado da tabela IV.4 do RCCTE.

Neste capítulo será também importante a caracterização dos sombreamentos, visto bloquearem as cargas provenientes da radiação solar na estação de arrefecimento.

## 5. Dimensionamento

### 5.1 Rede Hidráulica

A quantidade de calor ou frio transferido através da rede hidráulica de climatização será proporcional à diferença de temperaturas entre o fornecimento e o retorno da instalação, maximizando essa diferença minimiza-se o caudal de água e com ela o tamanho dos tubos e acessórios, por outro lado ter-se-á necessidade de maiores equipamentos de produção de água e de baterias para a transferência de calor, assim definem-se normalmente as seguintes temperaturas:

Água quente  
Ida – 45°C / Retorno – 40°C

Água fria  
Ida – 7°C / Retorno – 12°C

#### 5.1.1 Perdas de carga rede hidráulica

As perdas de carga na rede hidráulica são perdas de energia devido à viscosidade do fluido e ao atrito com as paredes da tubagem, num escoamento existem os seguintes tipos:

- Perda de carga distribuída – perda de carga devido à fricção do fluido com a parede das tubagens ao longo do escoamento;
- Perda de carga localizada – perda de carga devido às variações de velocidade ou a mudanças bruscas de direcção do escoamento;

##### 5.1.1.1 Perda de carga distribuída

Uma das formas de cálculo das perdas de cargas distribuídas será através do método de Hazen-Williams exposto na equação 11.

$$\Delta P = 6,819 \left(\frac{v}{C}\right)^{1,852} \times \left(\frac{1}{D}\right)^{1,167} \times (\rho \cdot g)(Pa)$$

**Equação 11 – Perda de carga distribuída em tubagem (Método de Hazen-Williams)**

Onde:

D- Diâmetro interno da tubagem (m).

v – Velocidade do escoamento (m/s), a velocidade recomendada no manual “ASHRAE Handbook Fundamentals” é de 1,2m/s para tubagem de diâmetro igual ou inferior a 50mm e uma perda de carga linear até 400Pa/m para tubagem acima deste diâmetro.

$\rho$  – Massa volúmica da água de acordo com a temperatura (kg/m<sup>3</sup>).

g - aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).

C- Coeficiente de rugosidade, depende do material da tubagem e da condição da parede interior devido à utilização, na tabela 25 encontram-se indicados os coeficientes de rugosidade de alguns materiais.

Material	Coeficiente C
Ferro	100
Cobre	140
Galvanizado	120
Polietileno (PE, PEH)	140
Policloreto de Vinilo (PVC, CPVC)	150
Aço	120
Inox	140

**Tabela 25 – Coeficiente de rugosidade (C) (BS EN 12845:2003)**

#### 5.1.1.2 Perda de carga localizada em curvas e tês

A perda de carga localizada em curvas e tês é calculada através da equação 12.

$$\Delta P = K \cdot \rho \left( \frac{v^2}{2} \right) (Pa)$$

**Equação 12 – Perda de carga localizada em curvas e tês**

Onde:

v – Velocidade do escoamento (m/s).

$\rho$  – Massa volúmica da água de acordo com a temperatura (kg/m<sup>3</sup>).

K – Coeficiente de perda de carga do acessório, sendo referido no manual “ASHRAE Handbook Fundamentals - 2009” os valores indicados nas tabelas 26 e 27.

Diâmetro Nominal	Curva 90°	Curva 45°	Curva 180°	Tê linha	Tê ramal
10	2.50	0.38	2.50	0.9	2.70
15	2.10	0.37	2.10	0.90	2.40
20	1.70	0.35	1.70	0.90	2.10
25	1.50	0.34	1.50	0.90	1.80
32	1.30	0.33	1.30	0.90	1.70
40	1.20	0.32	1.20	0.90	1.60
50	1.00	0.31	1.00	0.90	1.40
65	0.85	0.30	0.85	0.90	1.30
80	0.80	0.29	0.80	0.90	1.20
100	0.70	0.28	0.70	0.90	1.10

**Tabela 26 – Coeficiente de perda de carga localizada para acessórios roscados (2009  
ASHRAE Handbook-Fundamentals)**

Diâmetro Nominal	Curva 90°	Curva 45°	Curva 180°	Tê linha	Tê ramal
25	0.43	0.22	0.43	0.26	1.0
32	0.41	0.22	0.41	0.25	0.95
40	0.40	0.21	0.40	0.23	0.90
50	0.38	0.20	0.38	0.20	0.84
65	0.35	0.19	0.35	0.18	0.79
80	0.34	0.18	0.34	0.17	0.76
100	0.31	0.18	0.31	0.15	0.70
150	0.29	0.17	0.29	0.12	0.62
200	0.27	0.17	0.27	0.10	0.58
250	0.25	0.16	0.25	0.09	0.53
300	0.24	0.16	0.24	0.08	0.50

**Tabela 27 – Coeficiente de perda de carga localizada para acessórios soldados (2009  
ASHRAE Handbook-Fundamentals)**

### 5.1.1.3 Perda de carga localizada em válvulas

As perdas de carga localizadas em válvulas podem ser calculadas através do coeficiente de passagem ( $K_v$ ), exposto na equação 13, este é definido como o caudal que passa através da válvula para um diferencial de pressão de 1bar.

$$\Delta P = 1,296 \times 10^6 \left( \frac{Q}{K_v} \right)^2 (Pa)$$

**Equação 13 – Perda de carga localizada em válvulas**

Onde:

Q – Caudal de água (L/s).

$K_v$  – Coeficiente de passagem ( $m^3/h$ ).

### **5.1.2 Retorno directo ou Retorno inverso**

O traçado da tubagem de água pode ser desenhado em retorno directo ou retorno inverso, no primeiro existe uma tubagem para abastecimento de água ao equipamento e a tubagem de retorno a ir directamente à unidade produtora de água, no segundo existe o mesmo circuito de abastecimento de água ao equipamento mas o retorno efectua-se através de um circuito que passará pelos restantes equipamentos de consumo, desta forma o comprimento dos circuitos dos diversos equipamentos (ida e retorno) será igual para todos eles fazendo com que a queda de pressão seja também semelhante.

### **5.1.3 Válvulas de equilíbrio e controlo**

O bom funcionamento de um sistema de climatização dependerá não só da melhor selecção de equipamentos mas em grande parte do sistema de controlo pois será ele que fará chegar o caudal de água de acordo com as necessidades de climatização de cada equipamento de consumo. Para o controlo da água de climatização utilizam-se as válvulas de equilíbrio e de controlo, estas previnem os caudais abaixo ou acima dos considerados em projecto e os constrangimentos relativamente à capacidade de climatização.

A utilização das válvulas de equilíbrio deve-se à variação da pressão da rede hidráulica, com ela assegura-se um limite máximo relativamente ao caudal de água nos equipamentos independentemente da pressão de funcionamento da bomba, a válvula de controlo terá a função de variar o caudal de acordo com a necessidade de climatização da bateria.

### **5.1.4 Caudal constante e caudal variável**

O principal objectivo do sistema de circulação de água para climatização é fornecer aos equipamentos de climatização a capacidade de aquecimento e arrefecimento necessárias para neutralizar as cargas existentes nos espaços, para este efeito, uma instalação pode ter caudal de água constante ou variável.

#### 5.1.4.1 Bomba de caudal constante

Na distribuição de água de climatização através de uma bomba de caudal constante, o controlo do caudal de água é efectuado através de válvulas modulantes de 3 vias a comandar o *bypass* aos equipamentos de consumo.

#### 5.1.4.2 Bomba de caudal variável

Na distribuição de água para climatização através de uma bomba de caudal variável efectua-se o controlo do caudal de água dos equipamentos de consumo, através de válvulas modulantes de 2 vias na generalidade dos equipamentos de consumo à excepção de um que ficará com uma válvula de 3 vias, ou então com todos os equipamentos de consumo controlados por válvulas de duas vias e um *bypass* a todos eles controlado por outra válvula de 2 vias, com esta bomba o caudal de água em circulação varia entre 20 a 100% do caudal nominal.

## 5.2 Rede Aerúlica

A rede aerúlica tem por objectivo a insuflação de ar tratado nos espaços e a extracção e posterior rejeição de ar “poluído”, sendo constituída por condutas, grelhas, difusores, registos e ventiladores que conduzem, regulam e distribuem o ar do sistema de climatização. No dimensionamento da rede aerúlica existem dois métodos muito utilizados, o método de redução de velocidade e o método da perda de carga constante.

### 5.2.1 Método de redução de velocidade - CARRIER

Este método de dimensionamento de rede aerúlica pressupõe a selecção de uma velocidade do ar à saída ou à entrada do ventilador e ir reduzindo a velocidade do ar ao longo da rede de condutas até à insuflação ou extracção.

A sua aplicação deve ser efectuada do seguinte modo:

1. Verificar o caudal de ar no troço.

2. Seleccionar a velocidade no troço de conduta pela tabela 28 retirada do manual da Carrier “Commercial Distribution Systems – Duct Design” para edifícios públicos.

Equipamento	Velocidade (m/s)		
	Recomendada	-	Máxima
Saída do Ventilador	7	-	11
Conduta Principal	5	-	8
Ramais	3	-	6

**Tabela 28 – Velocidade do ar em condutas (método da redução de velocidade)**

3. Para a velocidade e caudal seleccionados determinar através do ábaco do anexo A1 o diâmetro comercial e a perda de carga por metro de conduta.
4. Converter a secção circular em secção rectangular através dos diâmetros equivalentes constantes na tabela no anexo A2. Poderá converter-se também para secção oval através do diâmetro equivalente constante na tabela no anexo A3.
5. Repetir os passos para todos os troços da rede.
6. Determinar as perdas de carga de todos os elementos constituintes da rede aeráulica (curvas, reduções, tês, registos, filtros e grelhas/difusores) consultando catálogos de fabricante ou valores de referência existentes em diversos manuais de climatização.
7. Determinar o caminho crítico através da maior perda de carga.

### **5.2.2 Igual perda de carga**

Este método de dimensionamento de rede aeráulica pressupõe uma perda de carga por metro de conduta igual em todos os troços, devendo o valor situar-se entre 0,7 e 1,3Pa/m de modo a obter uma perda de carga moderada.

A sua aplicação deve ser efectuada do seguinte modo:

1. Verificar o caudal de ar no troço.
2. Seleccionar a velocidade no troço de conduta pela tabela 29, (retirada do manual da Carrier “Handbook of Air Conditioning System Design”).

Aplicação	Controlando o ruído	Controlando a perda de carga			
	Conduta Principal	Conduta Principal		Ramais	
		Insuflação	Extracção	Insuflação	Extracção
Habitação	3	5	4	3	3
Quarto Hotel/ Quarto Hospital	5	7,5	6,5	6	5
Escritório/ Biblioteca	6	10	7,5	8	6
Teatro/ Auditório	4	6,5	5,5	5	4
Comércio/ Café	9	10	7,5	8	6
Industria	12,5	15	9	11	7,5

**Tabela 29 – Velocidade do ar em condutas (método da perda de carga constante)**

3. Para a velocidade e caudal seleccionados determinar através do ábaco do anexo A4 o diâmetro comercial e a perda de carga por cada metro de conduta.
4. Converter o diâmetro da secção circular em secção rectangular através dos diâmetros equivalentes constantes na tabela no anexo A5. Poderá converter-se também para secção oval através do diâmetro equivalente constante na tabela no anexo A6.
5. Utilizando o ábaco do anexo A4, seleccionar o diâmetro dos restantes troços para a mesma perda de carga do primeiro.
6. Determinar as perdas de carga de todos os elementos constituintes da rede aeráulica (registos, filtros e grelhas/difusores).
7. Determinar o caminho crítico através da maior perda de carga.

### 5.2.3 Potência de ventiladores

Após calcular a pressão estática da rede aeráulica (condutas, registos, filtros e grelhas) interessa calcular de forma expedita a potência nominal dos motores dos ventiladores, na equação 14 apresenta-se a fórmula de cálculo da potência do motor dos ventiladores.

$$P = \frac{Q \times \Delta P}{\eta} (W)$$

**Equação 14 – Potência de ventilador (EN 13779:2007)**

Onde:

Q – Caudal de ar (m<sup>3</sup>/s).

ΔP – Pressão estática do ventilador (Pa).

η - Eficiência global do ventilador.

Os rendimentos globais indicados pela norma EN 13779:2007 são:

- Ventilador de baixa eficiência – 50%.
- Ventilador de eficiência normal – 55%.
- Ventilador de alta eficiência – 60%.

#### 5.2.4 Selecção dos filtros

A escolha dos filtros deve corresponder à categoria de qualidade do ar interior e à qualidade do ar exterior, a norma EN 13779:2007 faz as recomendações presentes na tabela 30 relativamente à quantidade e classes de filtros a utilizar:

Qualidade do ar exterior	Qualidade do ar interior			
	IDA 1 – Alta	IDA 2 - Média	IDA 3 - Moderada	IDA 4 - Baixa
ODA 1	F9	F8	F7	M5
ODA 2	F7+F9	M6+F8	M5+F7	M5+M6
ODA 3	F7+FG+F9	F7+FG+F9	M5+F7	M5+M6

**Tabela 30 – Selecção de filtros (EN 13779:2007)**

Legenda

FG = Filtro de Gás – filtro de carvão activado e/ou filtro químico.

Classes de filtros de acordo com a EN 779:2012.

Deverão ser monitorizadas e respeitadas as pressões de colmatação de todos os filtros de modo a assegurar o bom funcionamento do sistema de climatização ou ventilação e a qualidade do ar interior.

#### 5.2.5 Nível de pressão sonora (dBA)

Os equipamentos de climatização são uma das principais fontes de ruído no interior de edifícios, assim a selecção dos equipamentos deverá ter em consideração não só a adequação relativamente ao sistema de climatização mas também ao nível de pressão sonora dos espaços.

### 5.2.5.1 *Nível de pressão sonora (EN 13779:2007)*

Na norma EN 13779:2007 apresenta a gama de valores da tabela 31 para o nível de pressão sonora em espaços interiores.

Espaço	Nível de Pressão sonora recomendada [dB (A)]
Auditório	20-35
Café/Restaurante	35-50
Sala de aulas	35-45
Loja	40-50

**Tabela 31 – Nível de pressão sonora (EN 13779:2007)**

### 5.2.5.2 *Nível de pressão sonora (ASHRAE)*

No manual “ASHRAE Handbook Fundamentals”, Capítulo 48, “Noise and vibration control” de 2011 recomendam-se os valores máximos constantes na tabela 32 para o nível de pressão sonora em espaços interiores.

Espaços	Nível de Pressão Sonora [dB (A)]
Hotel	
• Quarto	35
• Corredor/Entrada	45
Edifício	
• Escritório	35
• Sala de reuniões	35
• Open-space	45
• Corredor/Entrada	45
Salas de espectáculos	
• Teatro	25
• Estúdio	30
• Concertos	35
Hospital e clinica	
• Consultório	35
• Enfermaria	40
• Sala de operações	40
Escola	
• Sala de aulas	35
• Biblioteca	35

**Tabela 32 – Nível de pressão sonora (ASHRAE)**

## 6. Projetos acompanhados durante o estágio

### 6.1 Bir-Zeit – Fábrica Piloto na Palestina

Projecto de climatização dos laboratórios farmacêuticos da Universidade de Bir-Zeit na Palestina.

#### Actividades desenvolvidas

Elaboração de fichas técnicas com as especificações dos equipamentos a utilizar no projecto, na tabela 33 encontra-se a ficha técnica da unidade exterior do sistema VRF com toda a informação necessária para a selecção final por parte do instalador. Por norma a especificação dos equipamentos neste documento é feita com base nos catálogos de fabricante, haverá outros documentos como é o caso do mapa de equipamentos mecânicos onde as características dos equipamentos são as retiradas da simulação dinâmica.

Specification Sheet Nº 1.01						
<b>Material / Equipment:</b>	VRF Condenser Units and Control					
<b>Quantity:</b>	-					
<b>Project Designation:</b>	CU.0.01, CU.0.02 and CU.0.03					
<b>Reference Make and Model:</b>	MITSUBISHI ELECTRIC or equivalent					
<b>Location:</b>	See Drawings					
<b>Standards, Codes and Regulations:</b>						
EN 378-1						
<b>Characteristics of Operation:</b>						
Item	Modelo	Cooling Capacity (kW)	Heating Capacity (kW)	Electric Consumption (kW)	External Temp. (°C)	Electric Feeding
CU.0.01/02 + Controller	PUHY-P200YJM-A + PAC-AH200M-J	22,4	25,0	5,62	35	3Ph
CU.0.03 + Controller	PUHY-P250YJM-A + PAC-AH250M-J	28,0	31,5	7,34	35	3Ph
<b>Construction and Assembly Characteristics:</b>						
2 pipe VRF system; Scroll Inverter hermetic compressor; Refrigerant R410A						
<b>Dimensions:</b>						
See drawings and vendor catalog						
<b>Notes:</b>						

Tabela 33 – Ficha técnica de condensador (Bir-Zeit)

Elaboração do mapa de quantidades com a informação relativa aos equipamentos a instalar e actividades a desenvolver durante o desenrolar da obra, na tabela 34 encontra-se parte do mapa de quantidades onde se referem os equipamentos a instalar e a sua quantidade. Na contabilização de alguns equipamentos como tubagem e condutas efectua-se a majoração das suas quantidades em 10 a 15% para salvaguardar qualquer erro de medição ou ajustamento em obra.

Position	Items	QT.	Unit
<b>I</b>	<b>Supply and Installation</b>		
<b>1</b>	<b>Equipment:</b>		
<b>1.1</b>	<b>Condenser Unit</b> Specification Sheet nº 1.01		
	CU.0.01/CU.0.02	2	cj
	CU.0.03	1	cj
<b>1.2</b>	<b>Air Handling Units</b> Specification Sheet nº 1.02		
	AHU.R.0.01	1	cj
<b>1.3</b>	<b>Humidifier</b> Specification Sheet nº 1.03		
	HV.AHU.R.0.01	1	cj
<b>1.4</b>	<b>Exhaust Fan</b> Specification Sheet nº 1.04		
	EF.0.01	1	cj
<b>1.5</b>	<b>Terminal Heating Battery</b> Specification Sheet nº 1.05		
	RT.0.01	1	cj
	RT.0.02	1	cj
	RT.0.12	1	cj
	RT.0.17	1	cj
	RT.0.18	1	cj

**Tabela 34 – Mapa de quantidades (Bir-Zeit)**

## 6.2 Pinkplate – Projecto de Nova Unidade Industrial

Projecto de climatização em unidade industrial da área gráfica composta por três edifícios (Edifício A2, D1 e D2).

### Actividades desenvolvidas

Elaboração da lista de salas com os requisitos de caudais de insuflação de cada espaço a climatizar, na tabela 35 encontram-se os dados de arquitectura de todos os espaços de um dos edifícios, esta informação dará início à caracterização dos espaços a introduzir no *software* de simulação dinâmica para se encontrar a potência térmica dos equipamentos de climatização e os caudais de ar de projecto.

Sala Nº	Piso	Designação	Área Útil (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
0.01	0	Nave 1 - Zona Limpa	498,0	6,00	2988
0.02	0	Antecâmara	23,8	4,00	95
0.03	0	Nave 1 - Zona Suja	95,8	4,00	383
0.04	0	Nave 2	191,9	4,96	952
0.05	0	W.C.1	4,7	3,00	14
0.06	0	Vestiários 1	14,3	3,00	43
0.07	0	Escadas	12,3	3,00	37
0.08	0	Sala de Informática	17,0	3,00	51
0.09	0	Arrecadação	3,5	2,00	7
0.10	0	Nave 1 - Zona de Laminação	77,7	3,10	241
0.11	0	Vestiários Senhoras	9,5	3,05	29
0.12	0	Vestiários Homens	17,0	3,05	52
1.01	1	Open Space	125,7	3,00	377
1.02	1	W.C. Senhoras	9,3	3,00	28
1.03	1	W.C. Homens	9,3	3,00	28
		<b>Total</b>	<b>1251</b>		<b>5608</b>

Tabela 35 – Lista de Salas com dados de Arquitectura (Impression edifício A2)

Na tabela 36 encontram-se os dados das cargas térmicas dos equipamentos de produção, para este cálculo é contabilizada a potência nominal dos equipamentos, o coeficiente de potência com a potência real de laboração, o coeficiente de extracção com a percentagem de calor retirada por ventiladores de extracção localizados no próprio equipamento, o coeficiente de simultaneidade com a percentagem de horas de laboração e a carga total que será o produto de todos estes factores e representará o calor realmente libertado pelo equipamento durante a laboração.

Sala N.º	Designação	Dissipação de Equipamentos					
		Equipamento	Placa de Equip. (kW)	Coef. Potênc. (%)	Coef. Extr. (%)	Coef. Simult. (%)	Carga (kW)
0.01	Nave 1 - Zona Limpa	5 - Fresa	1,0	60	100	50	0,3
		6 - Impressora Digital	9,0	60	50	70	1,9
		6.B - Estufa	48,0	60	50	100	14,4
		7 - Impressora Digital	13,8	60	100	70	5,8
		8.A - Estufa	45,0	60	50	100	13,5
		15.A - Estufa	7,8	60	50	100	2,3
0.03	Nave 1 - Zona Suja	8 - Impressora Digital	28,0	60	50	100	8,4
		8.B - Armário Técnico	18,0	5	50	100	0,5
		15 - Impressora Digital	28,0	60	50	70	5,9
0.04	Nave 2	40 - Cola-Fecha Embalagens	32,0	60	100	70	13,4
		40.A - Aplicador de Adesivo	9,5	60	100	70	4,0
		57.A - Compressor	2,0	60	100	70	0,8
		58 - Carregador	5,0	60	100	70	2,1
0.08	Sala de Informática	Computadores	5,0	60	100	70	2,1
0.10	Nave 1 - Zona de Laminação	14 - Laminadora	4,3	60	100	70	1,8
		17 - Laminadora	7,0	60	100	70	2,9
<b>Totais</b>			<b>263</b>				<b>80</b>

**Tabela 36 – Lista de Salas com cargas de equipamentos de produção (Impression edifício A2)**

Na tabela 37 encontra-se a informação relativa aos caudais de ar nos diferentes espaços após a simulação dinâmica e a definição do mapa de difusão. Em rigor os caudais deveriam ser apresentados em caudal mássico e não em caudal volúmico pois o volume varia com a temperatura, sendo um erro bastante aceitável apresenta-se os caudais de ar nas listas de salas e nas peças desenhadas desta forma.

Sala N.º	Designação	Caudal de Ar Tratado (l/s)	ODA (l/s)	TRA.in (l/s)	TRA.out (l/s)	ETA (l/s)	EHA (l/s)
0.01	Nave 1 - Zona Limpa	7.590	7590	90	3.680	0	4000
0.02	Antecâmara	-	0			0	0
0.03	Nave 1 - Zona Suja	-	0	1300		300	1000
0.04	Nave 2	-	0	800	160	640	0
0.05	W.C.1	-	0	45		0	45
0.06	Vestiários 1	-	0	135		0	135
0.07	Escadas		180		180	0	0
0.08	Sala de Informática		15		15	0	0
0.10	Nave 1 - Zona de Laminação	-	0	350		350	0
0.11	Vestiários Senhoras	-	0	90		0	90
0.12	Vestiários Homens	-	0	225		0	225
1.01	Open Space	-	0	90		0	90
1.02	W.C. Senhoras	-	0	45		0	45
1.03	W.C. Homens	-	0	45		0	45
<b>Sub-Total</b>		<b>7.590</b>	<b>7785</b>	<b>3.215</b>	<b>4035</b>	<b>1.290</b>	<b>5.675</b>

**Tabela 37 – Lista de Salas com caudais de ar (Impression edifício. A2)**

Legenda:

- ODA – Ar novo;
- TRA.in e TRA.out – Ar de transferência entre espaços;
- ETA – Ar de extracção;
- EHA – Ar de rejeição.

Elaboração das fichas técnicas com a selecção e especificações dos equipamentos a instalar no projecto, na tabela 38 encontra-se a ficha técnica dos ventiladores do edifício D1 contendo a informação necessária para a selecção de um equipamento compatível com o projecto. Na ficha consta a informação relativa à designação de cada um dos ventiladores, caudal de ar tendo em conta as recirculações consideradas no espaço, a pressão estática disponível calculada para a rede aerúlica, a potência eléctrica estimada através da equação 14, o tipo de alimentação considerado e o tipo de ventilador.

<b>FICHA Nº 1.01</b>						
<b>Material / Equipamento:</b>	Ventiladores					
<b>Quantidade:</b>	Ver em baixo					
<b>Designação do Projecto:</b>	VE.					
<b>Marca e Modelo de Referência:</b>	FLAKT WOODS, S&P, ou equivalente.					
<b>Local de Montagem:</b>	Ver peças desenhadas					
<b>Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:</b>						
<b>Características de Funcionamento:</b>						
Designação	Modelo	Caudal	Pressão Estática	Potência Estimada	Alimentação	Observações
		(l/s)	(Pa)	(kW)		
VE.IS.5070	Propor	4200	150	1,26	Trifásicos	Centrifugo, em caixa, para interior
VE.IS.5095	Propor	10000	150	3,0	Trifásicos	Centrifugo, em caixa, para interior
VE.0.02	Propor	190	50	0,019	Monofásicos	Axial sem variação de velocidade
VE.0.03	Propor	100	50	0,01	Monofásicos	Axial sem variação de velocidade
VE.0.04	Propor	190	50	0,019	Monofásicos	Axial sem variação de velocidade
VI.0.08	Propor	190	50	0,019	Monofásicos	Axial sem variação de velocidade
VE.010	Propor	280	100	0,056	Monofásicos	Axial sem variação de velocidade
VE.011	Propor	2000	100	0,4	Trifásicos	Axial sem variação de velocidade
VE.012	Propor	1500	100	0,3	Trifásicos	Axial sem variação de velocidade
VE.HOTTE 1	Propor	2000	100	0,3	Monofásicos	Axial sem variação de velocidade
VE.HOTTE 2	Propor	2000	100	0,3	Monofásicos	Axial sem variação de velocidade
VE.HOTTE 3	Propor	2000	100	0,3	Monofásicos	Axial sem variação de velocidade
<b>Características Construtivas e de Montagem:</b>						
-						
<b>Características de Dimensionais:</b>						
Ver peças desenhadas e catálogos dos fabricantes						
<b>Notas:</b>						

**Tabela 38 – Ficha técnica dos ventiladores (Impression edifício D1)**

### 6.3 Lusomedicamenta – Caudal variável para Chillers

Projecto de dimensionamento de novo sistema de controlo de Chillers em unidade farmacêutica.

#### Actividades desenvolvidas

Cálculo das perdas de carga do sistema de abastecimento de água gelada dos equipamentos de climatização. Para calcular a perda de carga é necessário recolher a seguinte informação:

- Consumo de água gelada por equipamento
- Material, diâmetro, caudal de água e comprimento de cada troço
- Acessórios da tubagem – Curvas a 45 e 90°, tês em ramal e linha.
- Equipamentos - Válvulas de equilíbrio, seccionamento, retenção, controlo, permutadores e filtros

Na tabela 39 apresenta-se os caudais de água gelada dos equipamentos presentes na instalação.

Equipamento	Consumo (l/s)
UTA1	3,1
UTA2	7,6
UTA3	9,4
UTA3.1	3,6
UTA4	11,6
UTA5	7,0
UTA6	5,9
UTA7	0,8
UTA8	5,2
UTA9	4,6
UTA10	1,4
UTA11	4,6
Munters	3,1
Huttlin	2,5
Booths	0,6
Glatt	2,7
PP1	12,5

Tabela 39 – Equipamentos com consumo de água gelada (Lusomedicamenta)

Na tabela 40 apresenta-se o cálculo da perda de carga de um dos troços da tubagem, para o cálculo ao nível da tubagem utilizou-se a equação de Hazen-Williams (equação 11), para os acessórios utilizaram-se os coeficientes de perda de carga que constavam no manual “ASHRAE Fundamentals Handbook 2009” e a equação 12.

Equipamento	Descrição	Fórmula / fonte	Símbolo	Unidades	Troço N	
					Ida	Retorno
Tubagem	Comprimento		L	m	2	2
	Material		M	-	F. Preto	F. Preto
	D. nominal		D	mm	100	100
	D. interior		Di	mm	102,3	102,3
	S. passagem	$\text{Pi} \cdot (\text{Di}/1000)^2/4$	A	m <sup>2</sup>	0,0082	0,0082
	Caudal		q	l/s	12,5	12,5
	Velocidade	$(q/1000)/A$	v	m/s	1,52	1,52
	P. Dinâmica	$((1000(\text{kg}/\text{m}^3)v^2)/2)/1000$	Pd	kPa	1,158	1,158
	Temperatura		T	°C	7	12
	Densidade		$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	999,96	999,70
	C. rugosidade		C	-	120	120
	PDC linear	$6,819 \cdot ((v/C)^{1,852}) \cdot ((1/(\text{Di}/1000))^{1,167}) \cdot \rho \cdot 9,8$	dp	Pa/m	0,294	0,294
	PDC linear total	dp x L	DP1	kPa	0,59	0,59
Curvas a 90°	Quantidade		Q2	-	1	1
	Coef. PDC	Depende de D	C2	-	0,70	0,70
	PDC	Pd x C2 x Q2	DP2	kPa	0,81	0,81
Curvas a 45°	Quantidade		Q3	-	0	0
	Coef. PDC	Depende de D	C3	-	0,28	0,28
	PDC	Pd x C3 x Q3	DP3	kPa	0,00	0,00
Tês em Ramal	Quantidade		Q4	-	1	0
	Coef. PDC	Depende de D	C4	-	1,10	1,10
	PDC	Pd x C4 x Q4	DP4	kPa	1,27	0,00
Tês em Linha	Quantidade		Q5	-	0	0
	Coef. PDC	Depende de D	C5	-	0,90	0,90
	PDC	Pd x C5 x Q5	DP5	kPa	0,00	0,00
		Sub-total	dp	kPa	2,67	1,40
		<b>Total</b>	<b>DP</b>	<b>kPa</b>	<b>4</b>	

**Tabela 40 – Perda de carga de tubagem e acessórios (Lusomedicamenta)**

Na tabela 41 apresenta-se o cálculo da perda de carga dos equipamentos do traçado mais desfavorável, devido à especificidade destes equipamentos utilizaram-se as perdas de carga ou os coeficientes de passagem (KV) indicados pelo fabricante. No cálculo pelo coeficiente de passagem foi utilizada a equação 13.

	Descrição	Fórmula / fonte	Símbolo	Unidades	Troço N	
					Ida	Retorno
Válvulas de Equilibragem	Quantidade		Q6	-	1	0
	Coef. PDC	Fabricante	$\Delta P$	kPa	40,00	0,00
	PDC	$\Delta P \times Q6$	DP6	kPa	40	0,00
Válvulas de Seccionamento	Quantidade		Q7	-	1	1
	Coef. Passagem	Fabricante	KV7	m3/h. Bar	243,00	243,00
	PDC	$q/(0.02778 \times KV7)^2$	DP7	kPa	3,43	3,43
Filtros	Quantidade		Q8	-	0	0
	Coef. Passagem	Fabricante	KV8	m3/h. Bar	0,00	0,00
	PDC	$q/(0.02778 \times KV8)^2$	DP8	kPa	0,00	0,00
Válvulas de Retenção	Quantidade		Q9	-	0	0
	Coef. PDC		C9	kPa	0,00	0,00
	PDC	$Pd \times C9 \times Q9$	DP9	kPa	0,00	0,00
Permutador	PDC	Fabricante	DP10	kPa	48	0
Válv. duas/três vias	Quantidade		Q11	-	1	0
	Coef. Passagem	Fabricante	KV11	-	124	0,00
	Perda de carga	$q/(0.02778 \times KV8)^2$	DP11	kPa	13,168	0,00
		Sub-total	dp	kPa	104,60	3,43
		<b>Total</b>	<b>DP</b>	<b>kPa</b>	<b>109</b>	

**Tabela 41 - -- Perda de carga de equipamentos (Lusomedicamenta)**

## 6.4 Hikma – Packaging

Projecto de climatização em edifício remodelado para albergar o novo armazém de empresa da indústria farmacêutica. O edifício em causa tinha já um sistema de climatização que o cliente pretendia ser reaproveitado e que seria ou não viabilizado através da simulação dinâmica.

### Actividades desenvolvidas

Elaboração da lista de salas e caracterização da envolvente dos espaços, na tabela 42 apresentam-se os dados retirados da planta do edifício referentes à caracterização dos espaços. A ocupação, densidade de potência de iluminação e a potência dos equipamentos de laboração foram fornecidos pelo cliente.

Room Nº	Level	Room Name	Net Area (m <sup>2</sup> )	Height (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Occupancy (no)	Light Wattage (W/m <sup>2</sup> )	Equipment Wattage (kW)
1	-1	Level -1	810,0	3,0	2.430,0	10	20	30
2	0	Level 0.1	307,5	3,0	922,5	5	20	4
3	0	Level 0.2	442,5	3,0	1.327,5	5	20	5
<b>Total</b>			<b>1.560</b>	<b>-</b>	<b>4.680</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>39</b>

Tabela 42 – Dados de arquitectura e cargas internas dos espaços da Lista de salas (Hikma)

Na tabela 43 encontram-se os dados utilizados na simulação dinâmica relativamente às condições ambientes no interior dos espaços, devido à fraca potência de cargas internas e externas foi imposto um número mínimo de 5 recirculações e um caudal de ar novo de 10% do caudal de insuflação, estes são os valores mínimos normalmente considerados para um projecto de climatização com estas características.

Room Nº	Room Name	ACH	Temp. (°C)	Hum. (%)	Air Pressure (Pa)	Sound Pressure (dBA)	Ventilation (l/s)
1	Level -1	5	22±2	NC	+5	NC	10% Supply Air
2	Level 0.1	5	22±2	NC	+5	NC	10% Supply Air
3	Level 0.2	5	22±2	NC	+5	NC	10% Supply Air

Tabela 43 – Condições ambientes dos espaços (Hikma)

## 6.5 Eduardo Medeiro – Clinica de Cascais

Projecto de climatização de Clinica Médica e Dentária.

### Actividades desenvolvidas

Cálculo das perdas de carga do sistema aeráulico, na tabela 44 apresenta-se o cálculo da perda de carga dos ventiladores utilizados no projecto. Para este cálculo é necessário contabilizar as perdas de carga lineares que se encontram através do caudal e diâmetro da conduta com recurso a um ábaco, somado da perda de carga localizada nos acessórios para o caudal de projecto retirada do catálogo do fabricante.

Ventilador	VI.PC.1.1	VE.PC.2	VI.PC.1.2	VE.0.3	VE.PC.1	VE.PC.2.3	VE.0.4
Caudal (l/s)	85	35	120	740	1350	40	125
Diâmetro (mm)	150	125	200	315	500	150	250
Perdas lineares (Pa/m)	2,15	1,10	1,10	4,30	1,10	0,55	0,15
Comprimento (m)	18	3	10	27	29	8	12
Perdas condutas (Pa)	38	4	11	115	32	4	2
Perdas acessórios (Pa)	140	60	60	110	110	110	110
Perdas Totais (Pa)	200	75	80	250	160	130	125

**Tabela 44 – Perda de carga dos ventiladores (Clinica de Cascais)**

Na tabela 45 apresenta-se a potência térmica das unidades interiores do sistema VRF, esta é a potência real retirada da simulação dinâmica e consta do mapa de equipamentos mecânicos com a finalidade de especificar os equipamentos a instalar.

Designação do Equipamento	Capacidade de Arrefecimento Total (kW)	Capacidade de Aquecimento (kW)	Observações
EVRF.0.1	3,5	2,9	Unidade Cassete Recepção
EVRF.0.1.2	7,9	7,0	Unidade de Conduta Sala de Espera
EVRF.0.4	3,4	2,9	Unidade de Conduta Sala P.0.4
EVRF.0.5	3,1	2,8	Unidade de Conduta Sala P.0.5
EVRF.0.6	1,2	1,0	Unidade Cassete Sala Raio-X
EVRF.1.2	3,9	3,5	Unidade de Conduta Sala P.1.2
EVRF.1.3	3,0	2,8	Unidade de Conduta Sala P.1.3
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>22,9</b>	<b>Soma de controlo</b>

**Tabela 45 – Lista dos equipamentos interiores do sistema VRF (Clinica Cascais)**

A elaboração das fichas técnicas com as especificações e selecções dos equipamentos a utilizar no projecto, na tabela 46 apresenta-se uma das fichas técnicas relativa às caixas de filtros terminais a serem instalados nas salas limpas do edifício (bloco operatório, sala de recobro e salas de apoio adjacentes).

<b>FICHA Nº 2.08</b>				
<b>Material / Equipamento:</b>	Caixas de filtros terminais			
<b>Quantidade:</b>	Ver peças desenhadas e lista de quantidades			
<b>Designação do Projecto:</b>	CFT.P.#			
<b>Marca e Modelo de Referência:</b>	FranceAir; modelo PLC+SD para grelhas de insuflação			
	FranceAir; modelo PLC+TB para difusores de insuflação			
<b>Local de Montagem:</b>	Ver peças desenhadas			
<b>Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:</b>				
<b>Características de Funcionamento:</b>				
A caixa de filtros terminais contém um porta filtro, difusor ou grelha de insuflação e filtro absoluto. A caixa será em chapa de aço pintada, com tomadas de pressão para medir a colmatação e eficiência do filtro. As grelhas e difusores de insuflação serão pintados.				
<b>Características Dimensionais:</b>				
<b>Designação</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Modelo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Dimensões (mm)</b>
CFT.P0.7	1000	PLC+SD 3.6.0	4	305x610x68
CFT.P0.7.1	165	PLC+TB 6.6.0	1	610x610x68
CFT.P0.7.2	145	PLC+TB 3.3.0	1	305x305x68
CFT.P0.7.3	145	PLC+TB 3.3.0	1	305x305x68
CFT.P0.8	500	PLC+SD 3.6.0	2	305x610x68
CFT.P0.8.1	145	PLC+TB 3.3.0	1	305x305x68
CFT.P0.8.3	220	PLC+TB 6.6.0	1	610x610x68
<b>Notas:</b>				
Todas as caixas de insuflação a serem instaladas no bloco operatório (sala P0.7), recobro (sala P0.8) e salas adjacentes (sala P0.7.1, P0.7.2, P0.7.3 e P.0.8.1) serão equipadas com filtro absoluto H14.				

**Tabela 46 – Ficha técnica das caixas de difusão com porta filtro (Clínica de Cascais)**

A informação das fichas técnicas é por norma retirada de catálogos do fabricante ao contrário da informação do mapa de equipamentos mecânicos com a informação real retirada da simulação dinâmica, esta diferença possibilita aos instaladores por exemplo a selecção de um equipamento com a potência térmica necessária ao projecto e não com a potência do equipamento seleccionado pelo projectista e apresentado na ficha técnica.

## 6.6 Portucel – Edifícios da Pasta, Papel e Florestal

Projecto de ventilação de edifícios de escritórios.

### Actividades desenvolvidas

Elaboração das fichas técnicas com as especificações e selecções dos equipamentos a utilizar no projecto, na tabela 47 apresenta-se a ficha técnica de um dos equipamentos mais importantes deste projecto motivado pela falta de ventilação. Como é referido nas características de funcionamento o equipamento em causa é responsável pela absorção da poluição contida no ar novo promovendo um ambiente interior limpo e sem odores. Este equipamento foi especificado através da lista de poluentes do ar exterior fornecida pelo cliente e posterior contacto com um fornecedor de forma a encontrar a melhor solução para o projecto.

<b>FICHA Nº 1.05</b>					
<b>Material / Equipamento:</b>		Caixas de Filtros de Média Química			
<b>Quantidade:</b>		Ver em baixo			
<b>Designação do Projecto:</b>		Ver em baixo			
<b>Marca e Modelo de Referência:</b>		CIRCUL-AIRE			
<b>Local de Montagem:</b>		Ver peças desenhadas			
<b>Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:</b>					
Norma EN779					
<b>Características de Funcionamento:</b>					
Designação	Modelo	Filtro	Caudal de ar (l/s)	Perda de carga	Dimensões da Caixa
CCA.PAS.P0.01	Propor	MM 9000	860		A fornecer pelo fabricante
CCA.PAS.P0.02	Propor	MM 9000	1760		A fornecer pelo fabricante
CCA.PAS.P1.02	Propor	MM 9000	1160		A fornecer pelo fabricante
CCA.PAP.P0.01	Propor	MM 9000	710		A fornecer pelo fabricante
CCA.PAP.P0.02	Propor	MM 9000	800		A fornecer pelo fabricante
CCA.PAP.CAVE.01	Propor	MM 9000	655		A fornecer pelo fabricante
CCA.FLT.P1.01	Propor	MM 9000	1900		A fornecer pelo fabricante
As características dos filtros deverão ser adequadas para absorver os poluentes referidos em seguida, com Lista de Poluentes: Compostos de enxofre reduzidos; Compostos de enxofre oxidado; Compostos de cloro; Compostos Orgânicos Voláteis (Formaldeídos) Temperatura máxima de utilização: 40°C Humidade relativa máxima de utilização: 90%					
<b>Características Construtivas e de Montagem:</b>					
Módulo com filtragem química para intercalar entre condutas, fabricados em aço inoxidável AISI 316, incluindo A unidade inclui: Filtros de média química Pré-Filtros G4 Filtro Finais F8 Manómetros diferenciais					
<b>Características Dimensionais:</b>					
Indicadas na tabela anterior.					
<b>Notas:</b>					

Tabela 47 – Ficha técnica das caixas de média química (Portucel)

Elaboração da lista de equipamentos de mecânica com a selecção de equipamentos mecânicos a instalar no projecto, na tabela 48 apresenta-se a lista de unidades de tratamento de ar com os caudais de ar novo de acordo com a majoração dos caudais do RSECE e da norma EN15251:2007, os caudais de extracção foram encontrados através das recirculações impostas aos espaços não climatizados. As potências térmicas e de recuperação foram retiradas da simulação dinâmica e agrupadas à informação dos ventiladores, esta informação juntamente com os diagramas reúnem os dados básicos para a especificação destes equipamentos.

<b>Designação do Equipamento</b>	<b>Caudal de Ar Novo (L/s)</b>	<b>Caudal de Extracção (L/s)</b>	<b>Capacidade Arrefecimento Total (kW)</b>	<b>Capacidade de Aquecimento (kW)</b>	<b>Capacidade de Recuperação (kW)</b>
URE.PAS.P0.01	758	758	6,5	5,2	3,9
VI.PAS.P0.01	758	-	-	-	-
VE.PAS.P0.01	-	758	-	-	-
URE.PAS.P0.02	1905	1905	16,4	13,0	9,8
VI.PAS.P0.02	1905	-	-	-	-
VE.PAS.P0.02	-	1905	-	-	-
URE.PAS.P1.02	1143	1143	10,0	7,8	5,9
VI.PAS.P1.02	1143	-	-	-	-
VE.PAS.P1.02	-	1143	-	-	-
URE.PAP.P0.01	630	630	5,4	4,3	3,3
VI.PAP.P0.01	630	-	-	-	-
VE.PAP.P0.01	-	630	-	-	-
URE.PAP.P0.02	780	780	6,7	5,3	4,0
VI.PAP.P0.02	780	-	-	-	-
VE.PAP.P0.02	-	780	-	-	-
URE.PAP.P0.03	575	575	5,0	3,9	3,0
VI.PAP.P0.03	575	-	-	-	-
VE.PAP.P0.03	-	575	-	-	-
URE.FLT.P1.01	160	160	1,4	1,1	0,9
VIFLT.P1.01	160	-	-	-	-
VE.FLT.P1.01	-	160	-	-	-

**Tabela 48 – Lista de unidades de tratamento de ar (Portucel)**

Análise de propostas e esclarecimento de dúvidas na fase de concurso. Após a execução da simulação dinâmica, da produção de desenhos da instalação, da especificação dos equipamentos e elaboração dos restantes documentos chega a fase de concurso. Nesta fase os instaladores apresentam as suas propostas para os equipamentos e é necessário que a equipa de projecto efectue a análise de cada uma delas observando se respeitam as especificações das fichas técnicas e a sua adequação ao projecto.

## 6.7 Lusomedicamenta 2 – Fluxos Laminares

Projecto de climatização de unidade farmacêutica.

### Actividades desenvolvidas

Elaboração da memória descritiva do projecto com faz a descrição geral da obra. Este documento enuncia os objectivos, refere as actividades, indica os equipamentos a instalar e parâmetros utilizados no seu dimensionamento.

Na tabela 49 apresenta-se as especificações de cada um dos espaços intervencionados, de referir que sendo esta uma empresa farmacêutica as salas de produção têm uma classificação de acordo com a norma “ISO 14644 Salas limpas e espaços com ambiente controlado”. Esta classificação define desde as renovações de ar, pressões do ar no interior do espaço e até a velocidade do ar à saída dos equipamentos, assim todo o projecto foi desenvolvido de modo a assegurar estas especificações. A título de curiosidade esta norma impõe uma velocidade do ar em espaços com classificação A entre 0,28 a 0,45m/s, a selecção dos equipamentos foi feita para uma velocidade de 0,36m/s.

Sala	Descrição	Class. da sala	PRESS. (Pa)	TEMP. (°C)	HR (%)	Volume da sala (m <sup>3</sup> )	Rec.	Caudal de ar (l/s)
219	Enchimento de Cremes (Pomadas)	B	80	22±1	<50	20	40	420
219 LAF	Enchimento de Cremes (Pomadas) - LAF	A	na	22±1	<50	5	na	975
221	Preparação de Colírios e Soluções Orais	C	35	22±1	<50	12	30	105
222	Enchimento de Colírios	B	80	22±1	<50	24	40	270
222 LAF	Enchimento Colírios - LAF	A	na	22±1	<50	36	na	4200
222 A	Preparação de Líquidos Estéreis	B	70	22±1	<50	5	40	100
222 A LAF	Preparação de Líquidos Estéreis - LAF	A	na	22±1	<50	5	na	900

**Tabela 49 – Lista de salas (Lusomedicamenta)**

## 6.8 Unidade de cuidados continuados – Algueirão

Certificação energética de edifício com internamento.

### Actividades desenvolvidas

Neste projecto a minha contribuição consistiu na preparação do modelo do edifício no software de simulação dinâmica Hourly Analysis Program (HAP) da Carrier, passando por desenvolver as seguintes actividades:

- Elaboração da Lista de salas:
  - Área útil;
  - Pé direito;
  - Ocupação;
  - Iluminação;
  - Densidade de equipamentos.
- Verificação do cumprimento dos caudais de ventilação regulamentares do RSECE segundo o anexo VI.
- Elaboração de lista com as áreas da envolvente opaca exterior e vãos envidraçados.
- Verificação do cumprimento dos coeficientes de transmissão térmica (U) indicados pelo RCCTE segundo o anexo VII.
- Cálculo do coeficiente Tau para definição dos espaços de envolvente interior ou exterior segundo a tabela IV.1 do RCCTE.

A certificação dos edifícios pretende comprovar os seus consumos energéticos, à semelhança do que acontece para um projecto de climatização elabora-se um modelo do edifício no *software* de cálculo com a caracterização das condições exteriores, cargas interiores e horários de utilização. Após esta caracterização é necessário comprovar as características da envolvente e caudais de insuflação de acordo com os regulamentos RSECE e RCCTE, no final recorrendo aos valores do consumo energético dos equipamentos de climatização, restantes equipamentos eléctricos e mediante a localização do edifício são efectuados uma série de cálculos que traduziram o desempenho energético do edifício.

## 6.9 Condomínio Diana Park – Lisboa

Projecto de climatização de espaço comercial com sistema VRF.

### Actividades desenvolvidas

Elaboração da lista de salas com a ocupação, potências de equipamentos de iluminação e de laboração. Este projecto teve a particularidade da divisão do edifício não por espaços mas por áreas, assim existiram uma série de áreas sem separação entre si e com diferentes cargas térmicas devido à proximidade com a envolvente e respectiva orientação. A vantagem desta abordagem prende-se com o facto de se conhecer a potência térmica específica de cada área e não de todo o espaço, assim em vez de distribuir a potência térmica igualmente pelo espaço localizam-se os equipamentos mediante as necessidades de climatização de cada área.

Como o espaço se encontrava inactivo o projecto de climatização foi pensado pela sua futura utilização, na tabela 50 apresenta-se a caracterização das cargas locais consideradas para não limitar quaisquer objectivos funcionais futuros.

Área	Ocupação (m <sup>2</sup> /Pessoa)	Ocupação (Pessoas)	Densidade de Iluminação (W/m <sup>2</sup> )	Potência de Iluminação (W)	Dissipação de Equipamento		
					Equip. (W/m <sup>2</sup> )	Factor Simult.	Carga (W)
1	5	31	15	2294	5	100%	765
2	5	3	15	216	5	100%	72
3	5	7	15	546	5	100%	182
4	5	12	15	890	5	100%	297
5	5	13	15	969	5	100%	323
6	5	16	15	1212	5	100%	404
7	5	32	15	2403	5	100%	801
8	5	4	15	286	5	100%	95
9	5	11	15	802	5	100%	267
10	5	20	15	1489	5	100%	496
11	5	7	15	489	5	100%	163
<b>Totais</b>		<b>155</b>		<b>11596</b>			<b>3865</b>

Tabela 50 – Lista de Salas (Diana Park)

## **7. Conclusões**

A realização do estágio possibilitou-me a consolidação de metodologias e preparou-me para a abordagem às situações reais, às quais muitas vezes têm de ser dadas respostas céleres, apercebi-me também da real abrangência de actividades e de objectivos dos projectos que se desenvolvem num gabinete de engenharia.

Outra mais valia foi o contacto com profissionais experientes com quem tive a oportunidade de aprender as boas práticas, a gerir as actividades e de como desenvolver um produto de acordo com as expectativas do Cliente.

Durante a elaboração deste relatório deparei-me com a abrangência de conceitos, normas e regulamentos que implicaram pesquisa, investigação, estudo e reflexão mas que sem dúvida me ajudarão como instrumento de consulta na minha actividade profissional, assim considero o tempo despendido como bem empregue.

Em resumo considero que os objectivos propostos foram atingidos e que o estágio se revelou uma aposta vencedora na medida em que me preparou profissionalmente dentro da área de climatização.

## 8. Referências Bibliográficas

- Decreto-Lei n.º78/2006 Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. Diário da República – I Série - A. N.º67 – 4 de Abril de 2006.
- Decreto-Lei n.º 79/2006 Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Diário da República – I Série - A. N.º67 – 4 de Abril de 2006.
- Decreto-Lei n.º 80/2006 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Diário da República – I Série - A. N.º67 – 4 de Abril de 2006.
- Portaria n.º 701-H/2008. Diário da República, 1.ª Série – N.º145 – 29 de Julho de 2008.
- ASHRAE Standard 90.1. 2007, Energy Standard for Building Except low-Rise Residential Buildings. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE Standard 62.1. 2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE Handbook Fundamentals. 2009, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE Guideline 0-2005. 2005. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Carrier Air Conditioning Company - Handbook of Air Conditioning System Design. New York: Mc-Graw Hill Book Company, 1965.
- Carrier - Commercial Distribution System: Duct Design, Level 1: Fundamentals. Carrier Corporation, 2005.
- Santos, Carlos A. Pina dos Santos; Matias, Luís - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios: ITE 50. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006. ISBN-10: 972-49-2065-B.
- ISO 14644. 2001, Cleanrooms and Associated Controlled Environments: part 4 - Design, Construction and Start-up. Switzerland: International Standard Organization.
- EN 13779. 2007, Ventilation for non-residential buildings: Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. Brussels: European Committee for Standardization.
- EN 15251. 2007, Indoor environmental input parameters for design and assesment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal

- environment, lighting and acoustics. Brussels: European Committee for Standardization.
- EN 1886. 2007, Ventilation for buildings: Air Handling Units Mechanical Performance. Brussels: European Committee for Standardization.
- EN 1822. 2010, High Efficiency Air Filters: part 1 - Classification, performance testing, marking. Brussels: European Committee for Standardization.
- EN 13053. 2011, Ventilation for buildings: Air handling units - Ratings and performance for units, components and sections. Brussels: European Committee for Standardization.
- EN 779. 2012, Particle air filters for general ventilatin. Brussels: European Committee for Standardization.
- ADENE - Perguntas & Respostas sobre o SCE: Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios D.L. 78/2006 de 4 de Abril. Agência para a Energia. 2009.
- ADENE - Perguntas & Respostas sobre o RCCTE: Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios D.L. 80/2006 de 4 de Abril. Agência para a Energia. 2011.
- ADENE - Perguntas & Respostas sobre o RSECE – Energia: Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização da Edifícios D.L. 79/2006 de 4 de Abril. Agência para a Energia. 2011.
- ADENE - Perguntas & Respostas sobre o RSECE – QAI: Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização da Edifícios D.L. 79/2006 de 4 de Abril. Agência para a Energia. 2011.
- Camelo, Susana, et al. – Manual de apoio à aplicação do RCCTE. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Lisboa, 2005.
- McDowall, R. - Fundamentals of HVAC System SI Edition. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. United Kingdom: Elsevier, 2007. ISBN-13: 978-0-12-373998-8.
- Montgomery, R., McDowall, R. - Fundamentals of HVAC Control Systems SI Edition. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. United States of America: Elsevier, 2009. ISBN 978-0-08-055234-7.
- Roriz, L. – Climatização: Concepção, instalação e condução de sistemas. Edições Orion. 2006.

Sugarman, Samuel C. - HVAC Fundamentals. The Fermount Press. 2005.  
ISBN 0-88173-489-6.

Grondzik, Walter T. - Air-Conditioning System Design Manual. United States of  
America: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning  
Engineers, Inc. 2007. ISBN 978-1-933742-13-7

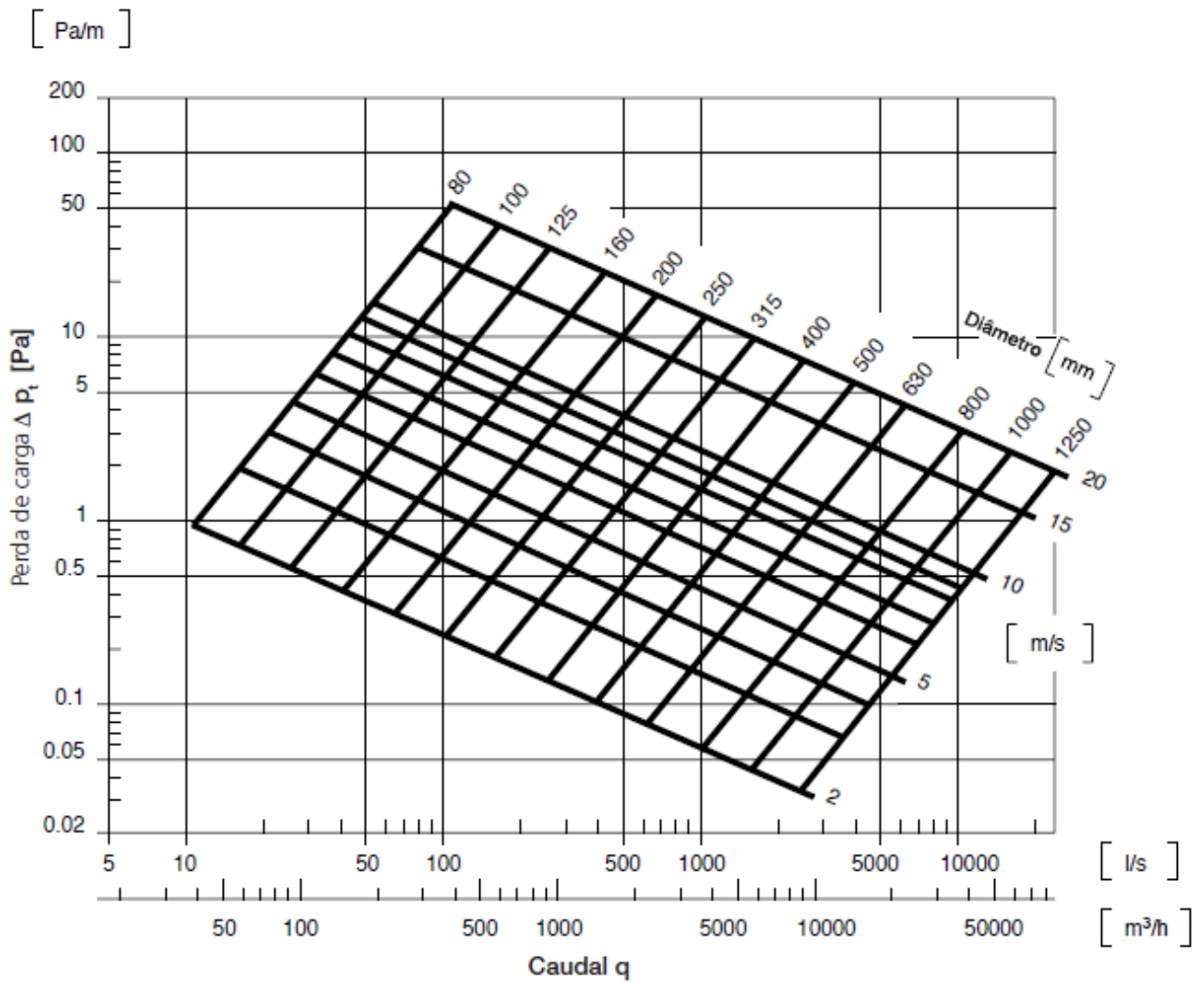
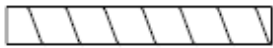
## **9. Anexos**

A1 – Ábaco dos diâmetros comerciais e perdas de carga para condutas circulares (SANDOMETAL)

A2 – Dimensões comerciais de conduta rectangular (SANDOMETAL)

A3 – Dimensões comerciais de conduta oval (SANDOMETAL)

**A1 – Ábaco dos diâmetros comerciais e perdas de carga para condutas circulares (SANDOMETAL)**



## A2 – Dimensões comerciais de conduta rectangular (SANDOMETAL)

COMPRIMENTO DOS LADOS (mm)	b											
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	
a												
200	0,020 133 149 0,60	0,030 171 186 0,70	0,040 200 218 0,80									Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
250	0,025 143 165 0,70	0,038 188 206 0,80	0,050 222 241 0,90	0,063 250 273 1,00								Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
300	0,030 150 180 0,80	0,045 200 224 0,90	0,060 240 262 1,00	0,075 273 296 1,10	0,090 300 327 1,20							Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
400	0,040 160 205 1,00	0,050 218 255 1,10	0,080 267 299 1,20	0,10 308 337 1,30	0,12 343 373 1,40	0,16 400 456 1,60						Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
500		0,075 231 283 1,30	0,10 286 331 1,40	0,13 333 374 1,50	0,15 375 413 1,60	0,20 444 483 1,80	0,25 500 545 2,00					Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
600		0,090 240 307 1,50	0,12 300 359 1,60	0,15 353 406 1,70	0,16 400 448 1,80	0,24 480 524 2,00	0,30 545 592 2,20	0,36 600 654 2,40				Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
800			0,16 320 410 2,00	0,20 381 463 2,10	0,24 436 511 2,20	0,32 533 598 2,40	0,40 615 675 2,60	0,48 686 745 2,80	0,64 800 872 3,20			Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
1000				0,25 400 512 2,50	0,30 462 566 2,60	0,40 571 662 2,80	0,50 667 747 3,00	0,60 750 825 3,20	0,80 889 965 3,60	1,00 1000 1090 4,00		Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
1200					0,36 480 614 3,00	0,48 600 719 3,20	0,60 706 812 3,40	0,72 800 896 3,60	0,96 960 1049 4,00	1,20 1091 1184 4,40	1,44 1200 1308 4,80	Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
1400						0,56 622 771 3,60	0,70 737 871 3,80	0,84 840 962 4,00	1,12 1018 1125 4,40	1,40 1167 1270 4,80	1,68 1292 1403 5,20	Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
1600						0,64 640 819 4,00	0,80 762 925 4,20	0,96 873 1022 4,40	1,28 1067 1195 4,80	1,60 1231 1350 5,20	1,92 1371 1491 5,60	Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
1800							0,9 783 976 4,80	1,08 900 1078 4,80	1,44 1108 1261 5,20	1,80 1286 1424 5,60	2,16 1440 1573 6,00	Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>
2000							1,00 800 1024 5,00	1,20 923 1131 5,20	1,60 1143 1323 5,60	2,00 1333 1494 6,00	2,40 1500 1650 6,40	Ac d <sub>h</sub> d <sub>e</sub> A <sub>1</sub>

Ac: área da secção recta m<sup>2</sup>-d<sub>h</sub>:diâmetro hidráulico mm -d<sub>e</sub>: diâmetro equivalente mm -A<sub>1</sub>: área de chapa m<sup>2</sup>/ml

$$d_h, \text{ diâmetro hidráulico (mm)} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a+b}$$

Diâmetro equivalente – Diâmetro numa conduta circular com igual caudal e perda de carga;

Diâmetro hidráulico – Diâmetro numa conduta circular com a mesma perda de carga, quando nela o ar circula com a mesma velocidade que na conduta rectangular.

**A3 - Dimensões comerciais de conduta oval (SANDOMETAL)**

Ø Inicial	Medida Menor do Spiroval (H)										
	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	
Medida Maior - B	200	260	240								
		170	185								
	224	300	280	270							
		180	200	210							
	250	340	320	310							
		190	210	225							
	280	390	370	360							
		200	220	240							
	300	420	410	390							
		215	230	250							
	315		430	410	400						
			240	255	300						
	355		490	480	450						
			255	280	315						
	400			540	520						
				300	330						
	450			620	600	570					
				315	355	400					
	500			700	680	650	610				
				350	375	425	475				
560			790	770	740	710	690	660			
			365	400	450	500	530	560			
630				880	850	820	790	770	740	710	
				425	475	530	560	600	630	670	
710					980	940	920	900	870	840	
					500	560	600	630	670	710	
800					1120	1090	1070	1040	1010	980	
					530	600	630	670	710	750	
900						1240	1220	1200	1170	1140	
							670	710	750	800	
1000							1380	1350	1330	1300	
							710	750	800	850	
1120							1570	1540	1520	1490	
							750	800	850	900	
1250								1750	1720	1690	
								850	900	950	
1400									1960	1930	
									950	1000	

Seleção de conduta oval

1º - Seleccionar o diâmetro equivalente da conduta (vermelho)

2º - Consultar a medida maior (amarelo) e menor (verde) da conduta.