

Instituto Politécnico de Coimbra



Departamento
de Engenharia Mecânica

**Sistema de Arrefecimento de uma Cobertura Envidraçada
por Deslizamento de Água**

e

Acompanhamento da Execução de Cadernos de Encargos

Projecto apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Autor

Rui Pedro Fachada Rosa

Coimbra, Julho de 2015

Instituto Politécnico de Coimbra



Departamento
de Engenharia Mecânica

**Sistema de Arrefecimento de uma Cobertura Envidraçada
por Deslizamento de Água**

e

Acompanhamento da Execução de Cadernos de Encargos

Projecto apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Autor

Rui Pedro Fachada Rosa

Orientador

José Torres Farinha

Supervisor

Vitor Pais

Coimbra, Julho de 2015

Resumo

Actualmente, o conforto térmico no interior de qualquer edifício ocupa um lugar de grande importância no seu projecto visando oferecer bem-estar às pessoas que o frequentam.

As tendências arquitectónicas correntes baseadas na adopção de extensas áreas envidraçadas resultam num risco acrescido de sobreaquecimento do ambiente interior dos edifícios e no consequente aumento do consumo de energia para arrefecimento dos mesmos, tornando premente a necessidade de estudar as melhores estratégias para contrariar esse incremento de custo.

Um ambiente interior de qualidade é conseguido através de equipamentos mecânicos para Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) ou através de soluções bioclimáticas, as quais aproveitam as condições endógenas do clima para maximizar o conforto e a saúde dos utilizadores do edifício, minimizando o uso de energia.

O caso precedente, que inclui a refrigeração passiva, implica a utilização de soluções tecnológicas para reduzir a temperatura dos edifícios sem a necessidade de consumo de energia.

É no âmbito desta temática que o presente projecto se insere visando encontrar soluções pragmáticas para que o conforto térmico no edifício estudado seja o mais adequado, tanto a nível de consumo energético como de condições térmicas.

A solução adoptada para a redução da temperatura interior é baseada em arrefecimento evaporativo, mais concretamente num deslizamento contínuo de água onde o abaixamento de temperatura é feito pela mudança de fase da água, isto é, a transformação do estado líquido para o de vapor.

Adicionalmente importa elaborar o caderno de encargos para levar a efeito a implementação do projecto.

No caso presente, o projecto foi desenvolvido numa unidade hospitalar pública, pelo que os normativos a aplicar são desta natureza e, por consequência importa compreender, implementar e acompanhar os respectivos documentos e processos de aquisição e manutenção para que o ciclo de conhecimento, desde o projecto à sua implementação, fique completo. Esta é a razão para que a presente monografia incorpore um módulo referente à elaboração e acompanhamento da implementação de cadernos de encargos.

Palavras-chave: AVAC; Caderno de Encargos; Arrefecimento; Conforto Térmico

Abstract

Nowadays, the thermal comfort inside any building is an aspect of great importance in the design of any construction in order to offer welfare to the people who attend it.

The architectural trends based on the use of extensive glass areas result in a risk of overheating in the interior environment of buildings and consequent increase in energy consumption for cooling them, making urgent the need to study the best strategies to go against this cost increase.

A quality indoor environment is achieved through mechanical equipment Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC) or through bioclimatic solutions, which take advantage of the weather conditions inherent to maximize comfort and health of building users, minimizing energy use.

The preceding case includes the use of passive cooling, requires technological solutions to reduce the temperature of buildings without the need for energy consumption.

It is within this theme that this project is aimed to find pragmatic solutions to the thermal comfort in the building studied, both in terms of energy consumption and thermal conditions.

The solution adopted to reduce the internal temperature is based on evaporative cooling, in particular in a continuous slip of water where the temperature lowering is achieved through the phase change of water, i.e., the transformation from liquid to vapor state.

Additionally, it is relevant to drawn up the Terms of Reference to carry out project implementation.

In this case, the project was developed in a public hospital, so the regulations to be applied have this specificity and therefore it is important to understand and track documents and processes to know the entire cycle completely, from design to implementation. This is the main reason why this monography incorporates a module about Terms of Reference, under the aspects of elaboration and its accompanying.

Key Words: HVAC; Terms of Reference; Evaporative Cooling; Thermal Comfort.

Agradecimentos

Tendo consciência que sozinho nada disto teria sido possível, dirijo um agradecimento especial aos meus pais e irmã, por serem modelos de coragem, pelo seu apoio incondicional, incentivo, amizade e paciência demonstrados e total ajuda na superação dos obstáculos que ao longo desta caminhada foram surgindo. Um muito OBRIGADO!

Ao meu orientador José Torres Farinha expresso o meu profundo agradecimento pela orientação, disponibilidade e apoios incondicionais que muito elevaram os meus conhecimentos científicos e, sem dúvida, muito estimularam o meu desejo de querer, sempre, saber mais e a vontade constante de querer fazer melhor.

“Ninguém escapa ao sonho de voar, de ultrapassar os limites do espaço onde nasceu, de ver novos lugares e novas gentes. Mas saber ver em cada coisa, em cada pessoa, aquele algo que a define como especial, um objecto singular, um amigo - é fundamental. Navegar é preciso, reconhecer o valor das coisas e das pessoas, é mais preciso ainda”, Antoine de Saint-Exupery.

Agradecer à Maria, pela amiga e pessoa magnífica que é, e que me ensinou a ver a vida de uma outra maneira.

Aos meus amigos Tiago, Vânia, Pedro, Rita, Zé, Carina e todos os outros a quem considero família, um muito obrigado pela sua ajuda e por estarem sempre presentes na minha vida, nos momentos bons e nos maus - *“Amigos são a família que nos permitiram escolher”, William Shakespeare.*

Aos Eng^{os}. Pedro Teixeira e Jorge Nogueira, que mais do que profissionais dos SIE-CHUC são meus amigos - Obrigado por tudo.

Ao meu supervisor Eng^o. Victor Pais, Director dos Serviços de Instalações e Equipamentos do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, pela sua atenção e disponibilidade para me ajudar nos problemas ao longo deste período de estágio.

Ao Prof. Jorge André, docente do Departamento de Mecânica da FCTUC, ao Eng^o. Tiago Oliveira, Director-geral da empresa *Infiniplus*, e aos Eng^{os}. Tiago Alves e Luís Ramalho, profissionais da Empresa Pinto&Cruz, que muito me ensinaram em manutenção de sistemas de AVAC, e me ajudaram no projecto/estágio de mestrado.

Índice

1. INTRODUÇÃO	23
1.1. Objectivo	23
1.2. Enquadramento do tema	23
2. ESTADO DA ARTE	29
2.1. Soluções disponíveis para arrefecimento passivo	29
2.1.1.Sombreamento	29
2.1.2.Ventilação natural	31
2.1.3.Arrefecimento evaporativo	32
2.1.4.Vidro	32
2.2. Directiva comunitária de desempenho energético de edifícios	37
2.2.1.RSECE	38
2.2.2.RCCTE	39
2.2.3.Legislação actualmente em vigor	39
3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	43
3.1. Conceitos fundamentais de AVAC	43
3.1.1.Cargas térmicas	44
3.1.2.Morfologia dos equipamentos das instalações de AVAC	45
3.2. Radiação	54
3.3. Arrefecimento evaporativo	58
3.4. Taxa de evaporação	60
3.5. Tubagens	61
3.5.1.Materiais	62
3.5.2.Escoamento dos fluídos em tubagens	64
3.5.3.Cálculo das perdas de carga num tubo	66
4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJECTO	73
4.1. Caracterização do edifício	73
4.1.1.Características do sistema de AVAC	74
4.2. Medição de temperaturas no hall do HP	80
4.3. Cálculo dinâmico	82
4.3.1.Sombreamento	84
4.3.2.Cálculo da potência de arrefecimento em <i>software CYPETHERM ASHRAE LOADS</i>	86
4.4. Sistema de AVAC do <i>hall do HPC</i>	88
4.5. Sistema de deslizamento de água	92
4.5.1.Caudal	94
4.5.2.Cálculo da espessura da película de água e da velocidade de escoamento	95
4.5.3.Troços do sistema de deslizamento de água	97
4.5.4.Funcionamento do sistema/sensores	106
4.5.5.Suportes de tubagem	106
4.6. Resultados previstos com deslizamento de água	107
5. CADERNO DE ENCARGOS	112
5.1. Aquisição de um bem ou serviço	112
5.1.1.Enquadramento legal	112
5.1.2.Especificações funcionais	115
5.1.3.Análise de investimento	115
5.1.4.MÉTODOS DE COMPARAÇÃO entre ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTO	116
5.1.5.O conceito de depreciação de um equipamento	117
5.1.6.Alguns métodos de depreciação	118

5.1.7.Especificações técnicas e de serviço.....	120
5.1.8.Recepção de um equipamento	120
5.1.9.Documentação normativa para a manutenção	121
5.1.10.Instalação	123
5.1.11.Colocação em funcionamento.....	123
5.1.12.Garantias	123
5.2. Contratos de Manutenção.....	124
5.2.1.Elaboração de um contrato de manutenção	125
5.2.2.Subcontratação	130
5.2.3.Garantias de sucesso do serviço de manutenção.....	131
5.2.4.Histórico de um equipamento	133
5.3. Ciclo de vida de um equipamento em meio hospitalar	133
6. CONCLUSÕES	139
7. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	143
BIBLIOGRAFIA	147
ANEXOS	151

Lista de Figuras

<i>Fig. 1 – Fluxograma com diferentes métodos de arrefecimento passivo</i>	<i>29</i>
<i>Fig. 2 - Sede da 3M em Cucinella – Arquitectura de sombreamento com elementos fixos</i>	<i>30</i>
<i>Fig. 3 - Estore veneziano para telhado</i>	<i>31</i>
<i>Fig. 4 - Estore de lona para telhado</i>	<i>31</i>
<i>Fig. 5 - Efeito de estratificação</i>	<i>32</i>
<i>Fig. 6 - Efeito Chaminé</i>	<i>32</i>
<i>Fig. 7 - Efeito hidrófilo no vidro</i>	<i>33</i>
<i>Fig. 8 – SGG BIOCLEAN- Museo del Giocattolo, Itália</i>	<i>33</i>
<i>Fig. 9 - Diamond square, India</i>	<i>34</i>
<i>Fig. 10 - Esquema de vidro duplo com grelhas espelhadas</i>	<i>34</i>
<i>Fig. 11 - Envidraçado com estore integrado</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 12 - Película reflectora</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 13 - Claraboia com película reflectora</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 14 - Sistema com película fotovoltaica em cobertura</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 15 - Sistema com película fotovoltaica em átrio</i>	<i>37</i>
<i>Fig. 16 - Cargas térmicas e parâmetros ambientais</i>	<i>44</i>
<i>Fig. 17 – Módulos de um sistema AVAC</i>	<i>47</i>
<i>Fig. 18 - Exemplo de uma UTA modular</i>	<i>48</i>
<i>Fig. 19 - VC tipo conduta</i>	<i>49</i>
<i>Fig. 20 – Representação esquemática do ciclo frigorífico</i>	<i>51</i>
<i>Fig. 21 – Diagrama T-s do ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor</i>	<i>52</i>
<i>Fig. 22 - Diagrama P-h de um ciclo de refrigeração ideal de compressão por vapor</i>	<i>52</i>
<i>Fig. 23 - Diagrama esquemático do ciclo frigorífico real</i>	<i>53</i>
<i>Fig. 24 - Diagrama T-S do ciclo real de refrigeração por compressão de vapor</i>	<i>54</i>
<i>Fig. 25 - Algumas características da radiação electromagnética</i>	<i>55</i>
<i>Fig. 26 - Espectro da radiação solar</i>	<i>56</i>
<i>Fig. 27 - Balanço energético através de um vidro</i>	<i>56</i>
<i>Fig. 28 - Algumas propriedades do vidro em relação à radiação solar</i>	<i>57</i>
<i>Fig. 29 - Esquema do efeito de estufa</i>	<i>58</i>
<i>Fig. 30 – Exemplo para explicação do princípio da evaporação</i>	<i>59</i>

<i>Fig. 31 – Material para tubos</i>	<i>62</i>
<i>Fig. 32 – Queda da altura piezométrica no sentido do escoamento numa tubagem</i>	<i>65</i>
<i>Fig. 33 – Abaco de Moody.....</i>	<i>67</i>
<i>Fig. 34 – Representação de Ho</i>	<i>68</i>
<i>Fig. 35 - Vista aérea do Hospital Pediátrico</i>	<i>73</i>
<i>Fig. 36 - Hospital Pediátrico de Coimbra.....</i>	<i>73</i>
<i>Fig. 37 - Planta do piso 0 do Hospital Pediátrico</i>	<i>74</i>
<i>Fig. 38 - Representação simplista do sistema de climatização do hall.....</i>	<i>74</i>
<i>Fig. 39 - Esquema simplificado do sistema de AVAC da UTAN 0.8.....</i>	<i>75</i>
<i>Fig. 40 – Injector instalado no HPC</i>	<i>76</i>
<i>Fig. 41 - Constituição da UTAN 0.8.....</i>	<i>76</i>
<i>Fig. 42 - UTAN 0.8 do HP.....</i>	<i>77</i>
<i>Fig. 43 - Esquema das três caldeiras da central de calor do HPC.....</i>	<i>78</i>
<i>Fig. 44 - Caldeiras da central de calor do HPC</i>	<i>78</i>
<i>Fig. 45 - Central de frio do HP</i>	<i>79</i>
<i>Fig. 46 – Pontos de medição de temperatura no hall</i>	<i>81</i>
<i>Fig. 47 – Altura dos pontos de medição do hall.....</i>	<i>81</i>
<i>Fig. 48 – Instrumento 435 TESTO</i>	<i>81</i>
<i>Fig. 49 – Modelo tridimensional</i>	<i>83</i>
<i>Fig. 50 – Aproveitamento de energia solar anual.....</i>	<i>85</i>
<i>Fig. 51 – Hall ao nível do piso 0 (Utilização: Intensidade alta; Volume: 1677 m³).....</i>	<i>86</i>
<i>Fig. 52 – Hall ao nível do piso 1 (Utilização: Intensidade baixa; Volume: 1718 m³).....</i>	<i>86</i>
<i>Fig. 53 – Distribuição da necessidade de arrefecimento ao longo do dia.....</i>	<i>87</i>
<i>Fig. 54 – Carga máxima de arrefecimento detalhada e total</i>	<i>87</i>
<i>Fig. 55 – Cargas térmicas</i>	<i>88</i>
<i>Fig. 56 - Necessidade de arrefecimento anual</i>	<i>88</i>
<i>Fig. 57 – Trajecto do ar do exterior até à UTAN.....</i>	<i>89</i>
<i>Fig. 58 – Elementos terminais do sistema de climatização.....</i>	<i>89</i>
<i>Fig. 59 – Caudalímetro DBM 610 KIMO</i>	<i>90</i>
<i>Fig. 60 – Instrumento 435 TESTO</i>	<i>91</i>
<i>Fig. 61 - Planta da cobertura.....</i>	<i>93</i>
<i>Fig. 62 - Vista da estrutura</i>	<i>94</i>

<i>Fig. 63 – Esquema em corte do escoamento sob o vidro</i>	<i>96</i>
<i>Fig. 64 – Esquema ilustrativo do sistema de deslizamento de água</i>	<i>97</i>
<i>Fig. 65 – Esquema simplificado do troço A</i>	<i>98</i>
<i>Fig. 66 – Cálculo da velocidade de escoamento troço A</i>	<i>99</i>
<i>Fig. 67 – Cálculo das perdas de carga ao longo da tubagem.....</i>	<i>99</i>
<i>Fig. 68 – Cálculo da curva da instalação</i>	<i>99</i>
<i>Fig. 69 – Curva de instalação e respectiva tabela</i>	<i>100</i>
<i>Fig. 70 – Curva da instalação do troço A vs curva característica da bomba</i>	<i>100</i>
<i>Fig. 71 – Bomba Grundfos CR 10-04 50 Hz</i>	<i>101</i>
<i>Fig. 72 – Esquema simplificado do troço B</i>	<i>101</i>
<i>Fig. 73 – Perda de carga do filtro (ábaco do fabricante).....</i>	<i>102</i>
<i>Fig. 74 – Curva de instalação troço B VS curva característica da bomba.....</i>	<i>103</i>
<i>Fig. 75 – Bomba Grundfos CR 10-05 50 Hz</i>	<i>104</i>
<i>Fig. 76 – Válvula reguladora de pressão</i>	<i>104</i>
<i>Fig. 77 – Curva de instalação troço C vs curva característica da bomba</i>	<i>105</i>
<i>Fig. 78 – Bomba Grundfos CR Unilift AP12.40.04.1</i>	<i>105</i>
<i>Fig. 79 – Abraçadeira metálica com protecção em borracha</i>	<i>106</i>
<i>Fig. 80 – Estrutura metálica do telhado envidraçado</i>	<i>107</i>
<i>Fig. 81 – Anilha de borracha para isolamento</i>	<i>107</i>
<i>Fig. 82 – Ângulo de incidência solar vs Reflexão da Superfície</i>	<i>109</i>
<i>Fig. 83 - Logótipo do CHUC.....</i>	<i>153</i>
<i>Fig. 84 - Hospitais da Universidade de Coimbra-CHUC.....</i>	<i>153</i>
<i>Fig. 85 - Hospital Geral-CHUC.....</i>	<i>154</i>
<i>Fig. 86 - Maternidade Bissaya Barreto-CHUC</i>	<i>154</i>
<i>Fig. 87 - Hospital Pediátrico-CHUC</i>	<i>155</i>
<i>Fig. 88 – Tubagem com secção constante</i>	<i>157</i>
<i>Fig. 89 – Tubagem com secção variável</i>	<i>158</i>
<i>Fig. 90 – Bomba Unilift AP12</i>	<i>164</i>
<i>Fig. 91 – Bomba CR 10-05</i>	<i>165</i>
<i>Fig. 92 – Bomba CR 10-04.....</i>	<i>166</i>

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1 – Características da UTAN 0.8</i>	<i>77</i>
<i>Tabela 2 – Características das Caldeiras</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 3 – Características gerais dos Chillers</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 4 – Medições da temperatura nos diferentes pontos e alturas</i>	<i>82</i>
<i>Tabela 5 – Sombreamento do edifício com diferentes trajectórias solares</i>	<i>85</i>
<i>Tabela 6 – Potências térmicas de arrefecimento</i>	<i>86</i>
<i>Tabela 7 – Caudais utilizados no porjecto</i>	<i>90</i>
<i>Tabela 8 – Caudais medidos</i>	<i>91</i>
<i>Tabela 9 – Caudal de aspersor para diferentes pressões para ângulo de aspersão de 120° ..</i>	<i>94</i>
<i>Tabela 10 – Energia sob a forma de radiação no telhado com/sem deslizamento de água ..</i>	<i>108</i>
<i>Tabela 11 – Escolha do procedimento concursal em função do valor do contracto</i>	<i>113</i>
<i>Tabela 12 – Procedimentos e respectivas peças documentais</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 13 – Relação entre a natureza dos bens e dos adquirentes</i>	<i>124</i>
<i>Tabela 14 – Tabela de significado das cores</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 15 – Cálculo da velocidade de escoamento troço A.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 16 – Cálculo das perdas contínuas do troço A.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 17 – Cálculo das perdas localizadas do troço A.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 18 – Eq. Curva de instalação com o cálculo.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 19 – Resultados do troço A.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 20 – Tabela de significado das cores</i>	<i>162</i>
<i>Tabela 21 – Cálculo da velocidade de escoamento troço B.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabela 22 – Cálculo das perdas contínuas do troço B.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabela 23 – Cálculo das perdas localizadas do troço B.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabela 24 – Eq. Curva de instalação com o cálculo.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabela 25 – Resultados do troço B.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabela 26 – Tabela de significado das cores</i>	<i>163</i>
<i>Tabela 27 – Cálculo da velocidade de escoamento troço C</i>	<i>163</i>
<i>Tabela 28 – Cálculo das perdas contínuas do troço C</i>	<i>163</i>
<i>Tabela 29 – Cálculo das perdas localizadas do troço C.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabela 30 – Eq. Curva de instalação com o cálculo.....</i>	<i>163</i>

<i>Tabela 31 – Resultados do troço C</i>	<i>163</i>
<i>Tabela 32 – Características da bomba Unilift AP12</i>	<i>164</i>
<i>Tabela 33 - Características da bomba CR 10-05.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabela 34 - Características da bomba CR 10-04.....</i>	<i>166</i>
<i>Tabela 35 – Informação geográfica</i>	<i>167</i>
<i>Tabela 36 – Condições de dimensionamento para arrefecimento</i>	<i>167</i>
<i>Tabela 37 – Cargas de arrefecimento do hall no piso 0</i>	<i>168</i>
<i>Tabela 38 – Cargas de arrefecimento do hall no piso 0</i>	<i>168</i>
<i>Tabela 39 – Tabela de Abreviaturas</i>	<i>168</i>
<i>Tabela 40 – Acessórios do troço A.....</i>	<i>169</i>
<i>Tabela 41 – Acessórios do troço B.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabela 42 – Acessórios do troço C.....</i>	<i>173</i>

Lista de Símbolos



Bomba



Válvula de esfera 1/4 volta



Redução/Expansão



Filtro



Válvula reguladora de pressão



Tubagem Vertical



Aspersor



Ligação flangeada



Tubagem horizontal



Manómetro

Lista de Abreviaturas

- ACSS – Administração Central do Sistema de Saúde
- ADENE – Agência para a energia
- ANSI – *American National Standards Institute* (Instituto Nacional Americano de Padronização)
- AQS – Água Quente Sanitária
- ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*
- ASTM – *American Society for Testing and Materials*
- AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
- BIPV – *Building Integrated Photovoltaics*
- CCP – Código dos Contratos Públicos
- CE – Caderno de Encargos
- CEN/TR – *Comité Européen de Normalisation / Technical Report*
- CHUC – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, EPE
- CTSFs – *Conduction Time Series Factors*
- DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia
- DGIES – Direção-Geral das Instalações e Equipamentos da Saúde
- DN – Diâmetro Nominal
- DR – Diário da República
- DRe – Diário da República electrónico
- EN – *European Norm*
- EPDB – *Energy Performance of Building Directive*
- FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*
- FMECA – *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*
- FS – Factor Solar
- HP – Hospital Pediátrico
- HVAC – *Heating, Ventilating and Air Conditioning*
- ISO – *International Standards Organization*
- JOUE – Jornal Oficial da União Europeia
- LCC – *Life Cycle Cost*
- MTBF – *Mean Time Between Failures* (Período Médio entre Falhas)

- MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio de Reparação)
- MWT – *Mean Waiting Time*
- NP – Norma Portuguesa
- PVC-U – Policloreto de Vinilo não plastificado
- QAI – Qualidade de Ar Interior
- RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico em Edifícios
- RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
- REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
- RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
- RTFs – *Radiant Time Factors*
- RTSM – *Radiant Time Series Method* (Método das Series Temporais Radiantes)
- SC – Coeficiente de Sombreamento
- SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética
- SGG – *Saint Gobain Glass*
- SIE – Serviço de Instalações e Equipamentos
- TBS – Temperatura de Bolbo Seco
- TiO₂ – Dióxido de Titânio
- UAA – Unidade de Arrefecimento de Ar
- UE – União Europeia
- UPAR – Unidade Produtora de Água Refrigerada
- UTA – Unidade de Tratamento de Ar
- UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo
- UV – Ultravioleta
- VC – Ventilconvector
- VRF – Volume de Refrigerante Variável

Capítulo 1 – Introdução

1. Introdução

Neste capítulo é feita uma introdução aos temas relacionados com o presente trabalho, onde são definidos os objectivos a alcançar e, a respectiva planificação da monografia.

1.1. Objectivo

Com a realização do estágio/projecto pretendeu-se utilizar estratégias bioclimáticas através do arrefecimento evaporativo para contrariar o sobreaquecimento de um compartimento de um edifício, contribuindo ainda para minimizar os consumos energéticos dos sistemas de climatização associados àquele espaço. O estudo das necessidades de arrefecimento obedecem à norma ANSI/ASHRAE 140:2004, servindo também para avaliar a insuficiência do sistema de climatização já instalado naquela zona do edifício.

1.2. Enquadramento do tema

A luz do dia está na origem da vida e ninguém poderia passar sem ela. O bem-estar do ser humano, o seu desenvolvimento e mesmo a sua saúde dependem da luz. A luz natural traduz também movimento, designadamente pela diversidade dos ambientes que cria ao longo do tempo, dos ciclos climáticos, das horas de sol e dos dias encobertos. Em suma, representa toda uma dinâmica que influencia o ser humano.

É neste âmbito que as tendências arquitectónicas actuais são baseadas, através da adopção de áreas envidraçadas, que pretendem alcançar quer a vertente estética quer o aproveitamento da luz natural e da energia útil para a estação de aquecimento. Esta abordagem desperta um sentimento de conforto às pessoas que utilizam os espaços interiores criando uma sensação de “semi-outdoor”, mas sem uma excessiva atenuação da luz natural. Contudo, na estação de arrefecimento (Verão), a radiação solar absorvida e transmitida pelos vãos envidraçados pode sobreaquecer o ambiente interno acima de valores considerados aceitáveis para o bem-estar de quem os frequenta.

Em Portugal encontram-se em vigor, desde 2006, regulamentos energéticos para edifícios; o antigo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), actualmente designado por Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), que visa a garantia da qualidade do ar interior e o conforto térmico, tornando obrigatórios determinados parâmetros de conforto dentro dos edifícios. Por sua vez, o antigo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) estabelece os requisitos nominais de energia nas estações de aquecimento e de arrefecimento, sendo actualmente designado por REH. O RCCTE não é imposto a edifícios com sistema de climatização centralizados; contudo, para cumprimento do RSECE devem ser cumpridos os requisitos mínimos do RCCTE.

Na construção civil há ainda uma clara necessidade de aplicação de mais fontes de energia renovável sendo a de maior importância, a do sol. É, portanto, relevante olhar para a aplicação da energia solar de forma activa e passiva e de como ela pode ser útil, (Zeiler, et al., 2012).

Muitas técnicas de arrefecimento passivo são sugeridas com o objectivo da redução da temperatura interior, tais como, por exemplo, os vidros com reflexão solar, os dispositivos de sombreamento, a ventilação natural, o arrefecimento evaporativo, entre outras. De entre todas estas soluções, o arrefecimento evaporativo assume-se como uma boa escolha, devido ao facto de não comprometer as características dos vãos envidraçados e a parte construtiva do edifício.

O presente projecto tem como objectivo implementar uma solução de arrefecimento evaporativo que permita absorver parte da energia proveniente da radiação solar que incide sobre o tecto envidraçado do *hall* da recepção do Hospital Pediátrico de Coimbra (HPC) bem como reflectir alguma radiação incidente. Este objectivo é conseguido através da evaporação da água que circulará na cobertura - a água absorve muita energia quando muda da fase líquida para a fase de vapor, sendo este o processo termodinâmico em que se vai basear o arrefecimento – que tem como vantagem a continuação da entrada de luz natural com a adição do efeito de refacção que a luz irá fazer na água, acrescentando ainda um aspecto visual muito interessante. A energia que é absorvida e reflectida por aquela água já não perpassará para o interior do *hall* e, por consequência não irá aquecer o ambiente daquela zona do hospital. É de salientar que nem toda a água será evaporada, logo a temperatura da superfície do telhado envidraçado também será menor, quando comparada com a situação de ausência de água, o que tem como consequência uma menor emissão de radiação térmica para o interior do edifício (Lei de Stefan-Boltzmann).

Actualmente, o conforto térmico desta zona do HPC é conseguido à custa da insuflação de ar proveniente do sistema de Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado (AVAC); contudo, verifica-se que, durante o Verão, não se consegue manter uma temperatura de conforto, pois este sistema não é capaz de satisfazer as necessidades de arrefecimento para um espaço com a volumetria do HPC e com a sua carga térmica endógena. Para além desta dificuldade, o *hall* da recepção tem um tecto envidraçado o que requer do sistema AVAC um grande consumo de energia a fim de manter a temperatura considerada de conforto naquele espaço, o que agudiza a ineficiência do sistema.

O sistema de funcionamento proposto implica a circulação de água em circuito fechado, a partir da utilização de águas freáticas. A água de recirculação necessitará de ser tratada, pois irá reter impurezas provenientes do telhado e do contacto com o ar ambiente, e ainda para não danificar os componentes dos equipamentos, tais como bombas, depósitos, entre outros.

Com a evaporação de alguma percentagem da água, este circuito terá de ter um controlo de nível de água no depósito, que será monitorizado através de um sensor electrónico. O sistema também terá um higrómetro que desligará o circuito quando a água da chuva for suficiente para manter uma barreira térmica.

A presente monografia é constituída pelos capítulos seguintes:

Capítulo 1 – Faz a introdução, o enquadramento do tema do trabalho, apresenta a motivação para o projecto, enuncia os objectivos do mesmo, e apresenta a organização e estrutura da monografia.

Capítulo 2 – Neste capítulo irá proceder-se à apresentação de algumas soluções existentes no mercado para a diminuição da temperatura interna de espaços. Apresenta os fundamentos teóricos subjacentes ao conforto térmico de edifícios, com especial foco no meio hospitalar.

Capítulo 3 – Neste capítulo é realizada a caracterização do edifício, tanto da parte construtiva como do sistema de climatização instalado. São apresentadas as medições de temperaturas, na estação de arrefecimento, para a zona a climatizar. É elaborado o estudo, com o apoio de uma ferramenta de *software* designada por CYPE, do valor da potência de arrefecimento necessária para as condições de conforto do espaço em apreço. É apresentado o dimensionamento do sistema de deslizamento de água pelo telhado envidraçado. Finalmente, são apresentados os resultados previstos do projecto.

Capítulo 4 – É Abordada a metodologia de estudo adoptada, nomeadamente na definição dos critérios de conforto térmico, de acordo com o RSECE, sendo dado um especial enfoque ao sistema de AVAC. Sendo ainda realizada uma apresentação ao tema da radiação, do arrefecimento evaporativo e da taxa de evaporação, o qual está subjacente ao presente projecto. É apresentado o tema das tubagens industriais onde está presente o método de cálculo para o sistema.

Capítulo 5 – Neste capítulo é discutida a importância da elaboração de um caderno de encargos devidamente estruturado, tanto para a aquisição de um bem como para aquisição de serviços de manutenção.

Capítulo 6 – Neste fase são ponderadas algumas conclusões finais do projecto/estágio desenvolvido.

Capítulo 7 – Por final, são referidas algumas propostas de trabalhos que podem ser desenvolvidos no futuro, tendo em consideração os desenvolvimentos apresentados ao longo desta monografia.

As secções seguintes da monografia são as referentes à bibliografia e aos anexos mencionados ao longo do texto.

Capítulo 2 – Estado da Arte

2. Estado da Arte

2.1. Soluções disponíveis para arrefecimento passivo

Neste capítulo serão discutidas algumas soluções passíveis de ser adotadas em projecto para um controlo adequado das condições térmicas interiores, bem como as que se podem usar com o objectivo de melhorar o problema que advém da fragilidade de concepção do projecto de climatização do hall de entrada do HPC.

Actualmente existe no mercado um vasto leque de opções de climatização passiva permitindo uma selecção adequada para cada situação concreta, tal como a figura 1 sintetiza.

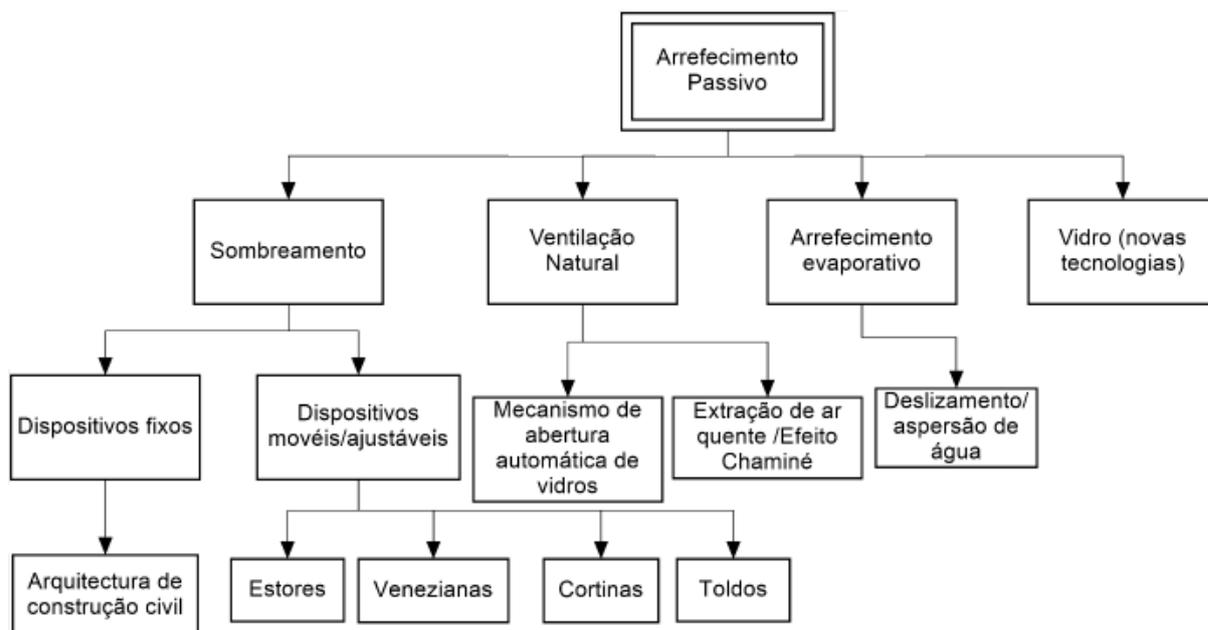


Fig. 1 – Fluxograma com diferentes métodos de arrefecimento passivo

2.1.1. Sombreamento

O sombreamento enquadra-se na arquitectura como um filtro e um elemento de controlo solar. Esta é uma estratégia bastante eficaz na redução da radiação solar que penetra no edifício, quer através dos vãos envidraçados quer pela envolvente opaca. Este sombreamento pode ser feito com recurso a dispositivos fixos ou através de dispositivos ajustáveis. Nos vãos envidraçados o sombreamento é fundamental, de forma a evitar ganhos térmicos, principalmente durante a estação quente, sendo este o problema em estudo no presente projecto.

Dispositivos fixos - A arquitectura tem um papel determinante no que respeita ao uso de dispositivos fixos para fazer sombreamento e no controlo do conforto térmico interior. Este sombreamento é conseguido através de uma parte construtiva do edifício que bloqueia a radiação solar na altura do ano em que esta, através dos vãos envidraçados, é excessiva. No caso presente, como o problema se insere no HPC, que se encontra em período de garantia do construtor, há o impedimento de intervir na construção civil pois, se tal acontecesse, perder-

se-ia a garantia total da construção do Hospital. Por consequência, a possibilidade de projectar um dispositivo fixo não é possível, mesmo que essa fosse a melhor solução para controlar a radiação sobre o telhado envidraçado. A figura 2 apresenta um exemplo de uma solução arquitectónica de sombreamento com elementos fixos.



Fig. 2 - Sede da 3M em Cucinella – Arquitectura de sombreamento com elementos fixos

Dispositivos ajustáveis - Em alternativa aos dispositivos de sombreamento fixos, existem os sistemas ajustáveis, tais como estores, venezianas, toldos, cortinas, etc. Estes dispositivos podem revelar-se mais eficazes do que os fixos, pois permitem uma regulação que acompanha os ângulos da incidência solar, permitindo aos ocupantes regular o sombreamento de acordo com as suas preferências pessoais. Existem dispositivos, tais como estores e venezianas que podem ser instalados tanto no exterior como no interior. A vantagem da instalação no interior é a protecção dos mecanismos de abertura e fecho das condições ambientais (chuva, vento, etc.); apresentam como desvantagem o facto da radiação solar, ao penetrar no vão envidraçado, ser reflectida nestes dispositivos, o que cria um efeito de estufa entre a parte interior do vidro e os dispositivos de sombreamento; outra desvantagem destes dispositivos é devida à diminuição da luz natural no espaço.

Os estores venezianos apresentam-se como um dispositivo muito versátil no controlo dos ganhos solares pelos envidraçados atendendo a que, a menos que sejam fixos, permitem uma rotação das lâminas e, desta forma, um melhor ajustamento às diferentes condições solares ao longo do dia. Num sistema envidraçado, com dispositivo de sombreamento de lona, a radiação solar incidente tem uma componente de radiação directa e outra difusa. No entanto, a forma como estas componentes de radiação são transmitidas através dos estores de lona e dos estores venezianos é consideravelmente diferente. A radiação directa, ao atravessar o estore de lona, transforma-se totalmente em difusa; já na presença de um estore veneziano, só uma parte da radiação solar directa se mantém directa, não chegando a interceptar as lâminas do estore, logo a restante passa indirectamente pelo dispositivo na forma de radiação difusa, quer por reflexão entre as lâminas do estore quer por transmissão através das lâminas, quando estas não são opacas. No caso do HPC os dispositivos ajustáveis poderiam ser uma boa escolha no que concerne ao controlo solar; contudo, não é possível a sua instalação devido à perda da

garantia da obra e à perda de efeito que o telhado envidraçado teria para os ocupantes, pois não daria para ver o exterior de forma “tão natural”.



Fig. 3 - Estore veneziano para telhado

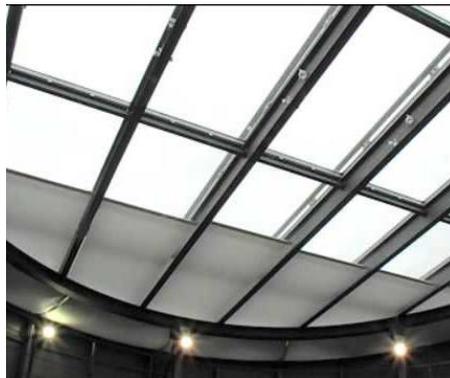


Fig. 4 - Estore de lona para telhado

2.1.2. Ventilação natural

A ventilação explora as diferenças de temperatura e de pressão entre o interior e o exterior do edifício, utilizando o vento e os campos de pressão que se estabelecem em torno do edifício.

A forma mais usual de criar movimento de ar é abrir as janelas do edifício e permitir que ar mais fresco penetre no interior. No entanto, é importante ter em consideração que podem, desta forma, entrar partículas de pó em suspensão, bem como anular-se a capacidade de isolamento ao ruído exterior. Quando se trata do meio hospitalar, o tratamento do ar interior é muito importante, logo, nem todas as soluções de ventilação natural são as mais adequadas. O sistema de ventilação induzida por estratificação, também conhecido como “efeito chaminé”, consiste em criar uma abertura na parte superior do espaço, por onde o ar quente tenderá a sair e será substituído por ar fresco exterior introduzido no edifício. Neste caso é conveniente que o fluxo de saída seja somente do interior para o exterior, fazendo assim a protecção da entrada de ar exterior sem ser tratado. Para que funcione correctamente deve existir uma diferença de temperatura entre o ar quente que está na parte mais alta do espaço e o ar exterior.

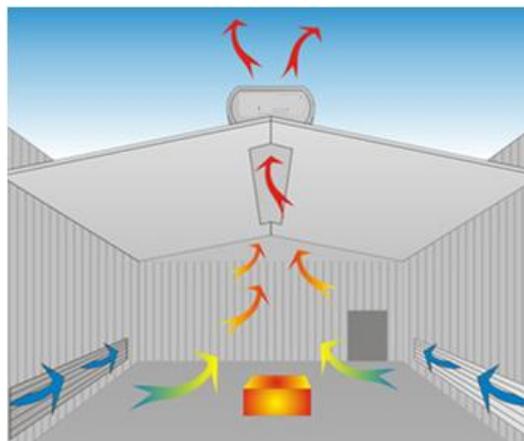


Fig. 5 - Efeito de estratificação

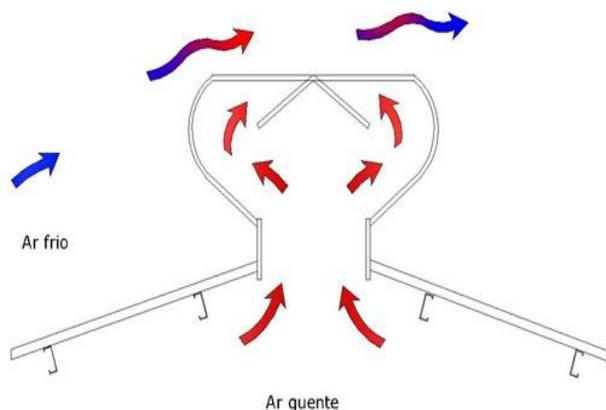


Fig. 6 - Efeito Chaminé

2.1.3. Arrefecimento evaporativo

Os sistemas de arrefecimento evaporativo baseiam-se na diminuição da temperatura associada à mudança de fase da água do estado líquido ao estado de vapor. Esta foi a opção utilizada no presente projecto e que será descrito mais adiante neste trabalho.

2.1.4. Vidro

O vidro é, em qualquer circunstância, um filtro e uma *interface* em relação à luz solar que permite que esta possa ser usufruída de forma ampla. Existe no mercado uma variedade de vidros com diferentes objectivos, tais como controlo da radiação solar, auto-limpeza e com dispositivos de sombreamento ajustáveis integrados.

Vidro de auto-limpeza - Este tipo de vidro tem como prioridade principal a auto-limpeza, sendo composto por um vidro incolor revestido por uma capa dum material de natureza mineral, foto catalítico, hidrófilo e transparente. Esta capa é aplicada em contínuo durante a fabricação ficando totalmente integrada na superfície do vidro, (Architekten, 2008).



Fig. 7 - Efeito hidrófilo no vidro

Arrefecimento evaporativo com vidro de auto-limpeza - Recentemente foi desenvolvido um catalisador hidrófilo - Dióxido de Titânio (TiO_2) - que permite manter uma fina película de água em toda a superfície externa de um telhado envidraçado. Uma superfície revestida com TiO_2 torna-se altamente hidrofílica em relação à radiação Ultra-Violeta (UV) proveniente do Sol. Esta tecnologia desempenha um papel importante na minimização da quantidade de água que forma a película de água. A principal vantagem é que estes revestimentos são aplicáveis para a maioria dos materiais de construção e, por consequência os vãos envidraçados estão incluídos. A desvantagem é que a aplicação desta película é feita em meio fabril o que impossibilita a sua utilização em vidros sem estas características. Contudo, já existe no mercado vidros que contemplam esta tecnologia, (Vardoulakis, *et al.*, 2010), (Hashimoto, *et al.*, 2005), (He, *et al.*, 2008).

As principais vantagens do sistema de arrefecimento por evaporação, tais como uma aplicação do revestimento hidrofílico de TiO_2 , são as seguintes:

- Maximização do espaço da superfície de contacto (não há espaços sem água);
- Quantidade mínima de água, devido ao revestimento hidrofílico na superfície;
- Fina película de água com, aproximadamente 0,1 mm para cobrir toda a superfície;
- Aplicável a materiais transparentes do edifício (por exemplo, vidro), sem atenuar a entrada de iluminação natural.

No mercado existem marcas, tais como a *Saint-Gobain Glass* e *Pilkington*, que comercializam este tipo de vidro.

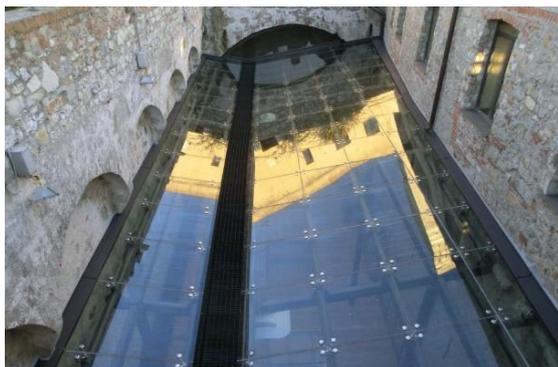


Fig. 8 – SGG BIOCLEAN- Museo del Giocattolo, Itália

Vidro com controlo solar - Os vidros com controlo solar destinam-se a fazer o controlo da radiação solar incidente no vidro. Esta capa transparente, de origem metálica, confere as características de controlo solar e o seu original aspecto estético. A deposição da capa sobre uma das faces do vidro é realizada por pulverização catódica sob vácuo. O princípio de funcionamento baseia-se em reflectir a radiação solar podendo o utilizador escolher uma vasta gama de vidros com diferentes propriedades reflectoras, (Architekten, 2008).

No mercado existem empresas, tais como a *Saint-Gobain Glass*, a *Viracon*, e a *Pilkington*, entre outras, que disponibilizam uma grande variedade de vidro com controlo solar.



Fig. 9 - Diamond square, India

Vidros duplos com grelhas espelhadas - Para captar e reorientar a luz é possível integrar grelhas metálicas ou em material orgânico, revestidas duma capa altamente reflectora, dentro dos vidros duplos. Estas grelhas, fixas e protegidas pelo vidro, são formadas por alvéolos cuja geometria é concebida para reter a luz solar directa e reflectir uma luz difusa direccionada para o interior do edifício. Este tipo de vidros é essencialmente utilizado em coberturas, (Architekten, 2008).

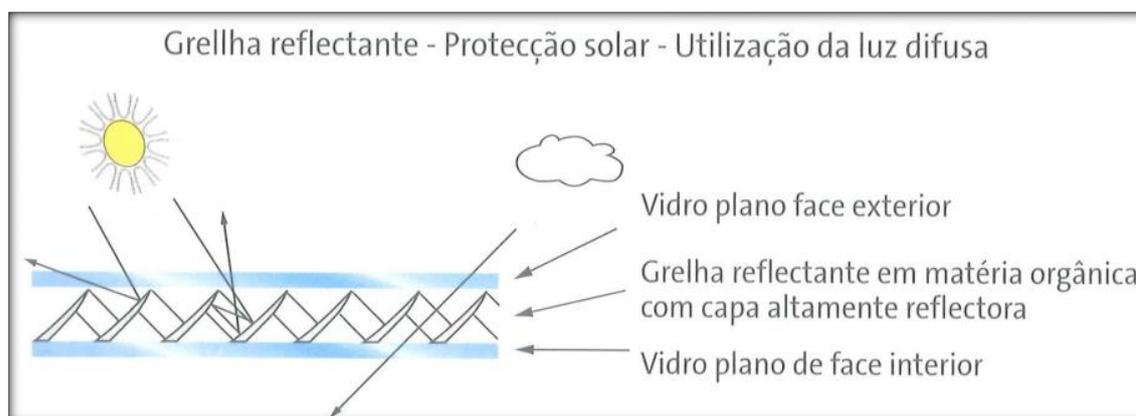


Fig. 10 - Esquema de vidro duplo com grelhas espelhadas

Vidros duplos com estores integrados - Os vidros duplos estão equipados com estores venezianos com lamelas metálicas orientáveis e que se podem recolher. Permitem dosear e reorientar a luz, controlar a luz natural e assegurar a protecção solar podendo ser este controlo feito pelo utilizador ou automaticamente.



Fig. 11 - Envidraçado com estore integrado

Películas de protecção solar - As películas são desenvolvidas a partir de nanotecnologia, que resulta em filmes multicamadas, totalizando 240 nanofilmes numa única película. Estas películas de protecção solar utilizadas para a retenção da radiação solar incidente no edifício têm tido um eficiente desempenho para as mais diversas solicitações, em fachadas, claraboias, telhados envidraçados, etc. Estas garantem que haja uma grande taxa de radiação reflectida e assim ajudar a um melhor conforto térmico dentro do edifício, protegendo-o do excesso de radiação que o vidro transmite para o interior, (AECweb). Relativamente à instalação, estas devem ser aplicadas no lado exterior, no caso de vidro duplo; já com vidro simples podem ser instaladas tanto no interior como no exterior. Pode-se encontrar no mercado uma grande variedade a nível da percentagem de reflexão da radiação incidente.

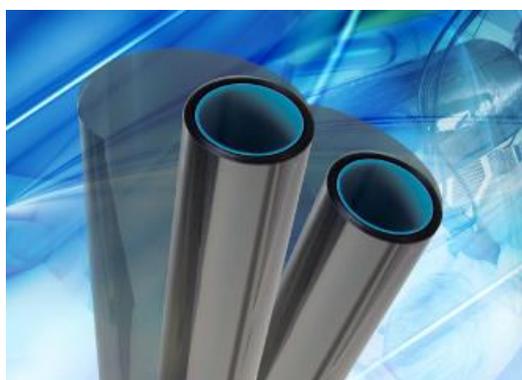


Fig. 12 - Película reflectora



Fig. 13 - Claraboia com película reflectora

Película fotovoltaica - A película fotovoltaica apresenta uma espessura extremamente reduzida. É constituída por células de silício amorfo, o que permite que o rendimento destes painéis não diminua com o aumento da temperatura, conseguindo também absorver toda a radiação disponível, inclusive a difusa. Uma grande vantagem destas películas é a sua utilização nos vãos envidraçados das coberturas e átrios dos edifícios.

Sistema de coberturas - Este sistema pode ser aplicado tanto em coberturas inclinadas, como em coberturas planas, apresentando diversas vantagens, tais como, além da produção de energia, reduz as tarefas de manutenção, e permite um reembolso mais rápido dos investimentos da instalação, devido ao seu posicionamento privilegiado para captação solar. A aplicação de BIPV (*Building Integrated PhotoVoltaics*) em coberturas planas possui ainda a vantagem de ter capacidade para estender o tempo de vida da cobertura, já que protege o isolamento e as membranas da acção dos raios ultravioletas e da degradação provocada pela água da chuva, (Eiffert, et al., 2000).

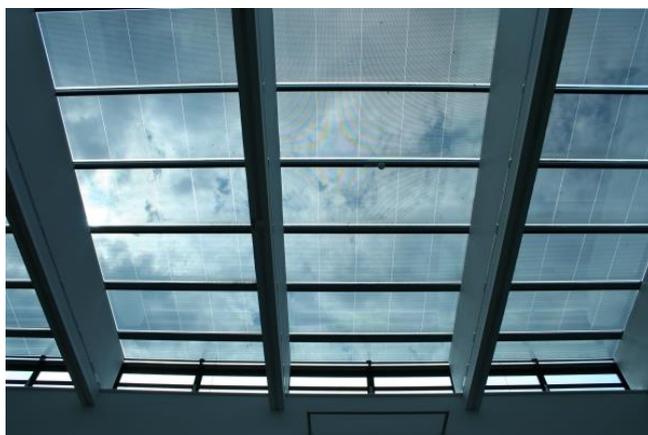


Fig. 14 - Sistema com película fotovoltaica em cobertura

Sistemas de átrios - Conjugam vidros e módulos fotovoltaicos, providenciando diferentes níveis de sombreamento; pode ser realizado para aumentar o conforto térmico, bem como para o aproveitamento da luz natural.

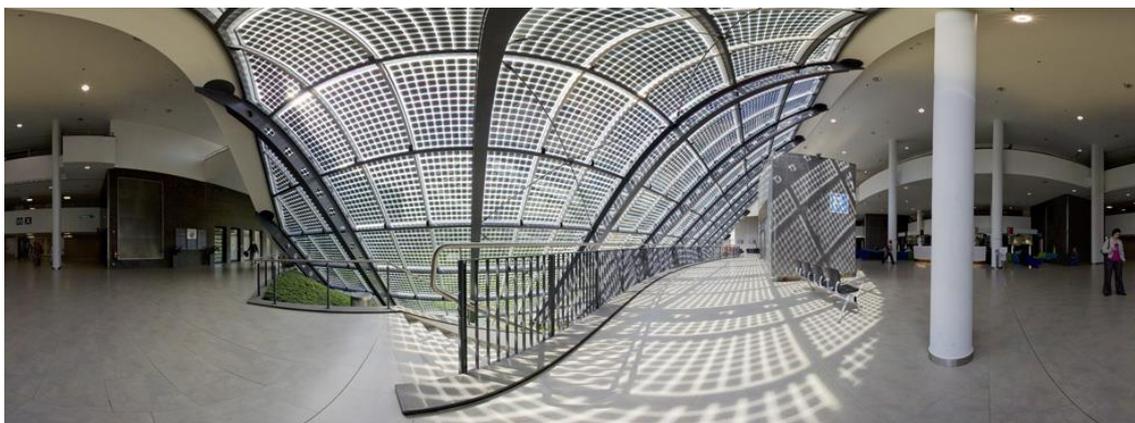


Fig. 15 - Sistema com película fotovoltaica em átrio

2.2. Directiva comunitária de desempenho energético de edifícios

A Directiva Europeia sobre o Desempenho Energético de Edifícios (*EPDB - Energy Performance of Buildings Directive*) foi publicada com o objectivo de informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, abrangendo também edifícios públicos e edifícios frequentados pelo público, (Roriz, 2006).

A Directiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002 teve um impacto decisivo na regulação do sistema energético no sector dos edifícios de todos os países pertencentes à União Europeia (UE), definindo claramente as bases que teriam que ser implementadas; abrange quatro pontos principais:

1. A introdução de uma metodologia integrada para a medição do desempenho energético de edifícios;
2. A definição e aplicação de requisitos mínimos de desempenho energético em edifícios novos e sujeitos a reabilitações com mais de 1.000 m², e a actualização regular destes critérios;
3. A introdução de um sistema de certificação energética e de recomendações para edifícios novos e existentes, e para edifícios públicos, onde os certificados devem ser exibidos em local visível;
4. A inspecção e verificação regular de caldeiras e sistemas de aquecimento e ar condicionado.

Transposição das Normas Europeias para Portugal - Em Portugal encontram-se em vigor os regulamentos energéticos para edifícios promulgados em 2006, que asseguraram a transposição da Directiva 2002/91/CE para a legislação nacional, tais como:

- Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE);
- Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);
- Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

A gestão do SCE foi atribuída à Agência para a Energia (ADENE), supervisionada pela Direção-Geral de Geologia e Energia (DGEG), no que respeita à certificação e eficiência energética, e pelo Instituto do Ambiente, nas questões relacionadas com a qualidade do ar interior. O SCE tem como finalidade:

- Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que diz respeito às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE;
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético quer no que respeita à qualidade do ar interior, (Artigo 2º - Objectivo, do Decreto-lei nº 78/2006).

2.2.1. RSECE

O RSECE foi aprovado pelo Decreto-Lei n.º118/98, de 7 de Maio, visando uma estratégia de redução do consumo energético nos edifícios através da limitação de potência dos sistemas de climatização a instalar nos edifícios.

Neste Regulamento foram impostas medidas de racionalização energética em função da potência dos sistemas, nomeadamente através da limitação da potência eléctrica para aquecimento por efeito de *Joule*, limitação do reaquecimento terminal para os sistemas destinados apenas a arrefecimento, recuperação de energia, arrefecimento gratuito, eficiência mínima dos equipamentos, entre outros.

Em 2002 surge a Directiva 2002/91/CE do Parlamento e do Conselho Europeu que, tal como referido anteriormente, deu origem ao Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril - RSECE. O Regulamento passou a ser aplicado no projecto e durante a utilização do edifício, prevendo-se assim uma estimativa de consumos durante a fase de projecto, e uma verificação dos consumos do edifício durante a sua utilização.

Este Regulamento é mais abrangente do que o anterior, uma vez que, para além de limitar a potência instalada, impõe também limitações aos consumos de energia. Propõe ainda o cumprimento dos seguintes objectivos:

- Assegurar a Qualidade do Ar Interior (QAI) e o conforto térmico, ficando todos os edifícios de serviços sujeitos a auditorias da QAI, e os grandes edifícios também a auditorias energéticas;
- Reforçar e melhorar a prática de manutenção dos sistemas de climatização;
- Colocar uma maior exigência para os grandes edifícios, obrigando a uma demonstração, através de simulação dinâmica detalhada, dos limites de consumos especificados antes do licenciamento;
- Exigir habilitações aos técnicos responsáveis pela auditoria, projecto, instalação e manutenção dos sistemas de climatização, nas vertentes da eficiência energética e da QAI.

Para cumprimento do RSECE devem ser cumpridos os requisitos mínimos do RCCTE.

A **QAI no RSECE** - Ao nível da QAI, os requisitos regulamentares consistem no cumprimento dos caudais de ar novo, que passa a ter mínimos tabelados em função da utilização de cada espaço, e dos máximos das concentrações de algumas substâncias poluentes do ar interior. Nas auditorias periódicas, realizadas nos edifícios, são verificadas as concentrações de diferentes poluentes, não podendo estas exceder os valores tabelados no Regulamento.

2.2.2. RCCTE

O RCCTE, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro, foi o primeiro instrumento legal no qual Portugal impôs requisitos ao projecto de novos edifícios e de grandes remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia, quer no Inverno quer no Verão, (Decreto de lei n.º 80/2006).

Na sua formulação, o RCCTE estabeleceu limites para as necessidades nominais de energia nas estações de aquecimento e de arrefecimento, sendo estas calculadas para cada edifício através de parâmetros de referência tabelados no Regulamento, definindo-se assim um edifício de referência.

Em 2002 surge a Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho que, tal como referido anteriormente, deu origem à criação do Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril – RCCTE (Encontrava-se em vigor aquando do projecto do HPC). O RCCTE não se aplica a grandes edifícios, nem a edifícios que tenham mais de 25 kW de potência instalada, qualquer que seja a sua área útil, passando os edifícios com estas características a ser do âmbito exclusivo do RSECE.

O RCCTE estabelecia as regras a observar no projecto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistema de climatização centralizado, tendo em atenção o disposto no Decreto de Lei n.º 79/2006; o regulamento também é aplicado a diversos edifícios de serviços, qualquer que seja o sistema de climatização utilizado - Artigo 1º - Objecto, do Decreto de lei n.º 80/2006.

2.2.3. Legislação actualmente em vigor

Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto - A transposição para o direito nacional da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, gerou a oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos, bem como de alinhar os requisitos nacionais às imposições explicitamente decorrentes da mesma. Assim, a nova legislação assegura não só a transposição da diretiva em referência, mas também uma revisão da legislação nacional, que se consubstancia em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação ao incluir, num único diploma, o *Sistema de Certificação Energética dos Edifícios* (SCE), *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação* (REH) e o *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços* (RECS), atendendo, simultaneamente, aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e transparência na produção legislativa de carácter predominantemente técnico. A actualização da legislação nacional existente envolve

alterações a vários níveis, com destaque, em primeiro lugar, para as modificações estruturais e de sistematização, pela aglutinação, num só diploma, de uma matéria anteriormente regulada em três diplomas distintos, procedendo-se, assim, a uma reorganização significativa que visa promover a harmonização concetual e terminológica e a facilidade de interpretação por parte dos destinatários das normas. Em segundo lugar, a separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando aquele a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação e este último sobre os de comércio e serviços; facilita o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos, ao mesmo tempo que reconhece as especificidades técnicas de cada tipo de edifício naquilo que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético. (ADENE)

Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) - Estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente.

Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) - Estabelece as regras a observar no projeto, construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos, bem como os requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior.

Capítulo 3 – Dimensionamento do Sistema

3. Dimensionamento do Sistema

3.1. Conceitos fundamentais de AVAC

O acrónimo AVAC é proveniente de HVAC (Heat, Ventilation and Air Conditioning) que, na década de 70, se utilizava em Portugal.

Uma instalação de AVAC deve ser capaz de manter ao longo de todo o ano, em ambientes condicionados, a temperatura desejada e a humidade relativa adequada, assegurando a Qualidade do Ar Interior (QAI), proporcionando condições de conforto aos ocupantes através da correcta difusão do ar. Para o efeito é necessário estabelecer adequadamente o caudal de ar exterior que deve ser introduzido, seleccionar o tipo de filtros apropriados e fazer o respectivo acondicionamento do ar no local a climatizar.

Um problema importante que se coloca nas instalações de AVAC é o de conseguir manter as temperaturas dos diferentes ambientes dentro dos limites definidos no projecto, sendo especialmente complexo nos edifícios em que existem, simultaneamente, determinadas zonas que necessitam ser aquecidas e outras que necessitam ser arrefecidas.

Os sistemas das instalações de climatização asseguram, pelo menos duas das funções seguintes: Aquecimento/Arrefecimento; Humidificação/Desumidificação. As funções precedentes têm os seguintes objectivos:

- Controlo da temperatura interior do ar ambiente, equilibrando as cargas internas sensíveis, retirando ou introduzindo energia térmica ao local, por motivo de acumulação ou perdas de calor;
- Controlo da humidade do ar ambiente, equilibrando as cargas latentes, seja por humidificação ou desumidificação;
- Eliminar do ambiente a tratar as diversas impurezas, tais como odores, produtos nocivos, etc.;
- Renovar o ar ambiente, introduzindo ar novo, por forma a limitar principalmente os níveis de dióxido de carbono.

As instalações de AVAC integral mantêm as condições de temperatura e humidade relativas do ar dentro de valores constantes, com um desvio padrão definido, de acordo com os requisitos ambientais previamente definidos. Os equipamentos de AVAC garantem um eficiente controlo dos parâmetros das condições específicas do ar ambiente e devem assegurar, simultaneamente, a ventilação do espaço (renovação do ar).

Conforto Térmico - Normalmente, as pessoas desejam uma condição ambiente de temperatura compreendida entre 19°C e 26°C, para uma humidade relativa entre 40% e 60%. É com estes parâmetros, regra geral, que o ser humano se sente fisiologicamente melhor, mais criativo e produtivo, com espírito de humor. Contudo, a noção de conforto termo-higrométrico não é de fácil definição, pelo que se consideram satisfatórias quando um

indivíduo não experimenta qualquer desagrado ou irritação de modo a distraí-lo das suas actividades de momento, (Piedade, et al., 2000).

Os requisitos de conforto térmico, para o cálculo das necessidades energéticas são, em termos de temperatura do ar e humidade relativa, os seguintes:

- Estação de aquecimento: 20 °C;
- Estação de arrefecimento: 25 °C a 50% de humidade relativa – Decreto-lei nº80/2006, artigo 14º - condições interiores de referência.

Os valores utilizados no RSECE são os mesmos definidos no RCCTE, referentes aos requisitos de conforto térmico - Decreto-lei nº 79/2006, artigo nº 28, requisitos de conforto térmico. O RSECE preconiza ainda velocidades do ar inferiores a 0,2 m/s na zona ocupada e a compensação de eventuais desequilíbrios térmicos – Decreto-lei nº 79/2006, artigo nº4, requisitos.

3.1.1. Cargas térmicas

As condições de temperatura e humidade interiores devem permanecer dentro de limites bem definidos ao longo do dia e do ano; para isso é necessário calcular as cargas térmicas, as quais advêm de parâmetros ambientais, tais como ilustra a figura 16, (Instituto de Soldadura e Qualidade, 1996).

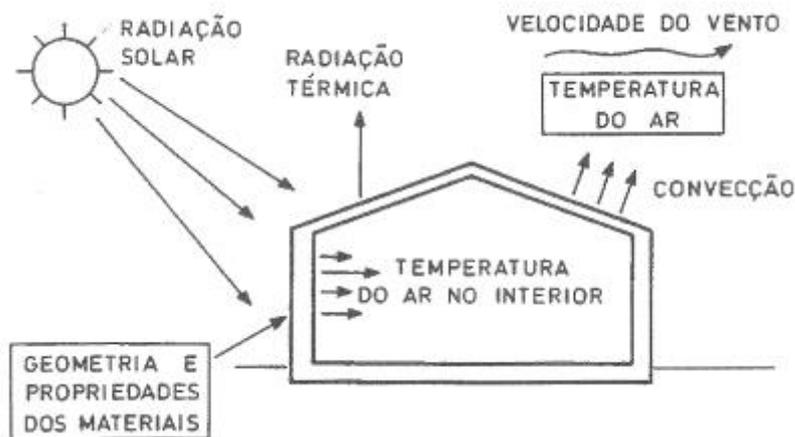


Fig. 16 - Cargas térmicas e parâmetros ambientais

A importância da determinação das cargas térmicas envolve dois aspectos fundamentais:

1. O dimensionamento dos equipamentos e acessórios que constituem o sistema de climatização;
2. A determinação do consumo de energia da instalação existente para diferentes condições de utilização do edifício, de forma a permitir a análise do consumo energético do edifício durante todo ou parte do ano.

Para o estudo das cargas térmicas, estas devem ser agrupadas em cargas térmicas exteriores, interiores, e outras, tal como se descreve nos pontos seguintes.

Cargas térmicas exteriores

As cargas térmicas exteriores dependem de condições climáticas, tais como a humidade, temperatura e radiação, (Roriz, 2006):

- Radiação solar directa e difusa através das janelas;
- Calor transmitido através do vidro e também através de superfícies não-vítreas na sala, devido à diferença de temperatura ar-ar; tais ganhos são frequentemente denominados “ganhos de transmissão”;
- Radiação solar eventualmente causando um ganho na sala através de superfícies não-vítreas na parede;
- Ganho de calor sensível proveniente da infiltração de ar quente do exterior, (Jones, 1985).

Cargas térmicas interiores

Num espaço interior climatizado existem cargas associadas a:

- Iluminação eléctrica;
- Ocupação humana;
- Equipamento.

A forma de calcular estas cargas térmicas é realizada, na maioria dos métodos de cálculo, variando no número de coeficientes aplicados, de forma a tomar em consideração os problemas de simultaneidade e de acumulação de calor (inércia térmica), (Roriz, 2006).

3.1.2. Morfologia dos equipamentos das instalações de AVAC

Para uma plena compreensão dos sistemas de climatização e sua classificação, qualquer que seja a sua aplicação ou importância, é necessário definir qual a posição dos diferentes equipamentos e fluidos utilizados, (Recknagel, *et al.*, 1986).

Os Sistemas Centralizados têm por finalidade preparar os fluidos primários que serão distribuídos pelos equipamentos terminais da instalação. O conceito de sistema centralizado constante no RSECE deve ser entendido da seguinte forma:

- A produção de calor e ou frio deve ser gerida por um único sistema de controlo, gestão e monitorização, independentemente do número de unidades produtoras;
- Esta produção obtida através de caldeiras, *chillers*, unidades exteriores dos sistemas de Volume de Refrigerante Variável (VRF) e *rooftops*, deve ser concentrada em instalação e local distinto dos locais a climatizar, constituindo uma zona técnica destinada a conter apenas os equipamentos de AVAC, devendo possuir boa acessibilidade e espaço necessário à sua adequada manutenção ou reparação;

- A repartição da zona técnica só é possível caso existam dificuldades técnicas, ou impedimentos de outra natureza, devidamente justificados e aceites pela entidade gestora do SCE;
- O tratamento do Ar Novo deve ser efectuado através de UTA ou UTAN, com bateria de aquecimento e ou arrefecimento a água, ou bateria de fluido refrigerante, mantendo-se o controlo destes sistemas comum a toda a restante instalação;
- Todos os sistemas frigoríficos devem cumprir a norma europeia EN378-1 (Sistemas Frigoríficos e Bombas de Calor, Requisitos de segurança e proteção ambiental. Parte 1: Requisitos básicos, definições, classificação e critérios de escolha).

Classificação dos sistemas em função do fluido

Os sistemas também podem ser classificados quanto ao fluido térmico utilizado. O agrupamento geralmente utilizado considera três tipos base de sistemas:

- Sistemas tudo-ar - o “frio” e calor é levado ao local a climatizar por ar (previamente arrefecido ou aquecido numa Unidade de Tratamento de Ar (UTA));
- Sistemas ar-água - são utilizados, simultaneamente, o ar e a água como fluidos térmicos;
- Sistemas tudo água - o frio e calor são levados ao local a climatizar por água (água quente ou refrigerada), (Roriz, 2006).

Sistemas de AVAC

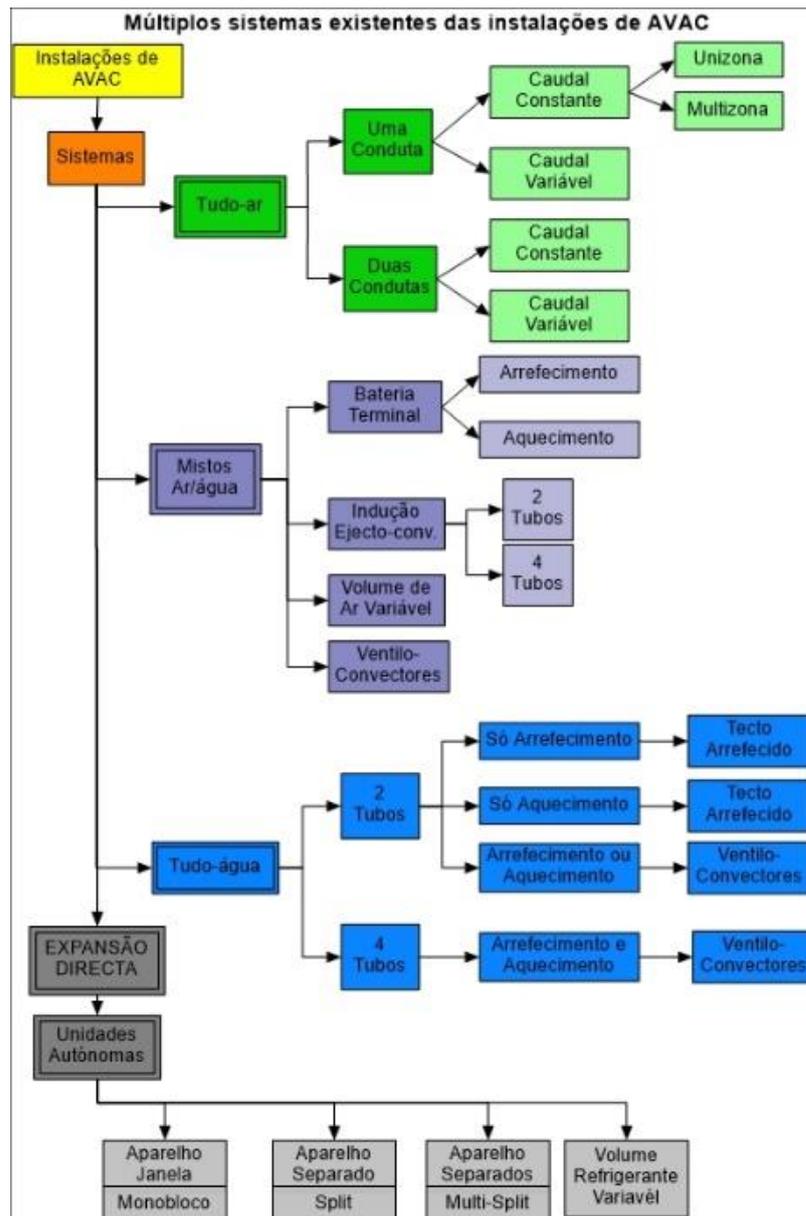


Fig. 17 – Módulos de um sistema AVAC

Classificação dos equipamentos AVAC

Uma instalação destina-se a efectuar uma ou várias das seguintes acções: aquecimento/arrefecimento; humedificação/desumidificação; eliminação de poeiras e de agentes patogénicos, (Roriz, 2006).

Equipamentos Terminais - encontram-se situados no local a climatizar; recebem os fluídos primários e utilizam-nos para tratar o ar a insuflar directamente no local. Os aparelhos podem ter várias unidades ou unicamente uma simples boca de insuflação (difusor).

Equipamentos Intermédios e Acessórios - instalam-se entre os equipamentos centralizados e os equipamentos terminais dos locais a climatizar; os fluídos primários são distribuídos por

condutas ou tubagens possuindo um certo número de acessórios de funcionamento (registos, válvulas, filtros, etc.).

Equipamentos de Regulação - compreendem os equipamentos de medida, de controlo, de regulação e de segurança (sondas, termóstatos, reguladores, etc.).

Equipamento principal - Nos pontos seguintes é feita a descrição dos principais equipamentos utilizados para obtenção de uma boa qualidade do ar – água quente e água refrigerada. A água quente e a água refrigerada são produzidas para as UTA/UTAN, sendo a maior parte das vezes a água quente produzida também para o aquecimento das Águas Quentes Sanitárias (AQS).

Unidades centrais de tratamento de ar (UTA/UTAN) - Num sistema centralizado o tratamento de ar faz-se numa unidade de tratamento antes de ser distribuído por uma ou várias zonas a climatizar. Estas unidades de tratamento de ar modulares têm várias fases de tratamento de ar, tais como filtragem de partículas, aquecimento, arrefecimento, etc. É importante salientar que existem unidades em que o ar tratado é ar novo (100% de ar externo) e são designadas por unidades de tratamento de ar novo (UTAN) ou unidades em que o ar tratado é recirculado e ar novo, designadas por unidade de tratamento de ar (UTA).

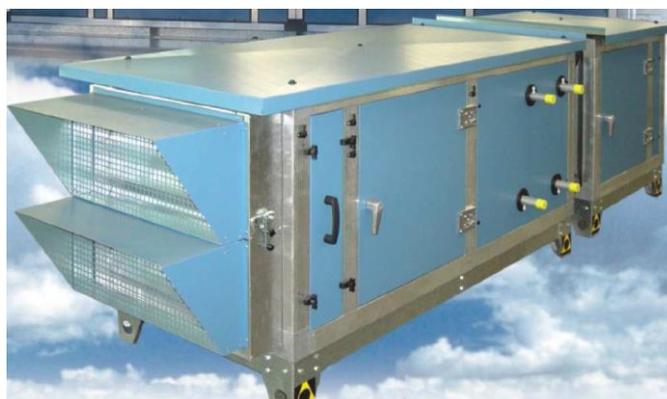


Fig. 18 - Exemplo de uma UTA modular

Ventiloconvector - Os ventiloconvectores são unidades compactas com elevado desempenho de transferência térmica constituídos por um ventilador e respectivo motor, filtro, uma ou duas baterias de água (para arrefecimento e aquecimento) e tabuleiro de recolha de condensados.

Nas situações em que o ventiloconvector permite a admissão directa de ar primário (ar novo da UTAN), este é misturado com o ar de recirculação, no pleno de mistura. O ventilador é responsável pela movimentação desta mistura de ar através das baterias, pela distribuição do ar de insuflação no espaço e ainda pela recirculação do ar ambiente. Quando o ar primário não é introduzido directamente no ventiloconvector, o ventilador apenas movimenta um escoamento de ar de recirculação.

O arrefecimento e aquecimento do espaço a climatizar é garantido pela passagem do ar através das baterias de água fria, usualmente à temperatura de ida de 7°C, e das baterias de água quente, com temperaturas superiores a 45°C.

No âmbito do presente trabalho, consideram-se ventiloconvectores do tipo conduta, como representado na figura 19, instalados no tecto falso, em que o ar é insuflado através de grelha instalada em sanca e a grelha de retorno é colocada ao nível do tecto falso.

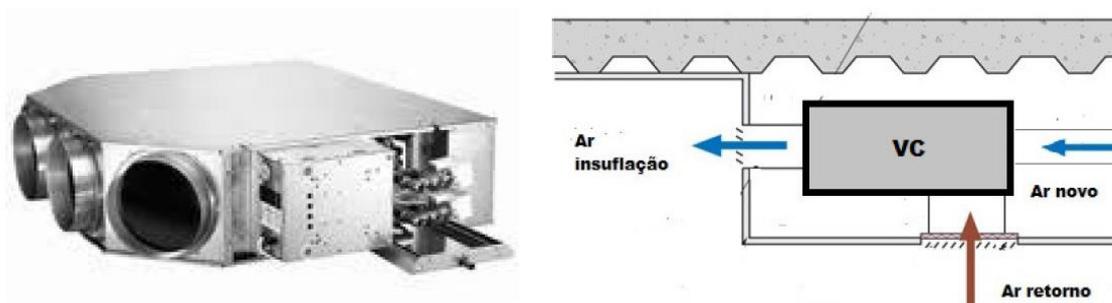


Fig. 19 - VC tipo conduta

Central de Calor - Os sistemas para fins de aquecimento utilizam, na sua maioria, como geradores de calor, caldeiras de água quente ou bombas de calor, pois a utilização de caldeiras de vapor e de geradores de vapor é bastante restrita em termos de eficiência de aquecimento, atendendo a que a utilização de vapor é inferior à utilização de água quente, (Roriz, 2006).

Pode definir-se “caldeira” como um equipamento de transferência de calor entre uma fonte calorífica (gás, biomassa, etc.), normalmente interna, e um fluido que se pretende aquecer, o qual pode ser um líquido, cujo aquecimento provoca ou não a vaporização, ou o ar.

As caldeiras podem ser classificadas quanto à fonte de calor, quanto ao fluido a aquecer, e quanto ao fluido que circula nos tubos. No que respeita à fonte de calor tem-se: (McDowall, 2007):

- *Combustão própria* – O fluido é aquecido pelo calor de radiação e de convecção proveniente da queima de um combustível (sólido, líquido ou gasoso), feita expressamente para este fim, onde a combustão pode ser realizada dentro (caso mais vulgar) ou fora da caldeira;
- *Recuperação* – O aquecimento do fluido é efectuado por gases de exaustão quentes provenientes de um motor alternativo ou turbina a gás numa central de cogeração, ou resultantes de um processo de fabrico;
- *Energia eléctrica* – O aquecimento é realizado por resistências eléctricas mergulhantes;
- *Energia nuclear* – O aquecimento é efectuado à custa do calor libertado pela fissão nuclear de um isótopo radioactivo.

No que respeita ao fluido a aquecer podem-se classificar da seguinte forma:

- *Vapor de água* – Dividem-se em caldeiras de vapor saturado e caldeiras de vapor sobreaquecido;
- *Água* – Dividem-se em caldeiras de água quente ou não-pressurizada (temperatura inferior a 100°C), e caldeiras de água sobreaquecida ou pressurizada (temperatura superior a 100°C);

- *Ar quente* – O fluído a aquecer é o ar e destinam-se, por exemplo, ao aquecimento de edifícios industriais;
- *Outros fluidos térmicos* – Por exemplo, sais minerais liquefeitos.

Por fim, podem ser classificadas quanto ao fluído que circula nos tubos:

Caldeiras gastubulares, pirotubulares ou de tubos de fumo – Os gases circulam por dentro dos tubos, os quais estão envolvidos pelo fluído a aquecer; estas caldeiras podem ter 1, 2, 3 ou 4 passagens de gases, embora as de 1 e 2 passagens só se utilizem actualmente para recuperação; ou ser do tipo de inversão de chama;

Caldeiras aquotubulares ou de tubos de água – Os gases circulam pelo exterior dos tubos que se encontram cheios de água; esta água pode, ou não, vaporizar, correspondendo assim a caldeiras aquotubulares de vapor ou de água quente;

Caldeiras de termofluído – Nestas caldeiras circula óleo termofluído no interior dos tubos, que são aquecidos exteriormente pelos gases de combustão.

Central de Frio

Os equipamentos utilizados para a produção de “frio” efectuem o arrefecimento:

1. Da água num local distinto do local a climatizar;
2. Do ar num local distinto do local a climatizar;
3. Do ar no local a climatizar.

Nos dois primeiros casos, os equipamentos são muitas vezes designados pelo correspondente termo em inglês: *chillers*. São unidades que efectuem o arrefecimento do fluído térmico (água ou ar) pelo que se designam, respectivamente, por Unidade Produtora de Água Refrigerada (UPAR) e Unidade de Arrefecimento de Ar (UAA). O terceiro ponto refere-se a equipamentos que constituem os sistemas do tipo tudo refrigerante (expansão directa), (Roriz, 2006).

Unidades Produtoras de água refrigerada (chiller)

As unidades produtoras de água refrigerada servem os sistemas centralizados de climatização. A água refrigerada é bombeada até às UTA/UTAN para efectuar o arrefecimento do ar a insuflar nos locais e, simultaneamente, bombeada até às unidades terminais (ventiloconvectores), com a função de remover total (ou parcialmente) a carga térmica das salas. Estas unidades são, geralmente, constituídas pelo conjunto dos equipamentos que realizam o ciclo de refrigeração por compressão (evaporador, compressor, condensador e um mecanismo de expansão):

- *Compressor* – Equipamento que tem como função fazer circular o fluído refrigerante por toda a instalação; neste equipamento o fluído é comprimido, aumentando assim a sua pressão;

- *Evaporador* – A sua função é retirar a energia contida num determinado compartimento; durante o contacto com o ar contido nesse compartimento, pretende-se que o fluido vaporize;
- *Mecanismo de expansão* – Tem como objectivo controlar a quantidade de fluido refrigerante a circular, bem como reduzir a pressão do mesmo, para que ocorra a sua vaporização no evaporador à temperatura desejada;
- *Condensador* – Tem como finalidade retirar o calor contido no fluido; esta diminuição do calor provoca a condensação do mesmo - para aumentar a transferência de calor pode induzir-se circulação forçada do ar, que é proporcionada por um ventilador; atendendo a que está em contacto com o ar exterior irá haver uma cedência de calor para o mesmo.

O arrefecimento da água ou do ar baseia-se num ciclo frigorífico que pode ser de compressão de vapor ou de absorção.

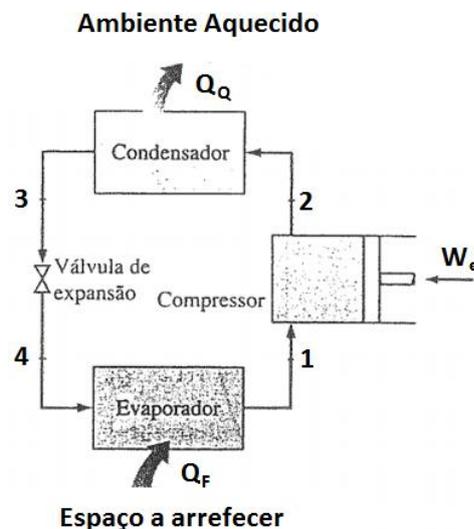


Fig. 20 – Representação esquemática do ciclo frigorífico

Ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor

O ciclo de refrigeração por compressão de vapor é o mais utilizado em *chillers*, bombas de calor, etc.. Este ciclo consiste em quatro processos:

- 1-2 Compressão isentrópica num compressor;
- 2-3 Rejeição de calor a pressão constante num condensador;
- 3-4 Estrangulamento num mecanismo de expansão;
- 4-1 Absorção de calor a pressão constante num evaporador.

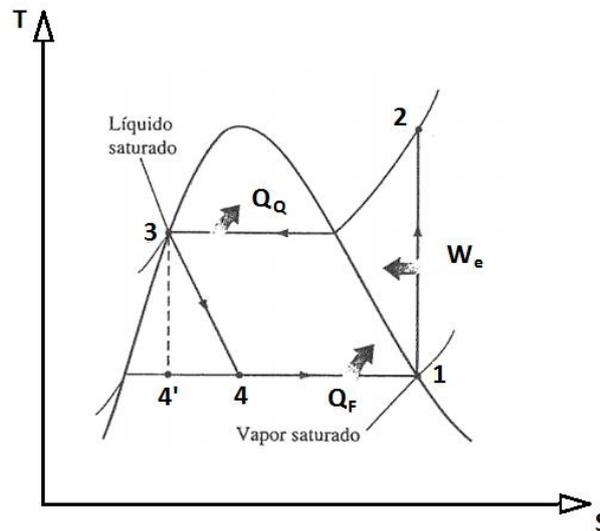


Fig. 21 – Diagrama T-s do ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor

O fluido refrigerante entra no compressor (estado 1) como vapor saturado e é comprimido de forma isentrópica até à pressão do condensador. A temperatura do fluido aumenta durante este processo de compressão acima da temperatura da vizinhança (onde se quer rejeitar calor). Em seguida, o fluido entra no condensador como vapor superaquecido (estado 2) e sai como líquido saturado (estado 3) como resultado da rejeição de calor para a vizinhança. Como a temperatura do fluido nesse estado ainda está acima da temperatura da vizinhança, então o fluido é estrangulado num mecanismo de expansão até à pressão do evaporador. Durante esse processo, a temperatura do fluido cai abaixo da temperatura do espaço que se pretende arrefecer, saindo o fluido refrigerante do evaporador como vapor saturado e voltando novamente no compressor, completando assim o ciclo. Quando se fala em processo isentrópico está-se a dizer que é internamente reversível e adiabático, (Çengel, *et al.*, 2006).

Outro diagrama muito utilizado na análise do ciclo de compressão de vapor é o Pressão (P) - entalpia (h), representado na figura seguinte.

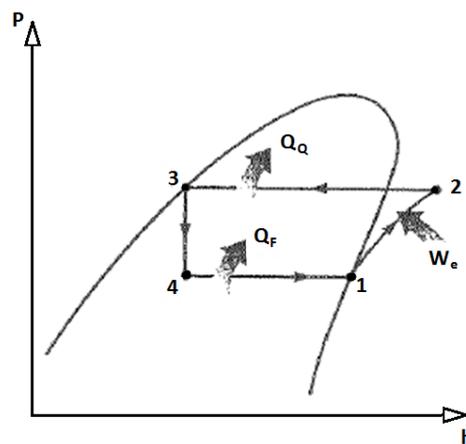


Fig. 22 - Diagrama P-h de um ciclo de refrigeração ideal de compressão por vapor

Ciclo real de refrigeração por compressão de vapor

Na realidade, o ciclo de refrigeração não funciona como o ciclo ideal devido às irreversibilidades que ocorrem nos componentes, tais como, por exemplo, o atrito do fluido que causa uma queda de pressão e uma transferência de calor de ou para a vizinhança.

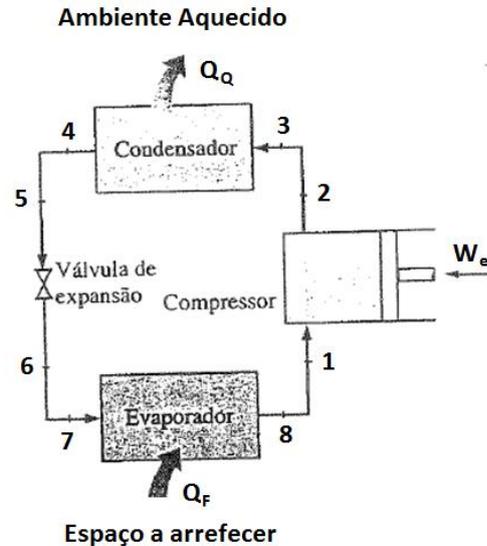


Fig. 23 - Diagrama esquemático do ciclo frigorífico real

No ciclo ideal o fluido refrigerante sai do evaporador e entra no compressor no estado de vapor saturado; na prática, faz-se um superaquecimento na entrada do compressor para garantir que todo o fluido seja vaporizado ao entrar no compressor. Como já foi referido, o processo real de compressão envolve efeitos de atrito (o que aumenta a entropia) e uma transferência de calor (que pode aumentar ou diminuir a entropia, dependendo da direção). Dessa forma, a entropia do fluido pode aumentar (processo 1-2) ou diminuir (processo 1-2') durante um processo real de compressão, dependendo dos efeitos que dominam. O processo de compressão (1-2') pode ser mais desejável do que o processo de compressão isentrópico, uma vez que o volume específico do fluido e, portanto, o requisito de entrada de trabalho são menores neste caso. Assim, o refrigerante deveria ser arrefecido durante o processo de compressão sempre que isso fosse prático e viável economicamente, (Çengel, et al., 2006).

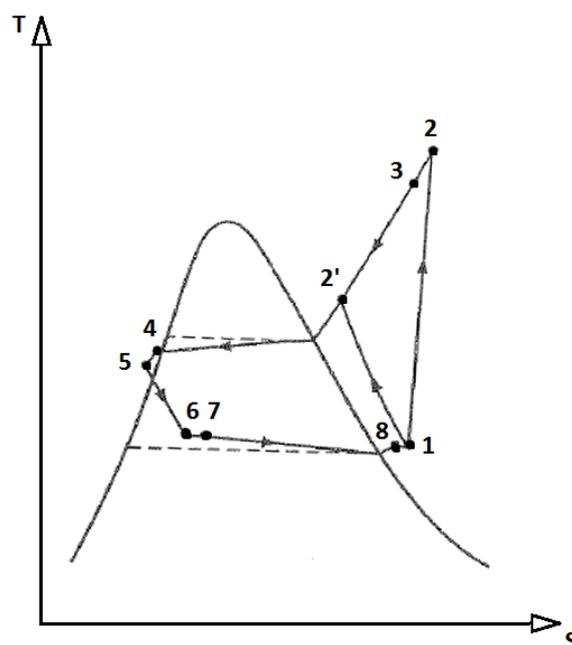


Fig. 24 - Diagrama T-S do ciclo real de refrigeração por compressão de vapor

No ciclo real há uma certa queda de pressão que é inevitável no condensador, bem como nas linhas que ligam o condensador ao compressor e à válvula de expansão. Não é fácil executar o processo de condensação com precisão que permita que o fluido seja líquido saturado no final, e não é desejável direcionar o fluido para a válvula de expansão antes que este esteja completamente condensado. Portanto, o refrigerante é sub-arrefecido antes de entrar na válvula de expansão. No entanto, desvaloriza-se esta fase uma vez que, neste caso, o fluido entra no evaporador com entalpia mais baixa e, portanto, pode absorver mais calor do espaço arrefecido. A válvula de expansão e o evaporador, em geral, localizam-se muito próximos entre si, sendo a queda de pressão na linha de ligação pequena, (Çengel, *et al.*, 2006).

3.2. Radiação

A radiação solar é a principal fonte de energia para o planeta, como fonte de calor e como fonte de luz natural. Tecnicamente consiste na quantidade de energia radiante emitida pelo Sol que alcança uma determinada superfície terrestre, sob a forma de radiação electromagnética e formada por duas componentes: a radiação solar directa; e a radiação solar difusa.

A quantidade de radiação solar que atinge uma determinada superfície varia de momento para momento, pois depende das condições atmosféricas e meteorológicas, das características geográficas e topográficas ou da envolvente urbana. Estes elementos de obstrução podem ser considerados como vantagens ou desvantagens, o que vai depender de outros parâmetros, tais como a inclinação, a cor ou o material das superfícies que recebem a radiação.

As características da radiação electromagnética são totalmente definidas pelo seu comprimento de onda (λ), que pode ser expresso pela seguinte equação: $\lambda = \frac{c_0}{\nu}$ (m), onde c_0 é a velocidade da luz (3×10^8 m/s); ν é frequência da onda (Hz).

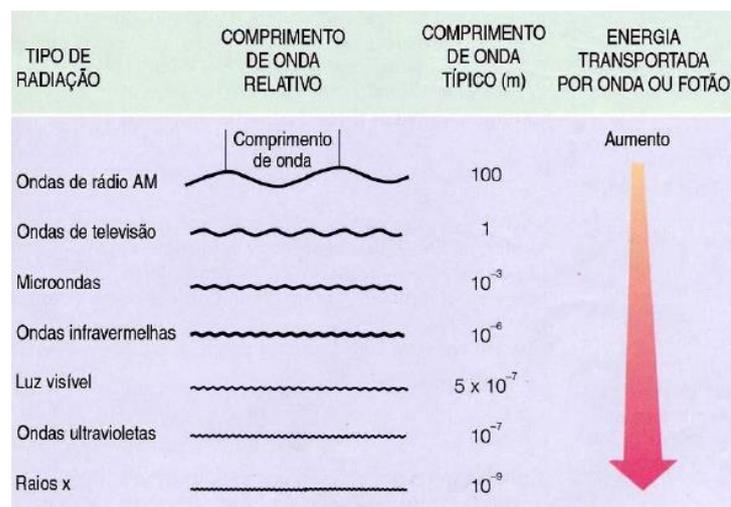


Fig. 25 - Algumas características da radiação electromagnética

De notar que, quanto menor for o comprimento de onda, maior é a energia transportada, (Ahrens, 2000).

Radiação Solar Directa e Difusa - A Terra recebe quase toda a energia do sol em ondas electromagnéticas na forma de radiação directa e difusa. A atmosfera funciona como um filtro solar que deixa atravessar parcialmente, mas que pode difundir, reflectindo parte das radiações. O Sol não aquece directamente o ar mas, ao atravessar, aquece as superfícies sobre as quais incide e, por sua vez aquece o ar, (Frota, 2003).

A radiação solar directa é a forma de radiação mais intensa e consiste na quantidade de energia radiante por metro quadrado de superfície em qualquer instante, composta por dois elementos, o raio e a difusão. A intensidade do raio depende do ângulo de incidência entre o raio solar e a linha perpendicular à superfície, ou seja, está dependente da fase do dia.

A soma da radiação difundida em todas as direcções recebida do céu denomina-se por radiação solar reflectida, através da envolvente ou edifício adjacente, (Stemmers, *et al.*, 1992).

Espectro electromagnético da radiação solar - O espectro da radiação solar é composto por raios infravermelhos, raios visíveis e raios ultravioletas. Os raios infravermelhos são os responsáveis pela energia solar ou o aquecimento. Os raios visíveis representam a sensação de luz, sendo por isso de grande utilidade, mas dentro de um certo nível e de acordo com a actividade desenvolvida, pois em demasia podem causar encadeamento, além de estarem associados ao calor proveniente dos raios infravermelhos de onda curta, pois quando se transformam em infravermelho de onda longa, provoca um sobreaquecimento indesejável. Os raios ultravioletas são os responsáveis, dependente do comprimento de onda e em função do tempo da exposição, pela fotodegradação, (Frota, 2003), (Dubois, 1998).

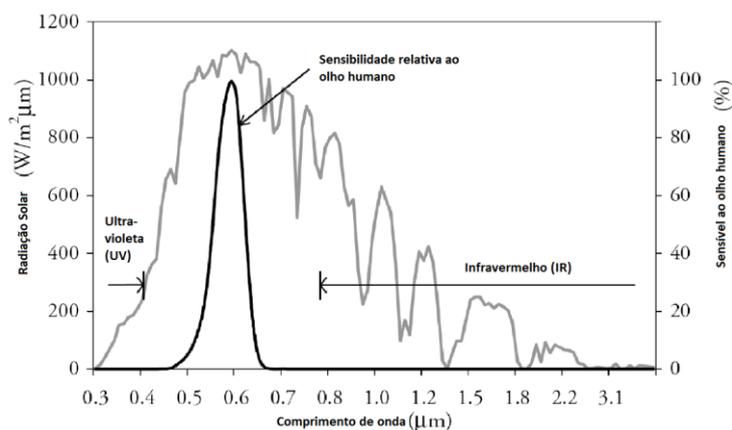


Fig. 26 - Espectro da radiação solar

Radiação solar num vidro - Quando se pensa numa arquitectura de um átrio com cobertura envidraçada deve-se ter especial atenção ao efeito que essa construção vai ter no ambiente interior. Na estação de arrefecimento, a radiação solar absorvida e transmitida pelo vidro pode gerar um sobreaquecimento no ambiente interno onde a temperatura vai sair dos parâmetros do conforto térmico aceitável.

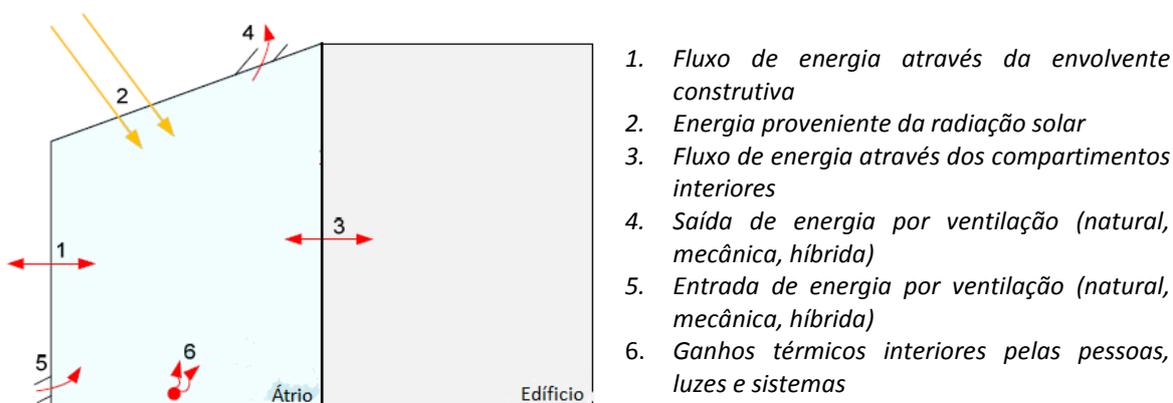


Fig. 27 - Balanço energético através de um vidro

Propriedades de um vão envidraçado - O vidro apresenta propriedades radiativas que o podem qualificar, como a reflexão, absorção e transmissão: A reflexão (r) é a fracção entre o fluxo incidente e o fluxo reflectido pelo vidro; a absorção (a) é a fracção do fluxo incidente com o absorvido pelo vidro; e a transmissão (t) é a fracção de radiação transmitida através do vidro.

Como ilustrado na figura 28, o fluxo de calor que entra no espaço envidraçado não é só por condução mas, principalmente pela radiação que atravessa o vidro. A radiação solar absorvida pelo vidro é libertada por radiação térmica e por convecção, tanto para o ambiente interno como para o externo, (Dubois, 1998).

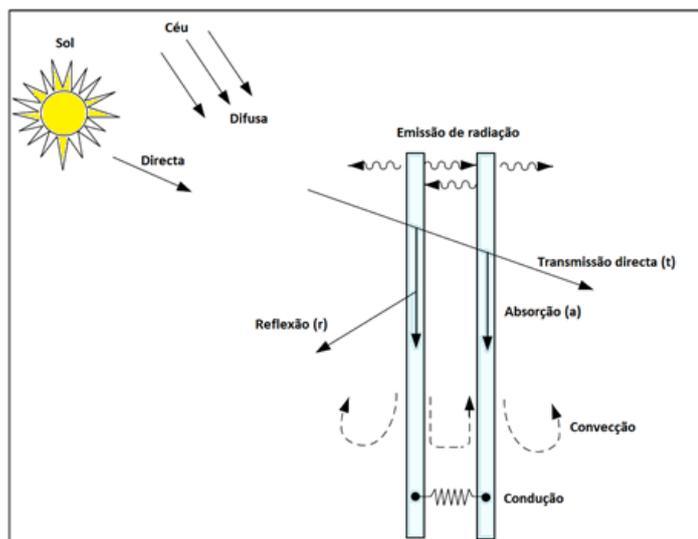


Fig. 28 - Algumas propriedades do vidro em relação à radiação solar

Factor solar - O Factor Solar (FS) consiste na relação entre a energia da radiação solar total que incide no vão envidraçado e a energia transmitida e absorvida para o interior por convecção e radiação, juntamente com o respectivo dispositivo de protecção - RCCTE – Decreto-lei nº 80/2006.

Coefficiente de sombreamento - O Coeficiente total de Sombreamento (SC) define a capacidade de um envidraçado no controlo solar. Consiste no índice dos ganhos totais de calor, obtido por comparação entre a energia transmitida, absorvida e novamente radiada de um vidro e com os mesmos parâmetros de um envidraçado incolor e simples exposto ao sol (unidade de medida). Para a sua avaliação, a percentagem de radiação transmitida tem-se equiparado ao valor de 1, como índice básico para o envidraçado exposto ao sol, (Olgyay, 1978).

A transmissão térmica é então medida por um coeficiente de sombreamento do envidraçado. Todos os tipos de vidros, em conjunto com um sistema de sombreamento, proporcionam um coeficiente que facilita uma correcta selecção para um determinado edifício.

Lei de Stefan-Boltzmann - Toda a matéria apresenta uma propriedade comum de emitir energia sob a forma de ondas eletromagnéticas. Para um corpo real (“corpo negro é um emissor ideal no sentido em que nenhuma superfície pode emitir mais radiação do que um corpo negro à mesma temperatura” (Frank P., 2008)), a energia ou radiação emitida é função da potência à quarta, da temperatura deste material multiplicado por uma constante de emissividade [0-1] do material, tal como mostra a equação seguinte:

$$Q_{rad} = \varepsilon \times \sigma \times (T + 273.15)^4$$

Onde,

Q_{rad} é o total de radiação emitida [W/m^2],

ε é a emissividade do material (a emissividade é uma propriedade da superfície do material),

σ Constante de *Stefan-Boltzmann* [W/m^2K^4],

T É a temperatura do corpo [$^{\circ}\text{C}$].

Efeito de estufa causado pelo vidro - Este fenómeno é propício em alguns períodos do ano, especialmente nos climas quentes, quando os ganhos solares através do vidro se tornam excessivos. Para corpos à temperatura ambiente, a radiação emitida apresenta um comprimento de onda superior a $10\mu\text{m}$; pode assim concluir-se que a maior parte da radiação emitida por pessoas e pelas superfícies interiores do edifício são na forma de radiação infravermelha.

Após a passagem dos raios solares pelo vidro, que transportam o calor, alteram o seu comprimento de onda e não conseguem voltar a sair, ficando o calor retido no espaço sem se poder dissipar, pois o vidro é opaco à maior parte da radiação infravermelha e, conseqüentemente aumentando a temperatura do ar interior, ocorrendo o fenómeno do efeito de estufa, prejudicial ao conforto do espaço.

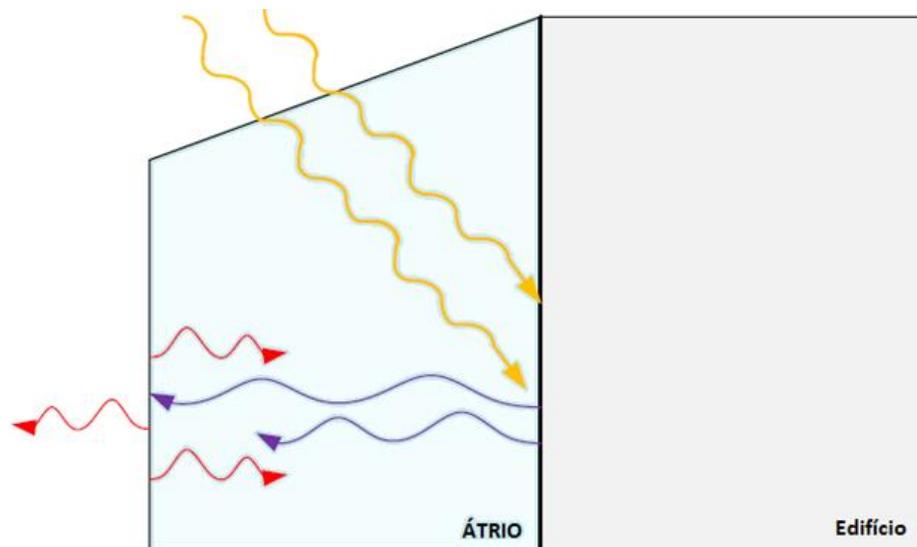


Fig. 29 - Esquema do efeito de estufa

3.3. Arrefecimento evaporativo

O arrefecimento evaporativo é um processo que usa o efeito da evaporação como um dissipador natural de calor. Este arrefecimento evaporativo é baseado em conceitos termodinâmicos da evaporação da água, tal como, por exemplo, a passagem do estado líquido para o estado gasoso. Este processo requer energia, a que é chamado de calor latente (calor associado à mudança de fase). Esta é a energia requerida para alterar uma substância da fase líquida para a fase gasosa sem haver alteração da temperatura. O calor sensível (calor associado à mudança de temperatura) do ar é absorvido para ser utilizado como calor latente necessário para a evaporação da água. A quantidade de calor sensível absorvido depende da quantidade de água que pode ser evaporada. O calor latente necessário para a evaporação da água é de 2.257 kJ/kg , em condições normalizadas (dados de ebulição a 1 atm). Em comparação com o aquecimento da água ($4,42 \text{ kJ/kg K}$), a energia necessária para elevar um

grau de temperatura num quilograma de água) é na mudança de fase para o estado gasoso que mais energia requer (aproximadamente 500 vezes mais). “O arrefecimento evaporativo é considerado um processo adiabático devido ao facto de que não é requerido calor adicional para a evaporação da água, somente o calor sensível do ar circulante e da massa de água é usado para a mudança de fase. Este factor vai resultar num decréscimo da temperatura do ar envolvente e da respectiva massa de água”, (Çengel, et al., 2006).

Quando se olha para processos naturais, tais como o caso do processo de transpiração do corpo humano, pode concluir-se que este método pode ser eficaz para a diminuição da temperatura. No Corpo humano, quando se transpira, é formada uma película de água sob a pele a qual irá evaporar na superfície da pele, absorvendo a energia do corpo e do ar circulante o que, por consequência provocará uma diminuição da temperatura corporal.

O conceito de arrefecimento evaporativo é explicado pela lei de Dalton das pressões parciais. Esta lei estabelece que a pressão total exercida por uma mistura de gases é igual à soma das pressões parciais de cada gás individual, pertencente a essa mesma mistura.

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_i$$

Onde,

P_T é a pressão total [Pa]

P_i é a pressão parcial de cada componente [Pa],

n é o número de diferentes gases da mistura.

Para o caso do ar húmido, significa que a pressão total é igual à pressão parcial do ar seco com a pressão parcial do vapor de água. O princípio da evaporação é então explicado com o seguinte exemplo, onde se considera um espaço totalmente fechado e onde existem dois reservatórios de água que estão separados por uma divisória no seu interior. A temperatura da água em cada um dos reservatórios é mantida constante por um permutador de calor (Ex: resistência eléctrica). As temperaturas são, respectivamente, 31,85°C e 21,85°C para o reservatório 1 e 2.

O espaço acima dos reservatórios é totalmente cheio com ar seco e vapor de água, assumindo que a pressão do vapor no ar é igual à pressão de vapor da água do reservatório. A pressão de vapor do ar no compartimento A é de 47,12 mbar e no compartimento B é de 26,17 mbar.

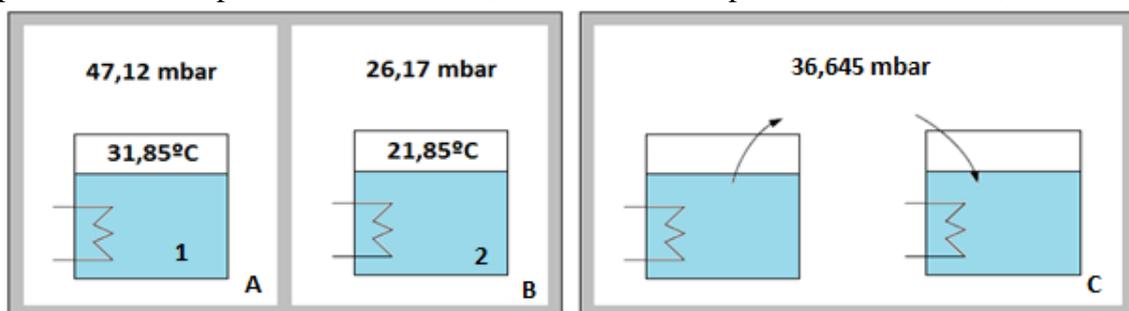


Fig. 30 – Exemplo para explicação do princípio da evaporação

Na figura 30, em ambos os compartimentos A e B, a pressão de vapor no ar está em equilíbrio com a pressão de vapor na água (representada a azul). Em seguida, a divisória interna é removida. Baseando-se na lei de Dalton, o equilíbrio é então desfeito, resultando um novo valor de pressão de vapor no compartimento C. A pressão no compartimento C é então mais baixa do que no A e mais alta do que no B. O sistema vai procurar atingir o equilíbrio permitindo que a água no reservatório 1 evapore e que condense no reservatório 2 (mantendo a temperatura da água constante). O calor latente da evaporação é extraído da superfície da água, sendo depois libertado sob a forma de condensação. A velocidade deste processo poderá ser influenciada pela diferença da pressão de vapor da água e da superfície de contacto.

“Por fim, pode concluir-se que existem diversas variáveis que afectam largamente o processo de evaporação, tais como:

- Diferença na pressão de vapor da mistura de vapor de água no ar e a pressão de vapor de água que ocorre na superfície;
- A área da superfície de contacto;
- O coeficiente de transferência de massa”, (Vissers, 2011).

3.4. Taxa de evaporação

A evaporação pode ser definida como o processo a partir do qual um líquido, em condições naturais, se transforma em vapor. Pelo princípio da conservação da massa de uma ou de um conjunto de partículas, a evaporação pode ser expressa por, (Meza, et al., 2000):

$$E = \frac{dm}{dt}$$

Sendo,

E , é a intensidade de evaporação por unidade de área;

dm , é a massa de líquido que por unidade de área passa à fase vapor;

dt , intervalo de tempo.

A evaporação a partir das superfícies líquidas envolve sempre o transporte simultâneo de massa e energia. Nestas circunstâncias, os factores determinantes para a ocorrência da evaporação são a disponibilidade energética para a transição de fase da água em vapor e o mecanismo de transporte entre a camada superficial da água e a camada atmosférica que se lhe sobrepõe. Adicionalmente, a evaporação é também um processo de arrefecimento que envolve a transferência de energia através do sistema líquido-ar.

Principais factores que afectam a evaporação - A intensidade de evaporação varia dependendo fundamentalmente de factores climáticos e da natureza da superfície evaporante. Os principais factores que condicionam a evaporação a partir de um espelho de água são descritos a seguir.

Radiação solar - A radiação solar é, na maior parte das situações, a principal fonte de energia dos processos evaporativos, (Meza, et al., 2000). A quantidade de energia que atinge a

superfície evaporante depende do estado da atmosfera e da presença de nuvens que absorvem e refletem parte da radiação. Por outro lado, nem toda a energia radiante é alocada à vaporização da água, já que parte contribui para o aquecimento do ar e outra parte é responsável pelo aumento de temperatura da massa de água onde incide.

Tensão de vapor - O processo evaporativo acentua-se quando existe uma diferença positiva, ainda que pequena, entre a tensão de saturação de vapor saturado à superfície e a tensão de vapor do ar na camada imediatamente acima da superfície líquida. O número de moléculas que se escapam do líquido depende da sua tensão de vapor, enquanto que o número de moléculas que retorna ao líquido depende da tensão de vapor do ar ambiente. Por isso, em situação de igualdade dos restantes factores, quanto maior for a diferença entre as tensões de saturação, ou seja, o défice de saturação, maior número de moléculas de água são libertadas e, consequentemente, mais intensa é a evaporação.

Temperatura - As temperaturas do ar e da superfície da água influenciam fortemente a intensidade de evaporação. Quanto maior for a temperatura do ar, maior é a sua tensão de vapor de saturação e mais vapor de água pode conter, (Ward, 2000). Adicionalmente, para passarem à fase vapor, as moléculas de água necessitam de ganhar energia cinética suficiente para exceder o trabalho de coesão que é produzido pela tensão superficial à superfície do líquido, fazendo com que a intensidade de evaporação seja mais significativa com o aumento da temperatura da água. Nestas condições, as moléculas com maior energia mudam de fase, as que ficam no estado líquido permanecem com menor energia cinética média, fazendo com que a temperatura da água diminua. A este efeito é usual dar-se a designação de “arrefecimento evaporativo”.

Vento - A evaporação faz com que a humidade do ar sobre a superfície líquida aumente até que atinja a saturação. O vento leva à remoção dessa camada criando condições que favorecem o estabelecimento de gradientes de tensão de vapor, o que contribui para o aumento do poder evaporante local. Ao contribuir para a remoção do ar que vai ficando saturado, o vento permite que o processo evaporativo continue. Acresce ainda que as moléculas em movimento apresentem maior energia cinética média do que aquelas em repouso no ar húmido, o que determina que quanto mais intenso for o fluxo de ar, maior é o potencial de evaporação.

3.5. Tubagens

Os tubos são elementos indispensáveis num sistema de tubagens, cuja principal função é o transporte de fluídos. A grande maioria dos tubos são de secção circular, apresentando-se como cilindros ocos, em que o fluído ocupa, geralmente, toda a área da secção transversal interior do tubo, (Telles, 1997).

Um tubo é geralmente identificado pelos valores nominais de diâmetro e espessura. Para cada tamanho de tubo, o diâmetro exterior não varia para um determinado diâmetro nominal, de modo a que todos os tubos com o mesmo diâmetro nominal possam utilizar elementos iguais de ligação aos suportes, (Peng, 2009). No sistema métrico é utilizada a designação DN (Nominal Diameter) para designar a dimensão do tubo, que é uma designação adimensional desenvolvida pela ISO (International Standards Organization).

3.5.1. Materiais

O material dos tubos, num sistema de tubagens, é escolhido em função do fluído que estes vão transportar e das condições em que o transporte se processa, nomeadamente da temperatura e pressão. Para além disso, quando se procede à escolha do material também se deve ter em consideração, o custo, o grau de segurança exigido, a natureza dos esforços mecânicos, a disponibilidade do material, a segurança, o tempo de vida previsto e as sobrecargas. Geralmente, os códigos não fornecem informação relativamente a que material se deve utilizar. Actualmente, existe uma grande variedade de materiais utilizados no fabrico de tubos, (Telles, 1997).

Só a ASTM (American Society for Testing and Materials) especifica mais de 500 tipos diferentes de materiais. Utilizando materiais que não obedecem a nenhuma norma não se tem qualquer garantia quanto à sua qualidade. As Normas de Material devem conter um determinado conjunto de informações sobre este, nomeadamente a sua descrição, finalidade, composição química, propriedades mecânicas, físicas e químicas, ensaios e testes exigidos, e outras informações adicionais, (American Society of Mechanical Engineers, 2007).

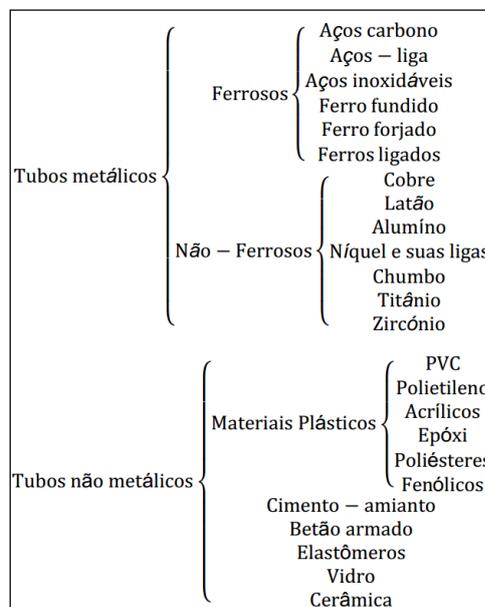


Fig. 31 – Material para tubos

Tubos plásticos - Os materiais plásticos sintéticos são, actualmente o grupo mais importante dos materiais não metálicos utilizados em tubagens industriais. O emprego desses materiais tem crescido muito nos últimos anos, principalmente como substituto para os aços inoxidáveis e metais não ferrosos. O aumento constante do preço desses metais e o aperfeiçoamento contínuo dos plásticos tendem a tornar ainda maior a expansão do emprego destes últimos, (Telles, 1997).

Vantagens:

- Material de baixo peso;
- Alta resistência à corrosão;
- Custo muito baixo, quando comparado com outros materiais de resistência à corrosão equivalentes, tais como os aços inoxidáveis, ligas de níquel, titânio, etc.;

- Coeficiente de atrito muito baixo;
- Facilidades de fabricação e de instalação;
- Baixa condutividade térmica e elétrica;
- Boa aparência - permitem pintura.

Desvantagens:

- Baixa resistência ao calor - em muitos materiais não se pode trabalhar com temperaturas superiores a 100°C;
- Baixa resistência mecânica - o limite de resistência à tração é cerca de 20 a 100 MPa;
- Pouca estabilidade dimensional, estando sujeitos a deformações por fluência em quaisquer temperaturas;
- Alto coeficiente de dilatação, até 15 vezes o do aço-carbono.

Pelo conjunto de vantagens e desvantagens, os materiais plásticos são usados principalmente para aplicações de temperatura ambiente ou moderada, e baixos esforços mecânicos, simultâneos com a necessidade de grande resistência à corrosão, ou de não-contaminação do fluido conduzido. Os plásticos mais importantes para tubagens são os seguintes:

- *Polietileno*;
- *Cloreto de Polivinil* – É um dos termoplásticos de maior utilização na indústria. A resistência aos ácidos minerais, aos álcalis e aos sais. É um material com uma resistência à temperatura entre -40 a 65°C. Os tubos rígidos de PVC são muito empregados em tubagens de águas, esgotos, ácidos álcalis e outros produtos corrosivos. São fabricados tubos até 300mm com extremidades roscadas ou lisas. A resistência mecânica vai desde 10 kg/cm² até 16 kg/cm²;
- *Acrílico Butadieno-Estireno* – Acetato de celulose - São materiais termoplásticos de qualidade semelhantes às do PVC, usados para tubos rígidos de pequenos diâmetros. Ambos são materiais combustíveis;
- *Hidrocarbonetos fluorados* – Essa designação inclui um grupo de termoplásticos não-combustíveis, com excepcionais qualidades de resistência à corrosão e também ampla faixa de resistência à temperatura, desde -200°C a 260°C. Esses materiais têm preço muito elevado e baixa resistência mecânica, o que limita o uso a apenas tubos pequenos sem pressão. O mais comum desses plásticos é o politetrafluoreno, mais conhecido por “Teflon”;
- *Epóxi* – É um material muito usado para tubos de grande diâmetro (até 900mm), com extremidades lisas ou flanges integrais;
- *Poliésteres, fenólicos* – Materiais com características semelhantes ao epóxi - os fenólicos podem trabalhar até 150°C, e os poliésteres até 93°C.

A Administração Central do Sistema de Saúde, IP, (ACSS), apresenta um caderno de especificações técnicas para tubagens de materiais alternativos ao aço inoxidável em instalações de água em edifícios hospitalares (ET 04/2007), onde a tubagem em PVC-U é contemplada. Existe um grupo de normas que se aplicam a tubagens de Policloreto de Vinilo (PVC-U), tais como as seguintes:

- NP EN 1452-1:2001 - Sistemas de tubagens em plástico para abastecimento de água. Policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U), Parte 1, Aspectos gerais;

- NP EN 1452-2:2002 - Sistemas de tubagens em plástico para abastecimento de água. Policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U), Parte 2, Tubos;
- NP EN 1452-3:2003 - Sistemas de tubagens de plástico para abastecimento de água. Policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U), Parte 3, Acessórios;
- EN 1452-5:1999 - Plastics piping systems for water supply – Unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U), Part 5, Fitness for purpose of the system.

Características dimensionais dos tubos

Tipo de Juntas e de acessórios - Os acessórios para estas tubagens são, geralmente, de policloreto de vinilo. A união tubo/tubo, ou tubo/acessório faz-se por meio de abocardamento liso para colar ou por abocardamento com anel de estanquidade, em borracha.

Para permitir a ligação, uma das pontas do tubo ou do acessório é lisa e a outra dispõe de um abocardo.

As varas de tubo também podem apresentar as duas pontas lisas, sendo a ligação entre dois tubos assegurada por um acessório com abocardo em cada uma das extremidades a ligar aos tubos.

Os acessórios destinados a fazer a ligação com equipamento, tal como bombas ou válvulas, têm uma extremidade munida de uma rosca metálica.

3.5.2. Escoamento dos fluídos em tubagens

O dimensionamento do diâmetro das tubagens é feito em função do caudal necessário de fluído, das diferenças de cota existentes, das pressões disponíveis, das velocidades e perdas de carga admissíveis, da natureza do fluído, do material e do tipo de tubagem.

O escoamento de qualquer fluido numa tubagem resulta sempre numa certa perda de energia do fluído, a qual é gasta em vencer resistências que se opõem ao escoamento, e que finalmente é dissipada sob a forma de calor. As resistências que se opõem ao escoamento são de duas naturezas:

1. Resistências externas - resultantes do atrito do fluido contra as paredes dos tubos, das acelerações e mudanças de direcção do escoamento da veia fluída, e dos turbilhonamentos consequentes;
2. Resistências internas - resultantes do atrito das próprias moléculas do fluido umas com as outras; é o que se chama de “viscosidade”, (Telles, 1999).

As resistências externas são tanto maiores quanto maiores forem a velocidade de escoamento e a rugosidade das paredes da tubagem, e quanto menor for o diâmetro do tubo. Essas resistências dependerão também da quantidade e das variações no trajecto do fluído (curvas, derivações, reduções de secção, válvulas, etc.). Essa energia perdida, chamada “perda de carga”, traduz-se numa gradual diminuição da pressão do fluído e consequente queda da altura piezométrica, que vai caindo de ponto para ponto ao percorrer a tubagem no sentido do escoamento.

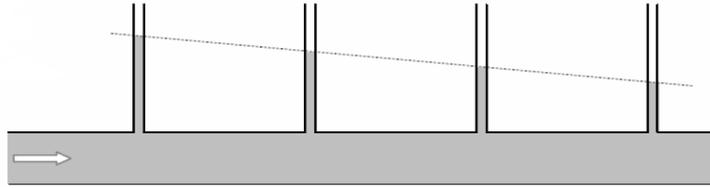


Fig. 32 – Queda da altura piezométrica no sentido do escoamento numa tubagem

A equação da energia aplica-se a todos os líquidos, gases e vapores, sejam ideais ou reais. Tratando-se de fluídos reais tem que se considerar o trabalho realizado para vencer a resistência viscosa a que se pode chamar “atrito fluído”. A temperatura do fluído eleva-se assim em relação a escoamentos sem atrito; a energia interna aumenta e, em geral, aumenta também o calor (q), transferido do fluído para a sua vizinhança. O aumento de temperatura e o consequente aumento de energia interna não têm, em geral, interesse, considerando-se o aumento de energia interna como uma perda de energia útil. Também q representa uma perda de energia útil sendo a perda total, por unidade de massa, dada por $e_2 - e_1 - q$. Para um fluído de densidade constante é costume representar esta perda de energia útil devido ao atrito como uma energia por unidade de peso, representando-a por h_f .

$$h_f = e_2 - e_1 - \frac{q}{g}$$

Para um fluído de massa específica constante, não havendo outras trocas de calor nem realização de trabalho mecânico, a equação geral resume-se a:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2 \times g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2 \times g} + z_2 + h_f$$

P – Pressão (Pa); u – Velocidade de escoamento (m/s); g – Aceleração da gravidade (m/s)²; z – Cota (m); h_f – Perda de carga (m.c. água); γ – Peso específico do fluido (N/m³)

A equação da energia indica que, a não ser que se forneça energia ao fluído, um aumento de velocidade é acompanhado por uma diminuição de pressão (se não houver variação de z).

O escoamento dos fluídos incompressíveis (líquidos) numa tubagem, pode fazer-se de duas maneiras diferentes, chamadas de “escoamento laminar” e de “escoamento turbulento”. No escoamento laminar, todos os filetes líquidos são paralelos entre si, e as velocidades em cada ponto são invariáveis em direcção e em grandeza. Este raramente ocorre na prática. No escoamento turbulento, as partículas líquidas movem-se em todas as direcções, com velocidades variáveis em direcção e em grandeza de ponto para outro e, no mesmo ponto, de um instante para o outro.

O tipo de escoamento na tubagem é feito pelo cálculo do número de Reynolds, que é uma quantidade adimensional dada pela seguinte expressão:

$$Re = \frac{u \times d}{\nu}$$

Re – Número de Reynolds; u – Velocidade média de escoamento (m/s); d – Diâmetro interno da tubagem; ν – Viscosidade cinemática (m²/s).

Quando Re for menor do que 2000 o escoamento será laminar; quando for maior do que 4000 o escoamento será turbulento - para valores compreendidos entre 2000 e 4000 tem-se o regime de transição.

3.5.3. Cálculo das perdas de carga num tubo

Como o regime laminar raramente ocorre, então os cálculos são apresentados para o regime turbulento, sendo o que mais acontece na prática, (Telles, 1999).

Para o cálculo da perda de carga num tubo, Darcy sugeriu a seguinte expressão

$$h_f = \frac{4 \times f \times l}{d} \times \frac{u^2}{2 \times g}$$

h_f – Representa a “perda de carga”; u – Velocidade média; f – Coeficiente de atrito; d – Diâmetro do tubo; l – Comprimento.

As perdas de carga são sempre expressas em função da altura cinética, $u^2/2 \times g$. O coeficiente f denomina-se coeficiente de atrito. O grau de rugosidade das paredes do tubo é a relação ε/d entre a altura da maior irregularidade interna existente na parede do tubo e o diâmetro interno do mesmo; tanto f como ε/d são adimensionais.

Utiliza-se para coeficiente de atrito (λ) um coeficiente igual a $4 \times f$ e, sendo assim, a equação pode escrever-se sob a forma:

$$h_f = \frac{\lambda \times l}{d} \times \frac{u^2}{2 \times g}$$

Lewis F. Moody¹ concebeu um diagrama corrigido a ser utilizado com tubos vendidos no mercado (Figura 33). (Telles, 1999)

¹ Lewis Ferry Moody (1880-1953), engenheiro e primeiro professor de Hidráulica na escola de engenharia em Princeton.

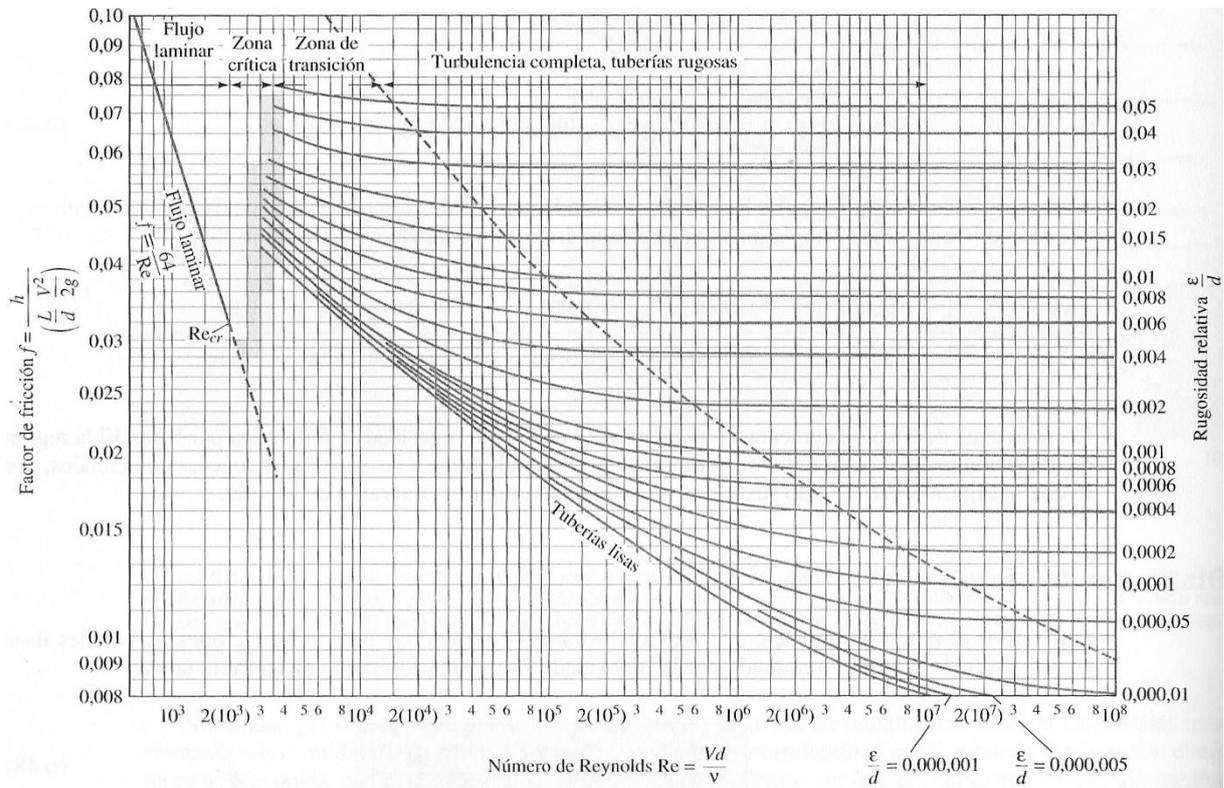


Fig. 33 – Abaco de Moody

Para a resolução algébrica de problemas, Moody concebeu uma expressão que, embora dê valores menos correctos do que o diagrama, pode ser muito útil. Essa expressão é:

$$\lambda = 0,0055 \times \left[1 + \left(20000 \times \frac{\epsilon}{d} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right]$$

Outras Perdas de Carga em Tubos - A dissipação de energia por atrito não se verifica somente ao longo de tubos rectos, verifica-se também sempre que há variações de secção, curvas, válvulas, acessórios de canalização, etc.. Em tubagens excepcionalmente extensas, estas perdas suplementares podem, sem erro apreciável, ser desprezadas. Chamando-se-lhes por vezes "perdas menores", na verdade, em tubagens "curtas" representam uma percentagem elevada da perda de carga total. As perdas menores têm sempre origem em variações bruscas de velocidade, quer em direcção, quer em grandeza. Estas variações de velocidade dão origem a turbulência, dissipando-se energia sob a forma de calor. Naturalmente a origem da perda localiza-se numa extensão muito curta, mas a turbulência produzida pode manifestar-se numa extensão elevada. O escoamento, após uma variação súbita de velocidade, é extremamente complicado ao longo de certa extensão, indo alterar as condições de atrito no tubo. Por uma questão de método, vão distinguir-se os efeitos de atrito normal no tubo, do efeito de turbulência suplementar com origem num obstáculo, e considerar que o atrito provocado por este último efeito se concentra somente no obstáculo. A perda de carga total numa tubagem pode então calcular-se somando à perda de carga normal (contínua) ao longo do tubo as perdas de carga adicionais (localizadas):

$$\text{Perdas de carga total} = \text{Perdas de carga contínuas} + \text{perdas de carga localizadas}$$

$$h_{ft} = h_{fc} + h_{fL} \Leftrightarrow \frac{\lambda \times l}{d} \times \frac{u^2}{2 \times g} + \sum K_L \times \frac{u^2}{2 \times g} \Leftrightarrow \left(\frac{\lambda \times l}{d} + \sum K_L \right) \times \frac{u^2}{2 \times g}$$

O coeficiente de atrito no acessório K_L , que se pode considerar como independente da natureza do fluido e das condições de escoamento, é determinado experimentalmente, (Cruz da Costa, 1973).

Curva da instalação - Uma vez conhecidas as características de uma instalação, pode determinar-se a sua curva característica, através de uma equação do tipo:

$$H_i = H_0 + K' \times Q^2$$

H_i - Perda de carga (m.c.água);

H_0 - Diferença de nível e de pressão estática (m.c.água);

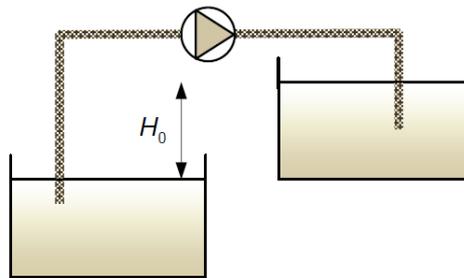


Fig. 34 - Representação de H_0

K' - Coeficiente de atrito em função do caudal;

Q - Caudal (m^3/s)

O cálculo de K' pode ser expresso por:

$$K' = \frac{8 \times K_T}{g \times \pi^2 \times d^4}$$

K_T - Coeficiente de atrito total;

g - Aceleração da gravidade.

O coeficiente de atrito total é calculo por:

$$K_T = \sum K_C + \sum K_L$$

$\sum K_C$ - Somatório dos coeficiente de atrito na tubagem

$\sum K_L$ - Somatório dos Coeficiente de atrito nos acessórios

O coeficiente de atrito ao longo da tubagem calcula-se por:

$$K_c = \sum \frac{\lambda \times L}{d}$$

Capítulo 4 – Implementação do Projecto

4. Implementação do projecto

Neste capítulo é feita uma caracterização geral do edifício do HPC, com ênfase nas características técnicas que influenciam directamente o alvo de estudo, o *hall* de entrada do Hospital. É feita a caracterização do sistema de climatização instalado neste espaço, desde a produção de água quente/refrigerada até ao tratamento do ar na Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN) e respectiva insuflação. São apresentadas medições reais das condições de funcionamento deste sistema de climatização. Também é feito um estudo dinâmico das necessidades da potência de arrefecimento com o objectivo de mostrar a insuficiência da climatização mecânica para manter as condições de conforto.

4.1. Caracterização do edifício

O presente projecto é aplicado à cobertura envidraçada integrada do HPC.

De acordo com o RSECE, este edifício pertence à tipologia de "Hospitais – Estabelecimento de saúde com internamento" - Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril. DR Série I-A. 67 (4-04-2006) 2416-2468.

O edifício é constituído por vários pisos, os quais integram serviços hospitalares, zonas sociais, zonas de serviços de apoio, estacionamento coberto e áreas técnicas de acesso exclusivo às equipas de manutenção.



Fig. 35 - Vista aérea do Hospital Pediátrico



Fig. 36 - Hospital Pediátrico de Coimbra

A cobertura envidraçada em estudo localiza-se na entrada principal, com uma área de $\pm 300 \text{ m}^2$. A climatização mecânica deste espaço é composta por uma UTAN, designada em projecto por UTAN 0.8, onde o ar é difundido através de injectores livres ao nível do piso 2 e por grelhas nos Ventiloinvectores (VC) que alimentam algumas salas em redor deste átrio; também apresenta dois ventiloinvectores com as respectivas grelhas de insuflação de ar novo no espaço pertencente ao átrio ao nível do piso 0. A UTAN 0.8 encontra-se na área técnica do piso -1. As electrobombas de circulação de água fria e água quente para o sistema hidráulico de climatização situam-se na área técnica do piso 0.



Fig. 37 - Planta do piso 0 do Hospital Pediátrico

4.1.1. Características do sistema de AVAC

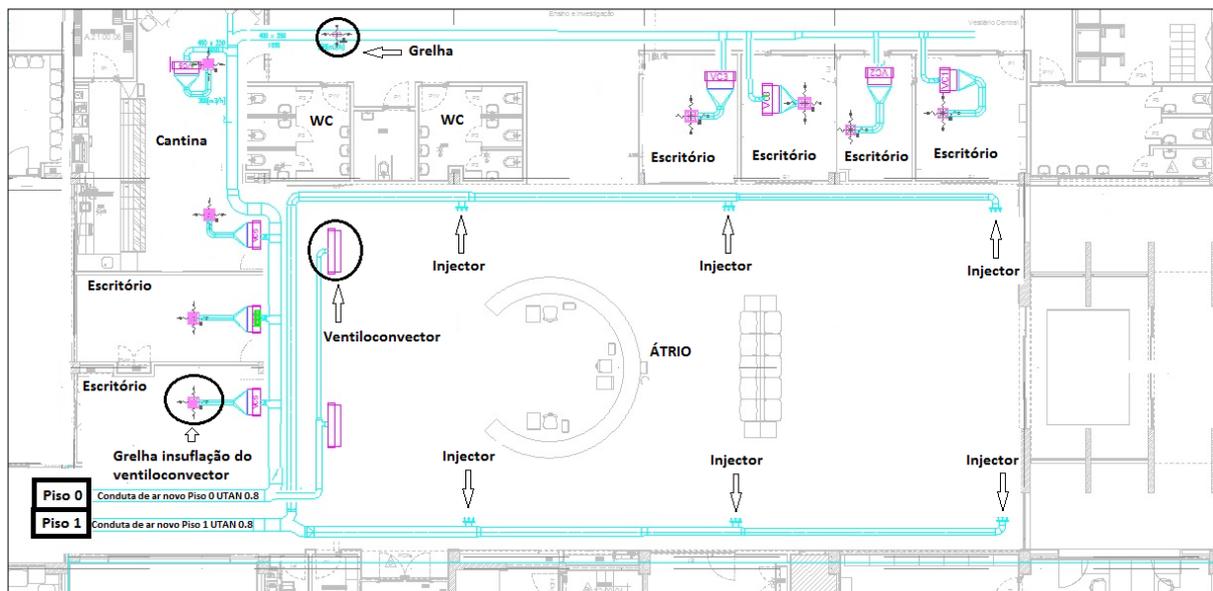


Fig. 38 - Representação simplista do sistema de climatização do hall

O sistema de climatização do átrio de entrada do Hospital está representado nas figuras 38 e 39: a produção, transporte e respectiva difusão no espaço são feitos a partir de *chillers* que produzem água fria, e caldeiras de água quente para alimentar a UTAN e ventiloinvectores;

o transporte de água é feito através de tubagens isoladas num sistema com dois tubos e o do ar por condutas isoladas, sendo a difusão para este espaço através de seis injectores, onze ventiloconvectores e quatro grelhas de insuflação.

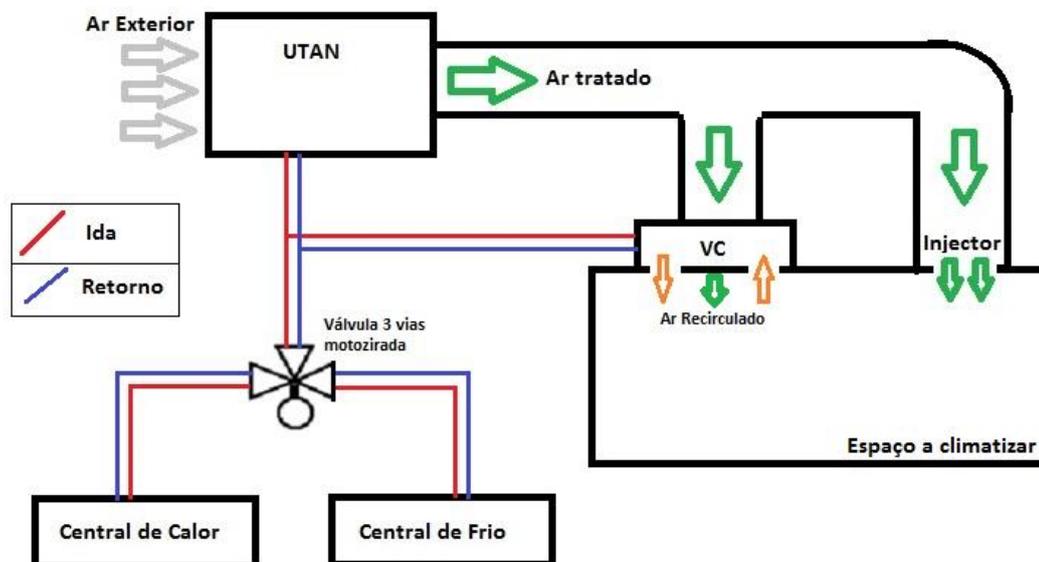


Fig. 39 - Esquema simplificado do sistema de AVAC da UTAN 0.8

Sistema de climatização a ar-água a dois tubos no HPC - O sistema de alimentação de água fria e quente é a dois tubos, o que faz com que só chegue às UTAN, e que os VC trabalhem no modo de arrefecimento ou de aquecimento em função da disponibilidade da água e não da necessidade do espaço. Esta característica faz com que, nalguns casos, não seja possível manter as temperaturas desejadas nas diversas zonas. Tanto na situação de Verão como na de Inverno, a temperatura de insuflação do ar novo proveniente da UTAN é a originada e definida na UTAN. Para o caso dos ventiloconvectores, na situação de Verão, e para o circuito a água refrigerada (o mesmo circuito onde a UTAN se encontra), a temperatura de insuflação do ar *recirculado* pode ser mais baixa do que a da respectiva UTAN, devido ao facto de passar pelas baterias de arrefecimento do VC. O mesmo acontece na situação de Inverno, mas com a água quente e com uma temperatura superior à temperatura do ar novo proveniente da UTAN. No caso de grelhas e injectores, a temperatura de insuflação é igual à do ar novo que sai da UTAN. A alimentação de água na UTAN e no VC é feita através de uma válvula de três vias motorizada, onde existe a escolha do circuito de água a alimentar: água quente; ou água refrigerada.

Sistema com ventiloconvectores - Nos sistemas com VC como unidade terminal, o ar é tratado na unidade central (UTAN), e aquecido ou arrefecido até determinada temperatura, em função da temperatura externa, sendo cada zona equipada com um VC a dois tubos (aquecimento a água quente ou arrefecimento a água refrigerada). O controlo da temperatura é feito através da abertura ou fecho da válvula de chegada ao VC conforme se aproxima da temperatura ambiente desejada que é medida pelo termostato. Devido à necessidade de haver renovação do ar, a insuflação de ar proveniente da unidade de tratamento é sempre contínua,

mesmo que o VC esteja desligado ou programado para uma temperatura igual à de saída da unidade central.

O VC instalado na zona faz o ajuste da temperatura do ar proveniente da unidade central, com a vantagem de fazer a circulação do ar viciado da zona interior para o manter nas temperaturas definidas pelo utilizador - no caso presente, os ventiloconvectores são alimentados pela UTAN 0.8.

Sistema com injectores livres - Nos sistemas com difusão de ar através de injectores e grelhas de insuflação, o ar insuflado no espaço vem com as características de saída da UTAN, não havendo regulação de maior ou menor temperatura, tal como acontece no sistema com VC.

No caso presente, o sistema com injectores livres e grelhas de insuflação são alimentados também pela UTAN 0.8.



Fig. 40 – Injector instalado no HPC

Unidades de tratamento de ar utilizadas na climatização do espaço - Na figura 41 está representada uma UTAN com os seguintes componentes: registo (1); pré-filtro (2); filtro de bolsa (3); bateria de frio ou de quente (2 tubos) (4); ventilador (5), (Sandometal - Catálogo Técnico).

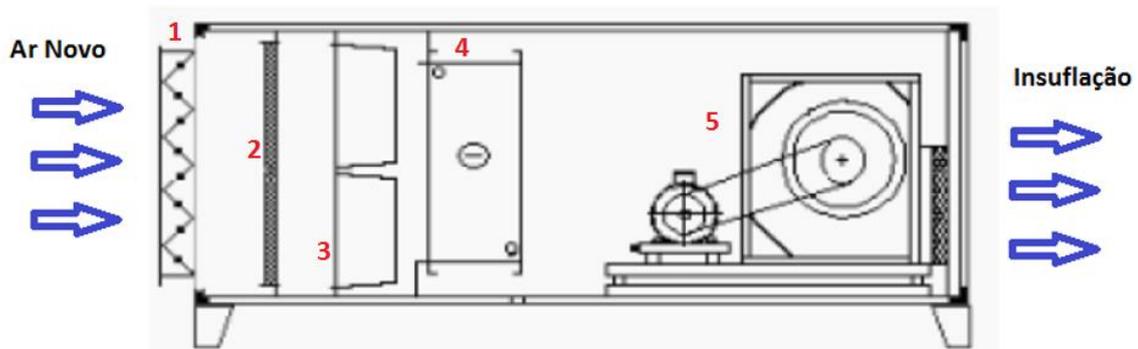


Fig. 41 - Constituição da UTAN 0.8

A UTAN (figura 42), designada no projecto como UTAN 0.8, encontra-se na área técnica do piso -1. Esta unidade tem como zona de influência o *hall* de entrada do HPC, o qual difunde ar ao nível do piso -2 através dos injectores, e ao nível do piso 0 por ventiloconvectores e grelhas de insuflação, com influência nas salas de trabalho em redor do átrio e de um corredor, com dois ventiloconvectores com insuflação para o *hall*.



Fig. 42 - UTAN 0.8 do HP

Características de projecto da UTAN - As características do projecto da UTAN 0.8 são as que se encontram na tabela 1. É importante referir que os valores apresentados são para as condições de teste, o que, na realidade é difícil acontecer, pois as condições de funcionamento são as mais diversas. No que refere à potência de arrefecimento, os valores apresentados, 39.3 KW de potência total, e 22.9 KW de potência sensível, foram calculados para uma temperatura do ar exterior de 35°C com uma humidade relativa de 50%, com uma entrada de água refrigerada de 7°C, e com uma saída a 12°C.

Tabela 1 – Características da UTAN 0.8

Características principais da UTAN 0.8	
Marca	EVAC
Tipo	UTAN
Modelo	UTA 30 plus 25
Referência	UTAN 0.8
Ventilador	
Insuflação (Ar novo)	5115 m ³ /h
Baterias	
Potência de Arrefecimento	39,3 kW (22,9 kW) Ar: 35°C/50%HR Água:7°C - 12°C
Potência de Aquecimento	89,6 kW Ar: 0°C Água:80°C – 68,6°C
Velocidade	2,92 m/s
Filtros	
FA 500 (EU 4)	
Purapak 75 (EU 7)	
Registos	
Ar Novo	5115 m ³ /h
Velocidade	4,4 m/s
Ventilador	
Velocidade	1168 rpm
Potência absorvida	1,81 kW

Central de Calor do HPC - A central térmica do HPC é constituída por três caldeiras gastubulares, alimentadas a gás natural, cada uma com uma potência de 2000 kW. Estas caldeiras produzem a água quente necessária para a alimentação de 68 UTA/UTAN, Água Quente Sanitária (AQS) e aquecimento da água da piscina de hidroterapia. Para uma maior

eficiência, cada caldeira tem um economizador (*Boiler*) onde são utilizados os gases de exaustão da combustão para um pré-aquecimento da água, tal como se pode visualizar no esquema ilustrado na figura 43.

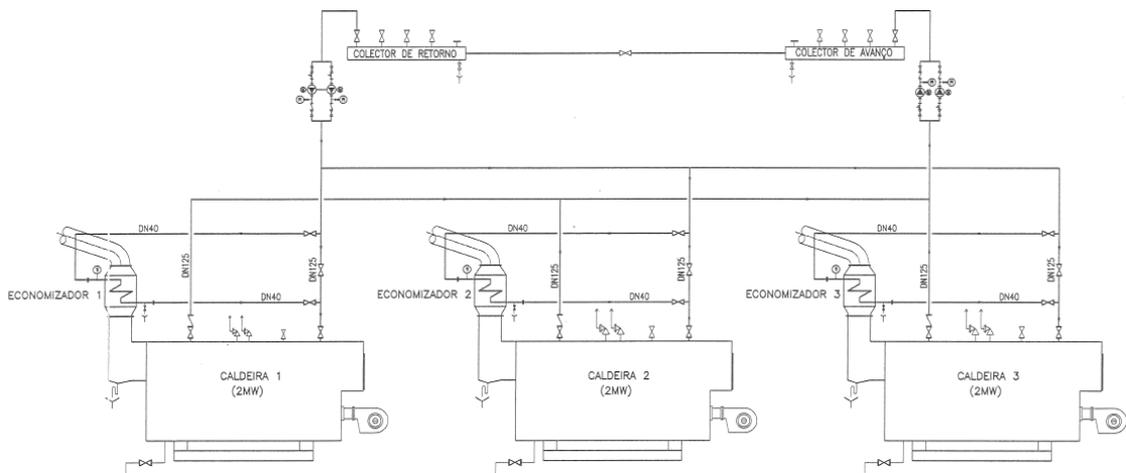


Fig. 43 - Esquema das três caldeiras da central de calor do HPC

A caldeira corresponde a um gerador de água quente, monobloco, de desenvolvimento horizontal, de tipo tubos de fumo de tripla passagem de gases, e com uma câmara de inversão de gases de fumo completamente envolvida por água. Esta configuração confere ao gerador de água quente uma óptima transmissão de calor (aumento de rendimento) e diminuição da utilização de refractários logo, diminuição de despesas resultantes da reparação de alvenarias refractárias. O corpo da caldeira é isolado com lã mineral, protegida por um revestimento exterior metálico. A caldeira de água quente assenta sobre uma base de perfilados (Figura 44 e Tabela 2).



Fig. 44 - Caldeiras da central de calor do HPC

Tabela 2 – Características das Caldeiras

Características gerais da caldeira	
Marca	AMBITERMO
Tipo	Gastubular Horizontal
Modelo	WHC-20
Nº de fabrico	386
Pressão Max. De Serviço	6,0 bar
Superfície de aquecimento	59,7 m ²
Combustíveis	Gás Natural
Potência	2000 kW
Temperatura (Min.) (Máx.)	20/109 °C
Volume de água	3288 litros
Rendimento global	93%
Pressão de Ensaio	9,05 bar
Peso do gerador de água quente vazio	4900 kg

Central de frio do HPC - A central de frio é constituída por duas unidades produtoras de água refrigerada, cada uma com uma potência de arrefecimento de 1744 kW. Este *chiller* tem um princípio de funcionamento baseado no ciclo de compressão de vapor. Tem como principais equipamentos os seguintes: um compressor semi-hermético de parafuso, especialmente desenhado para o fluído refrigerante R-134a; ventiladores axiais eléctricos com pás helicoidais para forçar o fluxo de ar a passar pelo condensador; condensadores com superfícies maiores; e evaporador assimétrico com uma melhor distribuição do fluído refrigerante, tanto na fase líquida como na gasosa (Figura 45 e Tabela 3).

Esta unidade de arrefecimento produz água refrigerada exclusivamente para o sistema de climatização, isto é, para a alimentação das UTA/UTAN e dos ventiloconvectores.



Fig. 45 - Central de frio do HP

Tabela 3 – Características gerais dos Chillers

Características gerais do chiller	
Marca	CLIMAVENETA
Tipo	Air-cooled water chiller with helical fans
Modelo	FOCS-8404
Capacidade de Arrefecimento	1744 kW
Potência total de entrada (unidade)	643 kW
Caudal de água que troca calor	300 m ³ /h
Compressores	Semi-hermético de parafuso
Nº de compressores	4
Tipo de fluido refrigerante	R-134a
Ventiladores	Axiais de pás helicoidais
Número de ventiladores	24
Caudal de ar	117 m ³ /s
Potência de um ventilador	2,1 kW
Comprimento (m) × Largura (m) × Altura (m)	11,2×2,26×2,43

4.2. Medição de temperaturas no hall do HP

A medição das temperaturas interiores no *hall* num dia em que as condições meteorológicas são propícias a que haja um desconforto térmico é fundamental como prova de que as temperaturas de conforto para a estação de arrefecimento não estão nos parâmetros mais indicados. Para isso, foram retiradas medições no dia 26 de Maio de 2015, às 15 horas, com uma temperatura exterior de 31°C, dia este que apresentava céu limpo.

As medições de temperatura foram retiradas com o sistema de climatização mecânico a funcionar, e sem intensidade de frequência humana. Foram então recolhidas medições em quatro pontos como representado nas figuras 46 e 47, a quatro alturas diferentes a fim de caracterizar a diferença de temperaturas que existem dentro do mesmo espaço.

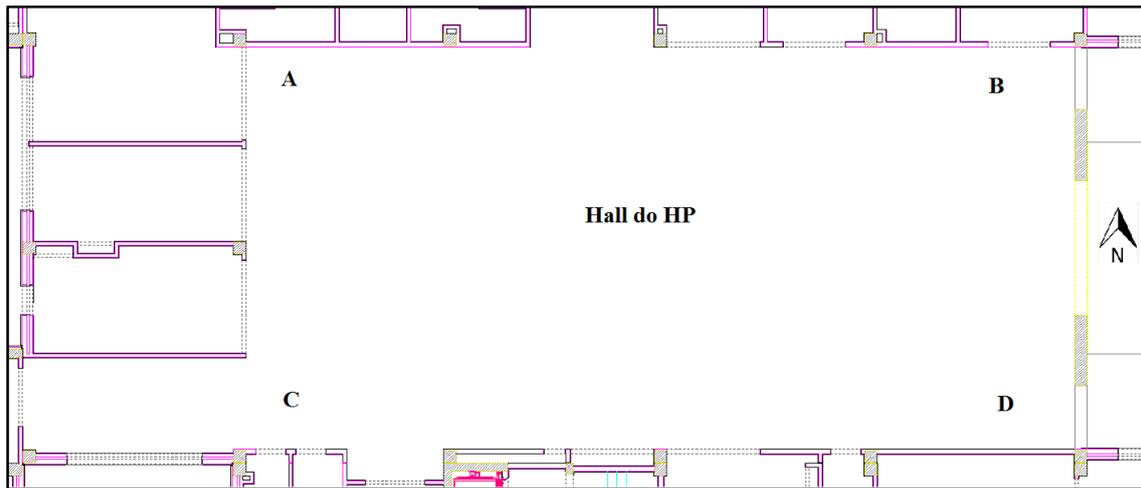


Fig. 46 – Pontos de medição de temperatura no hall

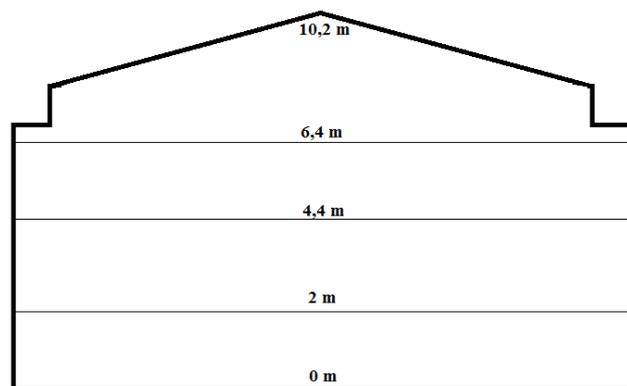


Fig. 47 – Altura dos pontos de medição do hall

Para a medição foi utilizado um aparelho multifunções, com capacidade de escolha da sonda mais apropriada para a medição: TESTO 435 com sonda de ar.



Características da sonda de ar

- Intervalo de medição: -200°C a $+400^{\circ}\text{C}$
- Precisão: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ($-60 \dots +60^{\circ}\text{C}$); $\pm(0.2^{\circ}\text{C} + 0.5\% \text{ do v.m.})$ (Gama de medição restante)
- Resolução: 0.1°C

Fig. 48 – Instrumento 435 TESTO

Tabela 4 – Medições da temperatura nos diferentes pontos e alturas

A		B		C		D	
Altura (m)	Temp. (°C)						
0	28,6	0	30,8	0	26,7	0	29,7
2	28,8	2	31,2	2	27,1	2	30,5
4,4	29,8	4,4	32,5	4,4	29,1	4,4	32
6,4	31,5	6,4	33,3	6,4	30,6	6,4	32,8

Através da tabela 4 pode concluir-se que, para um dia de Maio que apresente condições de temperatura não tão severas como os dias de Junho e Julho, as temperaturas já superam os parâmetros de conforto dos utilizadores. Pode também concluir-se que o sistema de climatização não apresenta as melhores capacidades de climatização para um espaço tão grande e com tanta exposição solar como este. Através dos resultados pode observar-se que existe uma estratificação das temperaturas no *hall*, havendo uma temperatura mais baixa ao nível do piso 0 e um aumento gradual da mesma ao longo da altura do *hall*. Ao nível do piso 0, onde a intensidade de utilização é maior pode ver-se que as temperaturas rondam os 29,2°C, valores estes que resultam da média das quadro medições a uma altura de 0 metros e de 2 metros. Ao nível do piso 1, onde existe uma menor intensidade de utilização por parte das pessoas, a temperatura média (engloba só os pontos A e C a uma altura entre 4,4 metros e os 6,4 metros) é de 30,3°C. Conclui-se assim que os valores das temperaturas que o *hall* pode atingir na estação de maior calor ficam fora do intervalo de temperaturas admissíveis para esta época do ano, que é de 24°C a 26°C.

4.3. Cálculo dinâmico

Neste subcapítulo é apresentado o cálculo da carga térmica referente ao *hall* de entrada do HPC, sendo este o aspecto focal do presente projecto.

A carga térmica de um espaço consiste nas parcelas de calor sensível e latente que o sistema de climatização deve retirar ou fornecer ao ar ambiente para assegurar a manutenção da sua temperatura e humidade relativa. A carga térmica de um edifício varia significativamente ao longo do dia, devido ao efeito da natureza transiente da radiação solar que incide no edifício, e também à inércia térmica dos espaços do próprio edifício. O processo de acumulação de calor nas diversas envolventes do edifício conduz a que os ganhos de calor não se transformem na sua totalidade em carga térmica para o espaço; por este facto, caso o efeito de inércia não seja tido em consideração no cálculo da carga térmica, corre-se o risco dos equipamentos de climatização ficarem bastante sobredimensionados.

O RSECE impõe, para edifícios com área útil superior a 1000 m², a sua simulação térmica dinâmica e multizona utilizando ferramentas informáticas certificadas pela norma ANSI/ASHRAE 140-2004. No caso presente foi utilizado um modelo tridimensional no

software CYPE, certificado pela norma ANSI/ASHRAE 140-2004². A planta que serve de base ao modelo 3D foi conseguida através das plantas do projecto do HPC em *software* Autocad.

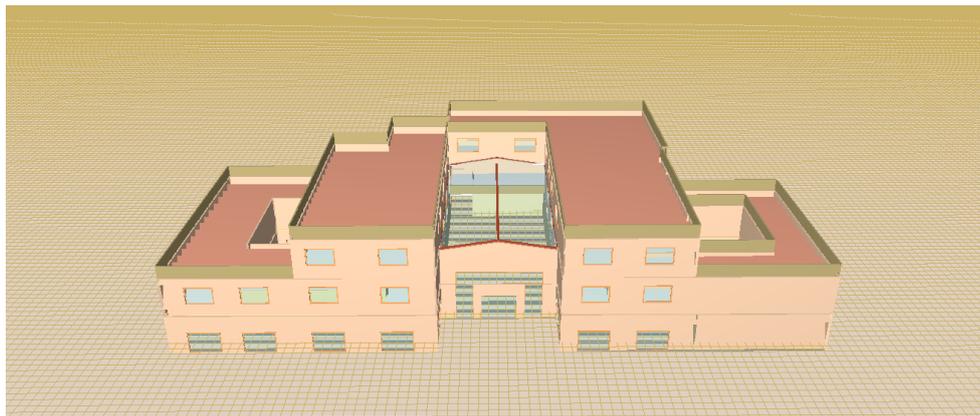


Fig. 49 – Modelo tridimensional

O programa de climatização CYPE está relacionado com as necessidades cada vez mais pertinentes para se conseguir um cálculo dinâmico temporal.

Para o cálculo das cargas térmicas de arrefecimento foi utilizado o *CYPETHERM ASHRAE LOADS*, sendo esta uma aplicação concebida para o cálculo de cargas térmicas em edifícios que incorpora o Método das Séries Temporais Radiantes (RTSM - Radiant Time Series Method) proposto e recomendado pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers* (ASHRAE), (Roriz, *et al.*, 2015). De entre as principais características desta aplicação destacam-se as seguintes:

- Cálculo *standard* conforme a norma ANSI/ASHRAE/ACCA *Standard* 183-2007 (RA 2011) - *Peak Cooling and Heating Load Calculations in Buildings Except Low-Rise Residential Buildings* - que estabelece os requisitos mínimos a reunir por qualquer método ou procedimento utilizado para realizar o cálculo de cargas máximas de arrefecimento e aquecimento;
- Base de dados climáticos *Weather Data Viewer 4.0* da ASHRAE, com 5.564 estações localizadas por todo o mundo, o que permite importar os dados climáticos necessários para os cálculos, incluindo os da cidade de Coimbra;
- Dados de radiação solar a partir do modelo *Clear-sky Solar Radiation* da ASHRAE;
- Definição de perfis de utilização, padrões de sombreamento e elementos de sombra;
- Resultado do cálculo de cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento para cada compartimento e zona.

Método das séries Temporais Radiantes - De entre os diferentes métodos que estimam com precisão o intercâmbio térmico de um edifício, o mais completo é o Método do Balanço de

² ANSI / ASHRAE 140-2004 especifica os procedimentos de teste que podem ser aplicados para avaliar a gama de aplicação e capacidade do *software* utilizado para calcular o desempenho térmico dos edifícios.

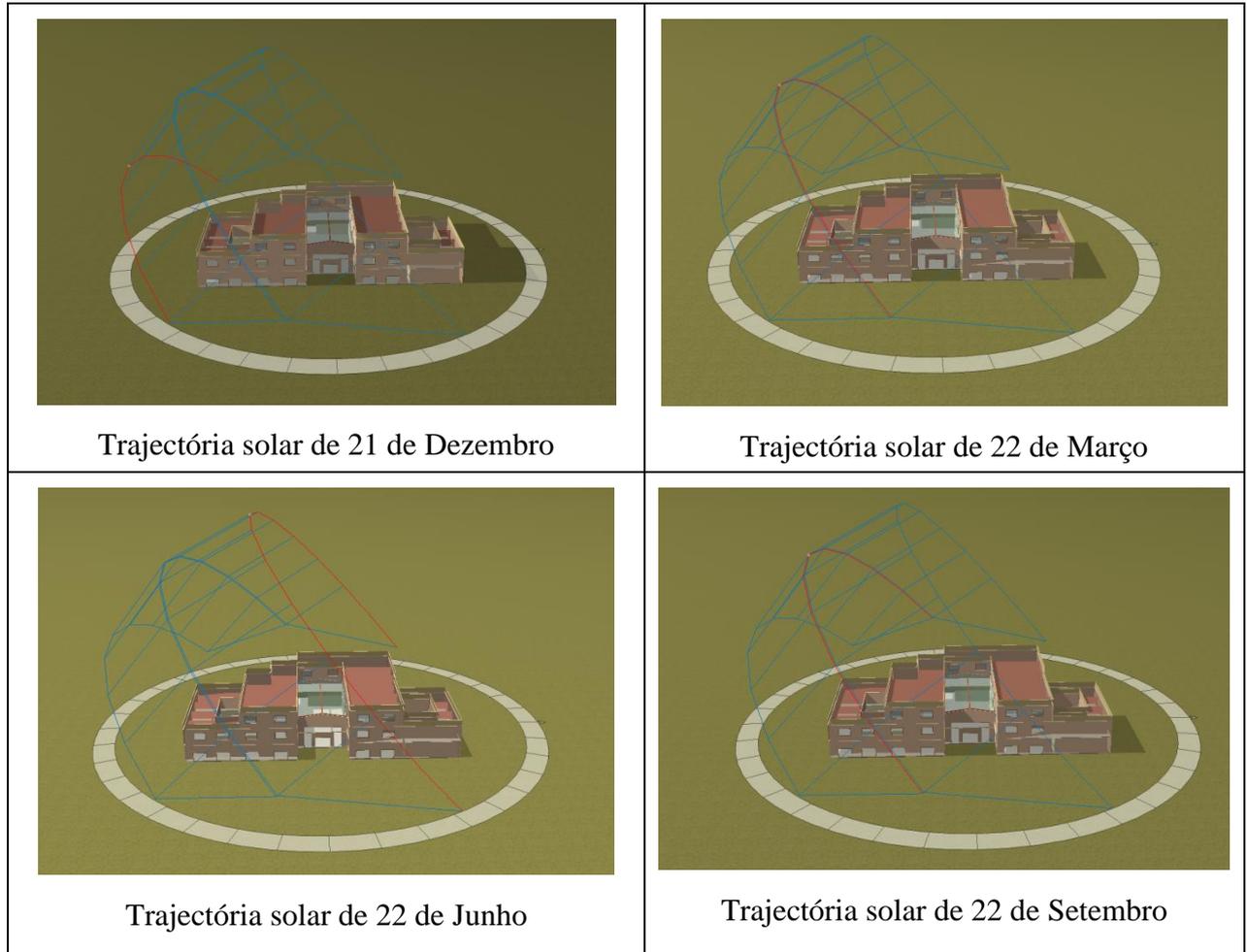
Calor (*Heat Balance Method* - ASHRAE), embora o mais utilizado pela sua rapidez e robustez para a estimação de cargas térmicas (recomendado pela ASHRAE) é o denominado Método das Séries Temporais Radiantes (RTSM). Além destas características, a principal mais-valia do método reside na sua simplicidade, já que, quer os factores de resposta dos elementos construtivos (Conduction Time Series Factors, CTSF) quer os factores temporais radiantes (Radiant Time Factors, RTF) oferecem uma visão muito clara dos efeitos de amortecimento e o atraso no tempo dos ganhos de calor por condução, e da resposta do compartimento aos ganhos de calor por radiação.

O RTSM considera cada contribuição de energia de forma independente para estimar a quantidade de energia fornecida ao ar do compartimento como a soma de todos eles. Esses fornecimentos, ou ganhos de calor, separam-se na sua parte convectiva e radiante: A energia da parte convectiva dos ganhos de calor transmite-se directamente ao ar do compartimento, pelo que se considera directamente como carga térmica; o mesmo não ocorre com a energia da parte radiante, já que não se transmite directamente ao ar - porém, sofre uma transformação e um atraso relacionados com a interacção da própria radiação com as diferentes superfícies do compartimento.

4.3.1. Sombreamento

Com a modelação tridimensional, o CYPETHERM tem a possibilidade de fazer um estudo do sombreamento, o qual tem a vantagem de representar o sombreamento do edifício ao longo do ano. A posição do Sol num determinado instante, em relação a um determinado local, é definida por duas coordenadas: o *ângulo de altitude solar*, formado pelos raios solares com o plano horizontal; e o *ângulo de azimuth solar*, entre a projecção horizontal dos raios solares e a direcção Norte-Sul no plano horizontal. A Tabela 5 ilustra quatro trajectórias solares: do dia 21 de Dezembro, com a altura solar mais baixa do ano, com um ângulo de 26°; do dia 22 de Março, com uma altura solar com um ângulo de 50°; do dia 22 de Junho, com a altura solar maior do ano, com um ângulo de 74°; do dia 22 de Setembro, com uma altura muito semelhante à de 22 de Março. Os graus da altura solar foram retirados com um azimuth solar de 0° e uma latitude local de 40° Norte, referente à cidade de Coimbra.

Tabela 5 – Sombreamento do edifício com diferentes trajectórias solares



Pode concluir-se que, durante o Verão, o sombreamento sob a cobertura envidraçada é nulo pois o sol tem uma trajectória com um ângulo bastante elevado. Isto faz com que toda a radiação solar incida sobre toda a superfície.

Segundo Bergs (2007), “Durante a época de aquecimento, os ganhos de calor provenientes da energia solar são utilizados para ajudar o aquecimento do espaço, mas durante a época de arrefecimento existe, geralmente, um excesso de energia solar, o que faz aumentar a temperatura interior para níveis fora dos parâmetros de conforto”, (Bergs, et al., 2007).

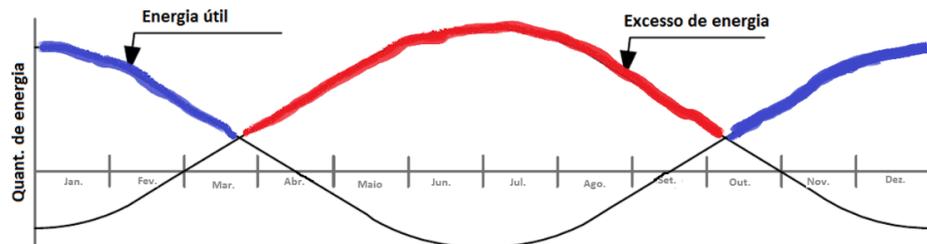


Fig. 50 – Aproveitamento de energia solar anual

4.3.2. Cálculo da potência de arrefecimento em software *CYPETHERM ASHRAE LOADS*

O *hall* do HPC foi dividido em dois pisos: o andar inferior, onde a actividade humana é intensa; e o andar superior, onde a actividade humana é muito reduzida. Ao nível do piso 1 há um corredor de acesso ao espaço ocupado pelo Conselho de Administração, que terá de ter os mesmos parâmetros térmicos de conforto do piso 0, onde há uma grande intensidade de utilização (figuras 51 e 52).

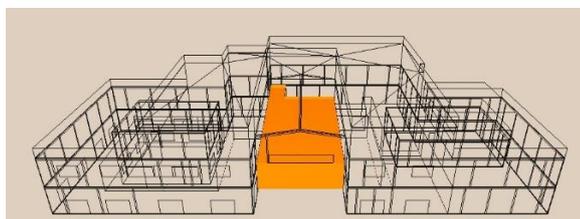


Fig. 51 – Hall ao nível do piso 0 (Utilização: Intensidade alta; Volume: 1677 m³)

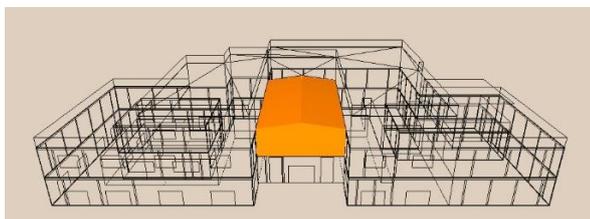


Fig. 52 – Hall ao nível do piso 1 (Utilização: Intensidade baixa; Volume: 1718 m³)

O resultado do cálculo da potência térmica de arrefecimento, de acordo com os dados climáticos da base de dados do software *CYPETHERM ASHRAE LOADS*, estima uma potência total de 129 kW.

Tabela 6 – Potências térmicas de arrefecimento

Potência térmica de arrefecimento	
Espaço	Potência de arrefecimento para carga máxima
Hall Piso 0	23752,5 W = 23,8 kW
Hall Piso 1	105026 W = 105 kW
Total	128778 W \cong 129 kW

Na figura 53 está representada a distribuição da necessidade de arrefecimento ao longo do dia, calculado para a carga máxima que corresponde ao dia 21 de Julho.

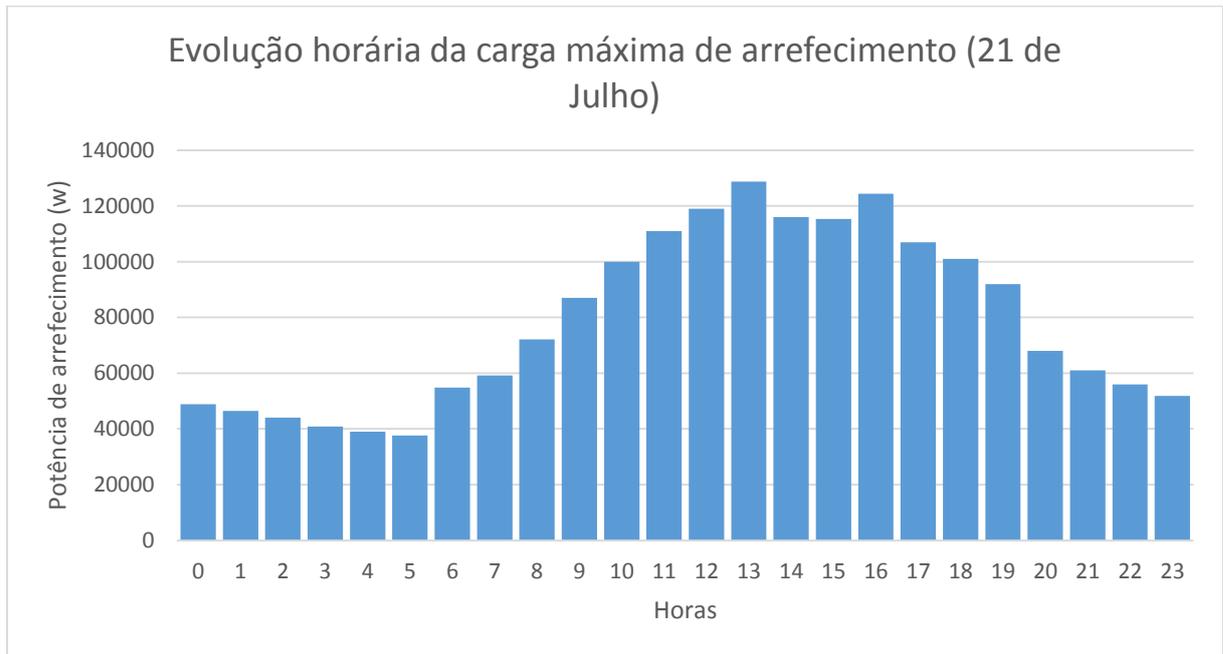


Fig. 53 – Distribuição da necessidade de arrefecimento ao longo do dia

Nas figuras 54 e 55 pode observar-se que a maior necessidade de arrefecimento é originada pelos envidraçados exteriores, o que prova que é pelo telhado envidraçado que provém grande parte da energia térmica; todas as restantes são quase desprezáveis quando comparadas a esta.

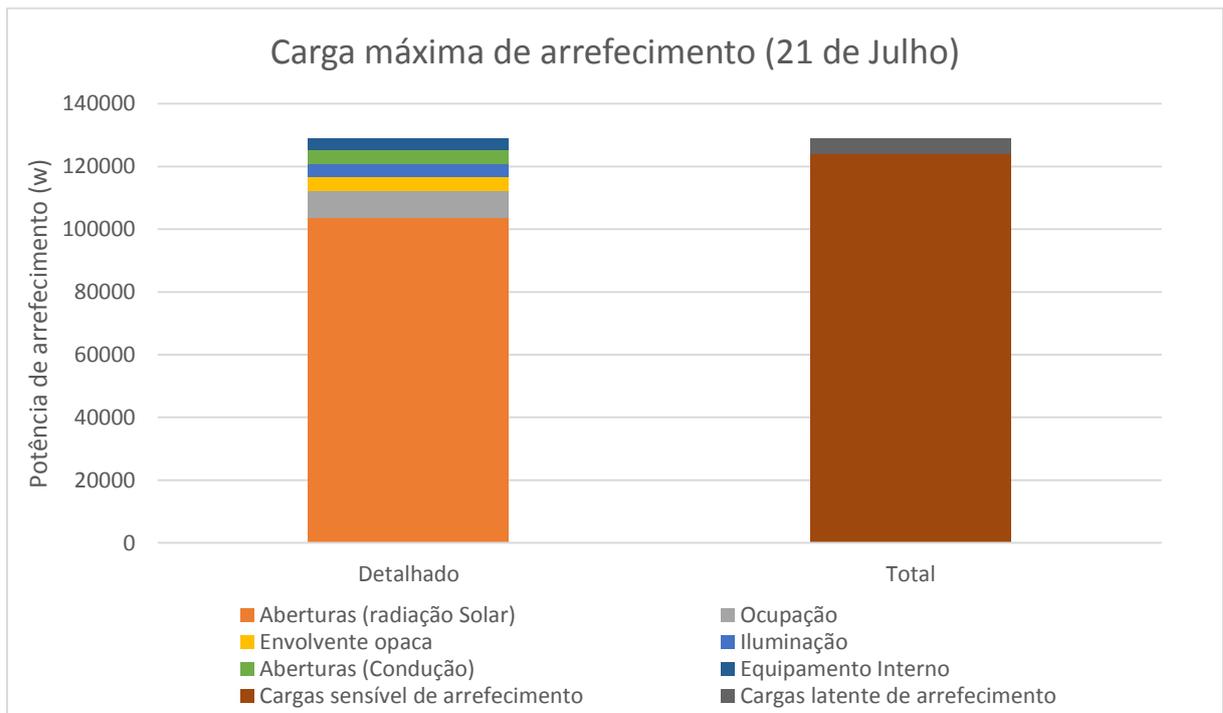


Fig. 54 – Carga máxima de arrefecimento detalhada e total

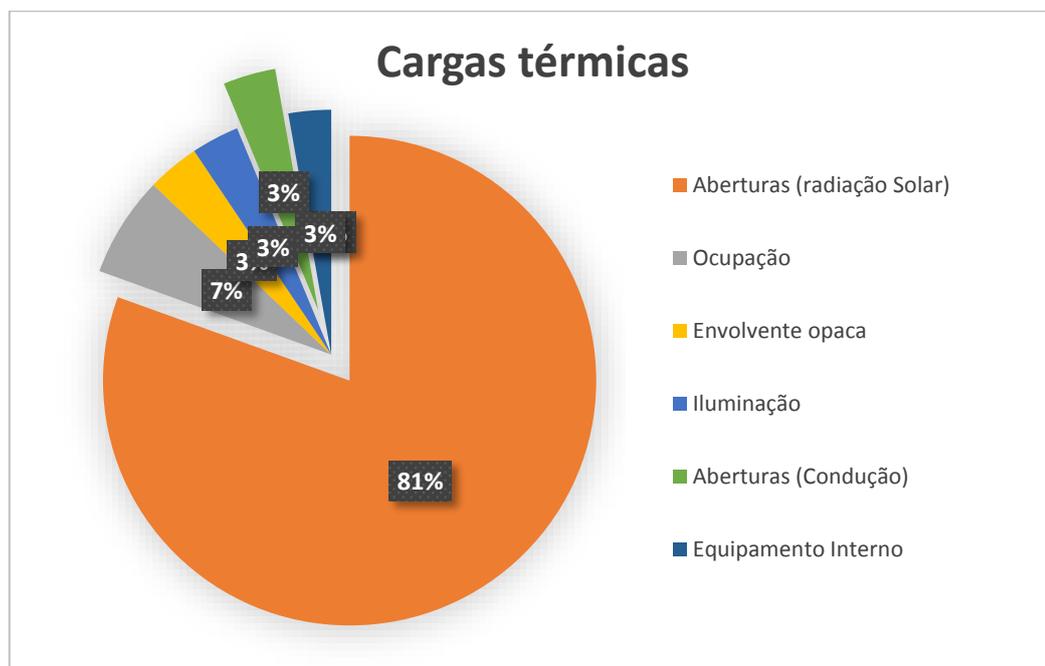


Fig. 55 – Cargas térmicas

A figura 56 representa a necessidade de arrefecimento anual, onde se pode observar que é durante os meses de Verão que há um grande pico de necessidade de arrefecimento do espaço.

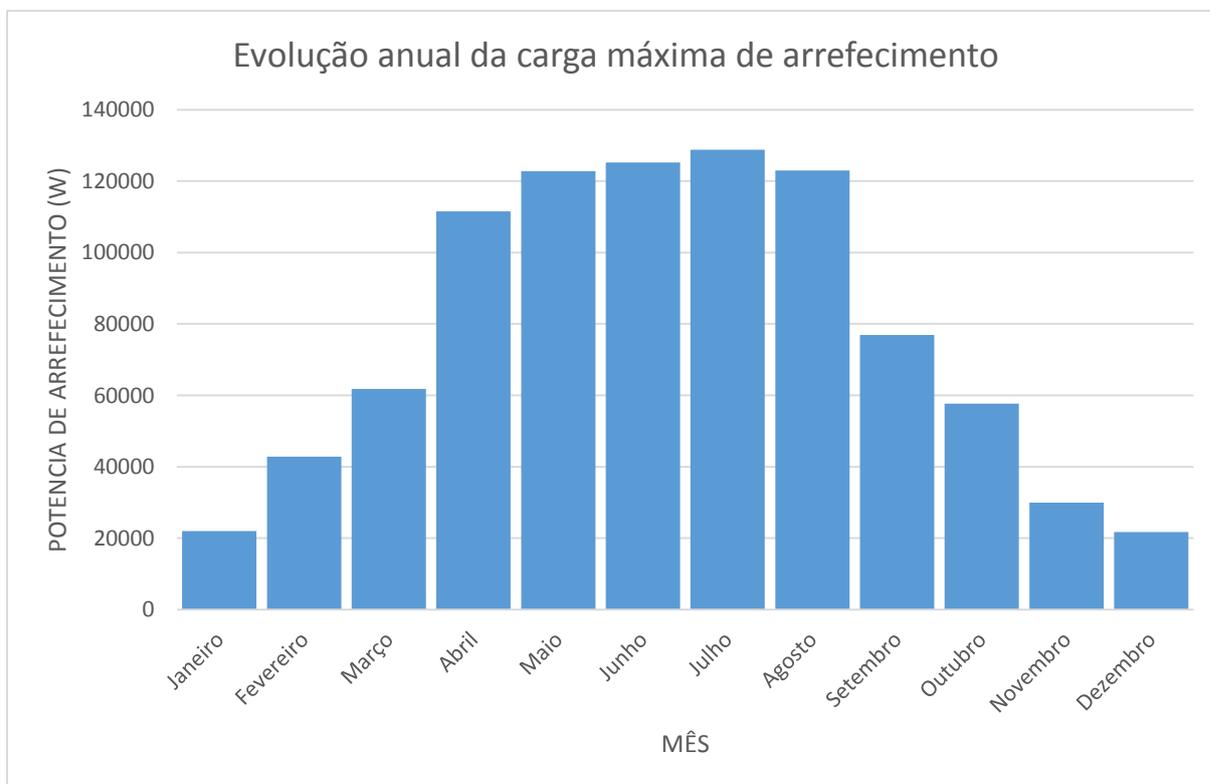


Fig. 56 - Necessidade de arrefecimento anual

4.4. Sistema de AVAC do hall do HPC

Neste subcapítulo é apresentado um estudo referente ao sistema de climatização do hall de entrada do HPC. Havendo a necessidade de conhecer o funcionamento deste sistema, foram

realizadas medições dos caudais, desde a respectiva UTAN até aos elementos terminais, e desde os injectores até às grelhas de insuflação dos respectivos VC e às grelhas dos corredores.

Na figura 57 está representado um esquema do trajecto do ar desde o exterior até à UTAN 0.8.

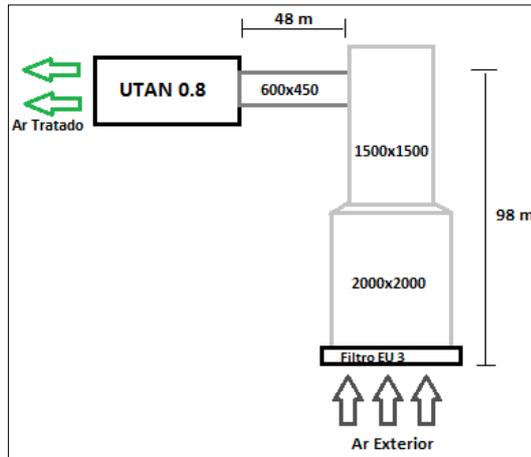


Fig. 57 – Trajecto do ar do exterior até à UTAN

Para uma análise mais detalhada do exposto, a figura 58 representa os elementos terminais do respectivo sistema, onde são caracterizados os elementos terminais (os injectores identificados com números e, por letras as grelhas de corredor e de VC), de forma a poder identificar-se o caudal associado a cada um.

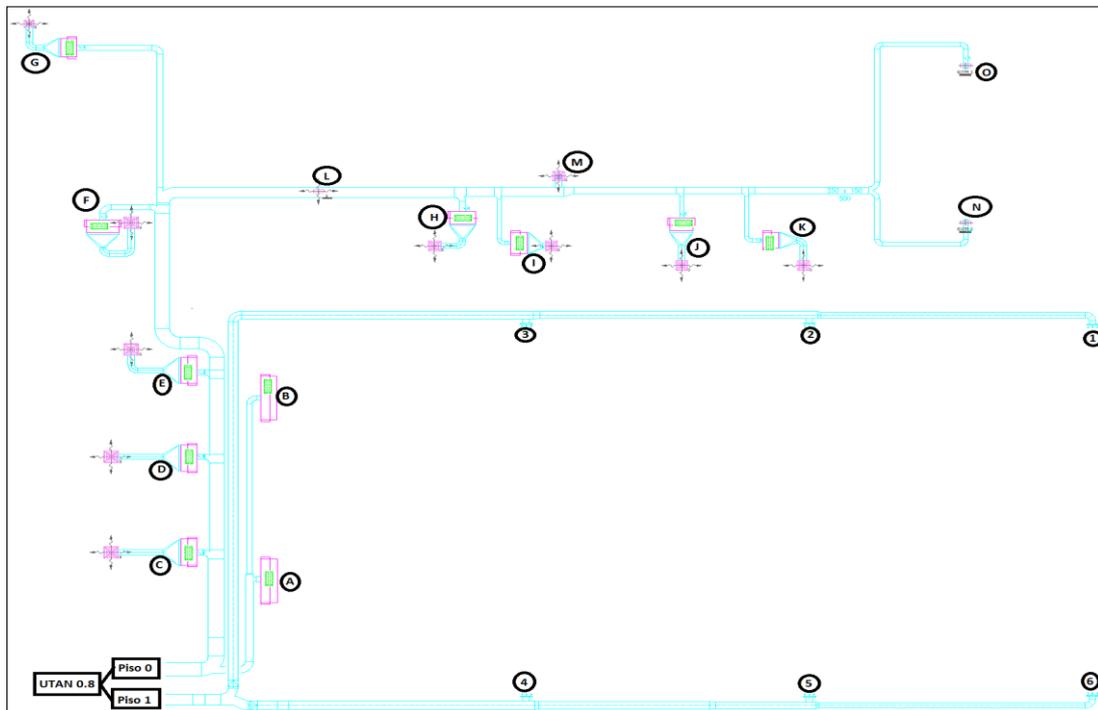


Fig. 58 – Elementos terminais do sistema de climatização

Funcionamento do sistema em projecto - Na tabela 7 estão representados os caudais dos elementos terminais e da UTAN 0.8.

Tabela 7 – Caudais utilizados no projecto

Caudais de ar novo dos elementos terminais e da UTAN 0.8 de Projecto							
Injector 1		Injector 2		Injector 3		Injector 4	
Caudal	250 m ³ /h	Caudal	250 m ³ /h	Caudal	250 m ³ /h	Caudal	250 m ³ /h
Injector 5		Injector 6		Grelha do VC A		Grelha do VC B	
Caudal	250 m ³ /h	Caudal	250 m ³ /h	Caudal	300 m ³ /h	Caudal	300 m ³ /h
Grelha do VC C		Grelha do VC D		Grelha do VC E		Grelha do VC F	
Caudal	290 m ³ /h	Caudal	275 m ³ /h	Caudal	300 m ³ /h	Caudal	300 m ³ /h
Grelha do VC G		Grelha do VC H		Grelha do VC I		Grelha do VC J	
Caudal	300 m ³ /h	Caudal	250 m ³ /h	Caudal	100 m ³ /h	Caudal	100 m ³ /h
Grelha do VC K		Grelha L		Grelha M		Grelha N	
Caudal	100 m ³ /h	Caudal	250 m ³ /h	Caudal	250 m ³ /h	Caudal	250 m ³ /h
Grelha O		Totais		Caudal de ar no hall			
Caudal	250 m ³ /h	Elementos terminais	5115 m ³ /h	2100 m ³ /h			
		UTAN 0.8	5115 m ³ /h				

Funcionamento real - Para um estudo real das condições de funcionamento do sistema de climatização do *hall*, as medições dos respectivos caudais dos elementos terminais e da UTAN são fundamentais.

Para as medições foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Caudalímetro DBM 610 KIMO (Figura 59).



Características do aparelho

- Gama de medição: 40 a + 3500 m³/h
- Precisão: 3% em medição de ± 10 m³/h
- Resolução: 1 m³/h

Fig. 59 – Caudalímetro DBM 610 KIMO

- Instrumento de medição multifunção TESTO 435, com sonda de fio quente – utilizado para a medição do caudal da UTAN 0.8. A medição foi feita na conduta de saída da UTAN a uma distância de dois metros, onde o fluxo de ar é bem definido (Figura 60).



Características da sonda de fio quente

- *Diâmetro da cabeça de sonda: 7,5 mm*
- *Gama de medição: 0 a +20 m/s*
- *Precisão: $\pm (0,03 \text{ m/s} + 5\% \text{ do valor medido})$*
- *Resolução: 0,01 m/s*

Fig. 60 – Instrumento 435 TESTO

Resultado das medições - Foram retiradas medições para cada elemento terminal, as quais estão representadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Caudais medidos

Caudais de ar novo dos elementos terminais e da UTAN 0.8 REAIS							
Injector 1		Injector 2		Injector 3		Injector 4	
Caudal	78 m ³ /h	Caudal	76 m ³ /h	Caudal	83 m ³ /h	Caudal	194 m ³ /h
Injector 5		Injector 6		Grelha do VC A		Grelha do VC B	
Caudal	153 m ³ /h	Caudal	135 m ³ /h	Caudal	185 m ³ /h	Caudal	129 m ³ /h
Grelha do VC C		Grelha do VC D		Grelha do VC E		Grelha do VC F	
Caudal	104 m ³ /h	Caudal	97 m ³ /h	Caudal	117 m ³ /h	Caudal	100 m ³ /h
Grelha do VC G		Grelha do VC H		Grelha do VC I		Grelha do VC J	
Caudal	91 m ³ /h	Caudal	106 m ³ /h	Caudal	121 m ³ /h	Caudal	52 m ³ /h
Grelha do VC K		Grelha L		Grelha M		Grelha N	
Caudal	61 m ³ /h	Caudal	156 m ³ /h	Caudal	62 m ³ /h	Caudal	82 m ³ /h
Grelha O		Totais		Caudal de ar no hall			
Caudal	77 m ³ /h	Elementos terminais	2258 m ³ /h	1033 m ³ /h			
		UTAN 0.8	2419 m ³ /h				

Face ao exposto, pode concluir-se que o sistema de climatização mecânico instalado para a climatização do espaço em apreço, tal como atrás referido, é constituído pela UTAN 0.8, com

uma potência de arrefecimento total de 39.3 kW, uma potência de arrefecimento sensível de 22.9 kW e um caudal de ar insuflado de 5.515 m³/h. A potência indicada é obtida com uma temperatura do ar exterior de 35°C (T_{bs}), 50% de humidade relativa, com uma entrada de água na bateria de arrefecimento de 7°C, e de saída de 12°C. O ar insuflado percorre uma conduta, sendo introduzido no espaço a climatizar através de 11 grelhas de insuflação referentes a cada ventiloconvector, seis difusores de jacto livre, e quatro grelhas de insuflação para corredores e casas de banho.

Do caudal total de ar indicado para o átrio, que é o alvo de estudo, conclui-se que a soma dos caudais de ar novo descritos em projecto para esta divisão é de 2100 m³/h, cumprindo com o RSECE de cinco renovações de ar novo por hora e m². Na realidade, tal não se verifica; após medições de caudais dos elementos terminais e na respectiva UTAN pode comprovar-se que o sistema não está a funcionar como indicado em projecto, estando a UTAN a insuflar 2419 m³/h, sendo 1033 m³/h insuflados no átrio.

Com a necessidade mínima de cinco renovações por hora para este espaço de 400 m² devia haver, pelo menos, 2.000 m³/h; porém, constata-se que só 1.033 m³/h estão a chegar ao átrio, logo, a obrigatoriedade da renovação de ar não está a ser cumprida. Outro problema existente relaciona-se com a temperatura de insuflação e a sua capacidade em manter as condições de conforto neste espaço, onde se verifica que o actual sistema é insuficiente. A UTAN tem como zona de trabalho o átrio e as salas de trabalho em redor do átrio, e estas possuem ventiloconvectores; a temperatura de saída do ar da UTAN, para uma situação de Verão; no caso do HPC é adoptado o valor de 21°C, com os ganhos internos da sala, para que a temperatura ronde os 25° graus, sendo esta a temperatura de conforto no Verão. Assim, o ar insuflado pelos jactos livres terá a mesma temperatura, neste caso os 21°C, o que é uma temperatura muito alta, pois com os ganhos de calor interno e da radiação, este valor é ultrapassado em muito e, por consequência, a temperatura de conforto. Através da simulação dinâmica do cálculo da necessidade de arrefecimento referente ao átrio, pode concluir-se que existe uma necessidade de 129 kW Total para manter uma temperatura de conforto, concluindo-se que a maior parte dos ganhos de calor são provenientes da radiação solar através do telhado envidraçado, tal como ilustrado em cor laranja na figura 55. Por consequência, a UTAN instalada apresenta somente uma potência sensível de 22.9 kW e, como tal não apresenta as condições necessárias para uma boa climatização deste espaço.

4.5. Sistema de deslizamento de água

É uma prática antiga a colocação de aspersores de água nos telhados de grandes superfícies, e usá-los quando as temperaturas exteriores são muito elevadas em consequência da radiação solar. A cobertura é então molhada e, devido ao calor absorvido, proveniente da superfície exterior do telhado e da camada de ar em redor, ocorre a evaporação da água, então a temperatura do telhado é reduzida.

A ideia de deixar um fluxo de água deslizar por uma fachada ou um telhado inclinado de um edifício é uma imitação da transpiração humana, sendo também uma opção na arquitectura moderna; as superfícies vidradas são elementos frequentemente utilizados em edifícios

contemporâneos enquanto opção estética, e como uma forma de criar sensações diversas nos ocupantes.

Uma superfície molhada tem menor coeficiente de transmissão da radiação solar e, com a camada da água, devido à sua evaporação, a temperatura próxima da superfície é significativamente menor do que a do lado de fora, reduzindo assim o ganho de calor por radiação, bem como por condução, a partir da diferença de temperatura entre o exterior e o interior, sendo o sentido do fluxo de calor do interior para o exterior, pois o lado exterior encontra-se mais frio do que o lado de dentro.

Estudos diversos revelam que um fluxo de água uniforme por cima da superfície envidraçada consegue reduzir a radiação solar que entra no edifício numa percentagem superior a 10 a 15% em relação a um vidro comum no estado seco. Verifica-se também que, quando o fluxo de água é turbulento e perturbado, o resultado da redução da radiação transmitida é de 25 a 30%, dependendo da quantidade de água, (Todorovic, 2012).

O dimensionamento de um sistema de deslizamento de água sobre um telhado envidraçado é o grande objectivo do estágio/projecto. Neste subcapítulo são apresentados os cálculos da espessura de película que cobrirá o telhado através do caudal dos aspersores. É ainda apresentado o dimensionamento da tubagem e dos equipamentos necessários para o correcto funcionamento. O sistema proposto irá funcionar em circuito semifechado, com a utilização de águas freáticas, abundantes na área do HPC, portanto, sem custos. O sistema terá controlos que lhe permitirão desligar-se automaticamente quando chove (e.g., através de um higrómetro) e à noite (e.g., com um controlador do tempo de funcionamento ou um sensor fotovoltaico). O núcleo do sistema consiste numa tubagem que corre ao longo da aresta longitudinal do topo do telhado envidraçado, da qual sairão, a espaços uniformes, dois aspersores, por cada painel de vidro, das abas direita e esquerda do telhado, totalizando 88 aspersores.

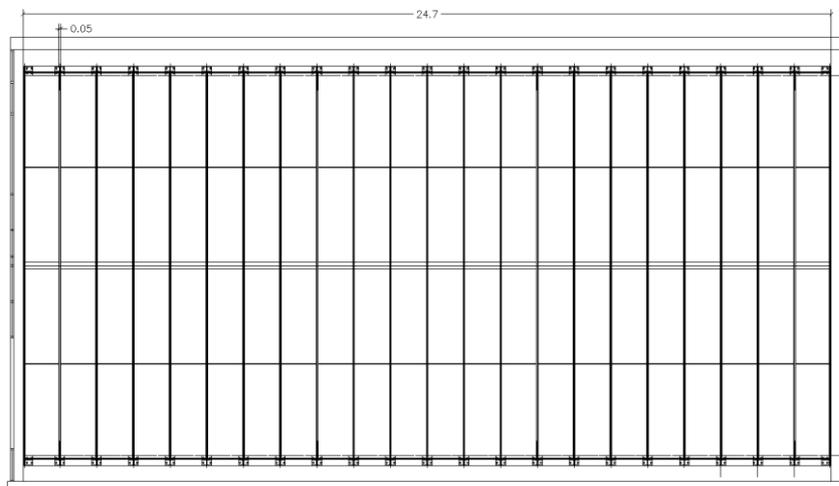


Fig. 61 - Planta da cobertura



Fig. 62 - Vista da estrutura

Considerações:

- A água será aspersada com um ângulo de 120° no cimo de cada vidro, por dois aspersores, com um caudal mínimo de 0,028 l/s e um caudal máximo de 0,045 l/s, para as respectivas pressões mínima e máxima;
- A pressão de funcionamento será entre 1 e 3 bar, sendo 2.1 bar a pressão recomendada;
- Somente a área envidraçada apresenta deslizamento de água.

Tabela 9 – Caudal de um aspersor para diferentes pressões para ângulo de aspersão de 120°

	Pressão (bar)	Caudal (litros/min)	Caudal (litros/Seg)
	1	1,66	0,028
	1,5	1,92	0,032
	2,1	2,2	0,037
	2,5	2,43	0,041
	3	2,69	0,045

4.5.1. Caudal

O sistema será composto por 88 aspersores, tendo cada vidro dois aspersores, para poder haver uma melhor garantia de um espalhamento de água por toda a sua superfície - não é possível afirmar que toda a superfície do vidro tenha uma película de água com a mesma espessura em toda a sua área, devido ao facto de que, no instante inicial o escoamento não é completamente desenvolvido.

O caudal total é então calculado pela soma do caudal de cada aspersor a trabalhar com uma determinada pressão. Estes valores de caudal são retirados dos catálogos de produtos de rega.

$$A_{Total\ Telhado} = 296,4\ m^2$$

$$A_{estrutura\ Total} = 13,8\ m^2$$

$$A_{envidraçada} = A_{Total\ Telhado} - A_{estrutura\ Total} = 296,4 - 13,8 = 282,6\ m^2$$

Os cálculos serão feitos tendo em consideração a pressão recomendada pelo fabricante dos aspersores que, neste caso será de 2,1 bar.

Caudal para Pressão de 2.1 bar:

$$Caudal_T = Caudal_{Aspersor} \times N^o_{Aspersores} = 0.037 \times 88 \cong 3,26 \text{ l/s} = 0,00326 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Caudal_{Aspersor} = 3,7 \times 10^{-5} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

4.5.2. Cálculo da espessura da película de água e da velocidade de escoamento

Se o escoamento de um líquido com superfície livre estiver limitado por paredes laterais, diz-se que aquele se dá em canal aberto. A superfície livre está normalmente sujeita à pressão atmosférica e, como esta é uniforme, o escoamento é provocado pelo peso do fluido.

Este tipo de escoamento pode ser uniforme quando a velocidade do líquido não varia; e permanente se, em cada ponto do canal a velocidade e profundidade forem constantes no tempo. O escoamento mais fácil de abordar, do ponto vista analítico, é o uniforme permanente, por isso vai considerar-se que é o que acontece no caso em apreço, (Massey, 2002).

Escoamento permanente uniforme – Equação de Chézy e Manning

A uniformidade de condições, ao longo de um dado comprimento de canal, só é conseguida se: não houver factores que provoquem uma mudança de profundidade da corrente; não houver alteração da secção recta do escoamento e; não houver variação da rugosidade dos contornos sólidos. A fórmula fundamental que descreve o escoamento uniforme é devida ao engenheiro francês *Antoine de Chézy*, que fez a análise dos resultados das experiências que realizou, tendo depois sido continuada por *Manning*. Para este cálculo, as únicas forças que importam considerar são as da gravidade e a resistência exercida pelo fundo e lados do canal sobre o líquido. O *perímetro molhado* é a parte do perímetro em que o líquido contacta a superfície sólida, (Massey, 2002). A fórmula de *Manning* é a seguinte:

$$u = \frac{m^{2/3} \times s^{1/2}}{n} \text{ (m/s)}$$

Sendo,

n – Factor de rugosidade de Manning (Valor de n para utilizar com unidades metro-segundo, para Argamassa lisa, madeira aplainada, vidro = 0,010);

u – Velocidade de escoamento, m/s;

m – Raio hidráulico da secção, m;

s – Declive.

O cálculo da espessura da película de água e da velocidade de escoamento sobre o vidro foi feito para um aspersor, assumindo que o caudal deste cobre metade da área de cada vidro.

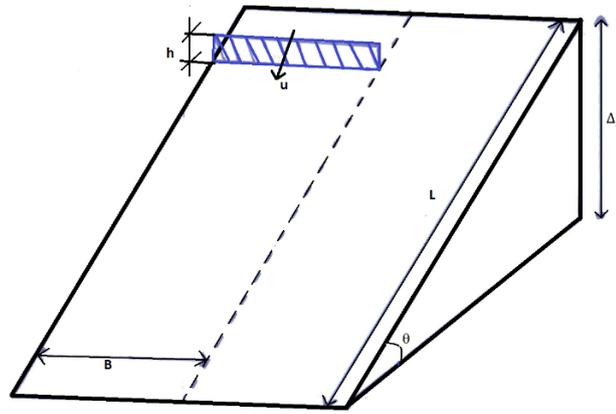


Fig. 63 – Esquema em corte do escoamento sob o vidro

A expressão do caudal pode ser definida por:

$$Q = u \times (b \times h),$$

Sendo:

Q – Caudal – m^3/s ;

u – Velocidade – m/s ;

b – Largura – m ;

h - Espessura da película de água – m .

Cálculo

Dados:

- $Q = 3,7 \times 10^{-5} (m^3/s)$
- $B = 0,5 m$

Parâmetros:

- Declive (s) = $\Delta_z/L = 1/6 \approx 0,17$
- Área (A) = $B \times h$
- Perímetro Molhado (P) = B ; sendo esta a parte do perímetro em que o líquido contacta a superfície sólida.
- Raio hidráulico (m) = $A/P = h$
- Velocidade (u) = $Q/B \times h$

Resultado:

$$\frac{m^{2/3} \times s^{1/2}}{n} = \frac{Q}{B \times h} \Leftrightarrow \frac{h^{2/3} \times 0,17^{1/2}}{0,010} = \frac{3,7 \times 10^{-5}}{0,5 \times h} \Leftrightarrow h \approx 0,00035m = 0.35mm$$

$$u = \frac{Q}{B \times h} = \frac{3,7 \times 10^{-5}}{0,5 \times 0.00035} \approx 0,21 m/s$$

4.5.3. Troços do sistema de deslizamento de água

Para uma simplificação do dimensionamento e compreensão o sistema global, este será dividido em três troços:

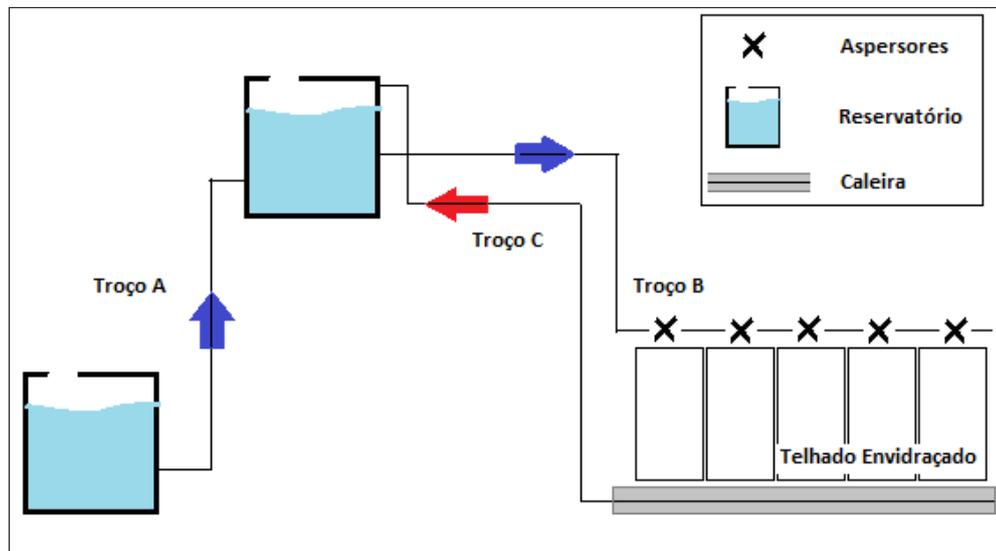


Fig. 64 – Esquema ilustrativo do sistema de deslizamento de água

- i. Troço A - Tem início no piso técnico do andar -1, e será o troço de bombagem de água freática do reservatório já existente até ao reservatório do sistema.
- ii. Troço B - Tem início no reservatório do sistema, está instalado na cobertura do piso 2 e contempla os 88 aspersores;
- iii. Troço C - É para recolha de água, através das caleiras, da água aspersada para o telhado, a ser bombeada de regresso ao reservatório do sistema.

Os acessórios de cada troço estão apresentados em pormenor no Anexo VII, da presente monografia.

4.5.3.1 Dimensionamento do troço A

O sistema é dimensionado para a necessidade máxima de funcionamento e para as condições mais desfavoráveis do sistema global, que acontecem quando a taxa de evaporação da água aspersada é de 100%, isto é, o equivalente a que toda a água aspersada durante uma hora seja evaporada – neste caso ter-se-á a necessidade de reposição de um caudal de $11,44 \text{ m}^3/\text{h}$, sendo este o caudal máximo que a bomba tem que suportar, o qual é calculado para 88 aspersores a trabalhar com uma pressão de 2,1 bar. O caudal será bombeado a partir de um reservatório aberto, com uma capacidade de 13.000 litros de água, já existente no piso técnico -1. Este reservatório é abastecido por água freática captada através de uma bomba submersível, já instalada, controlada por um sensor de ultrassons que faz a medição do volume de água existente no depósito para assim fazer a reposição do nível quanto necessário.

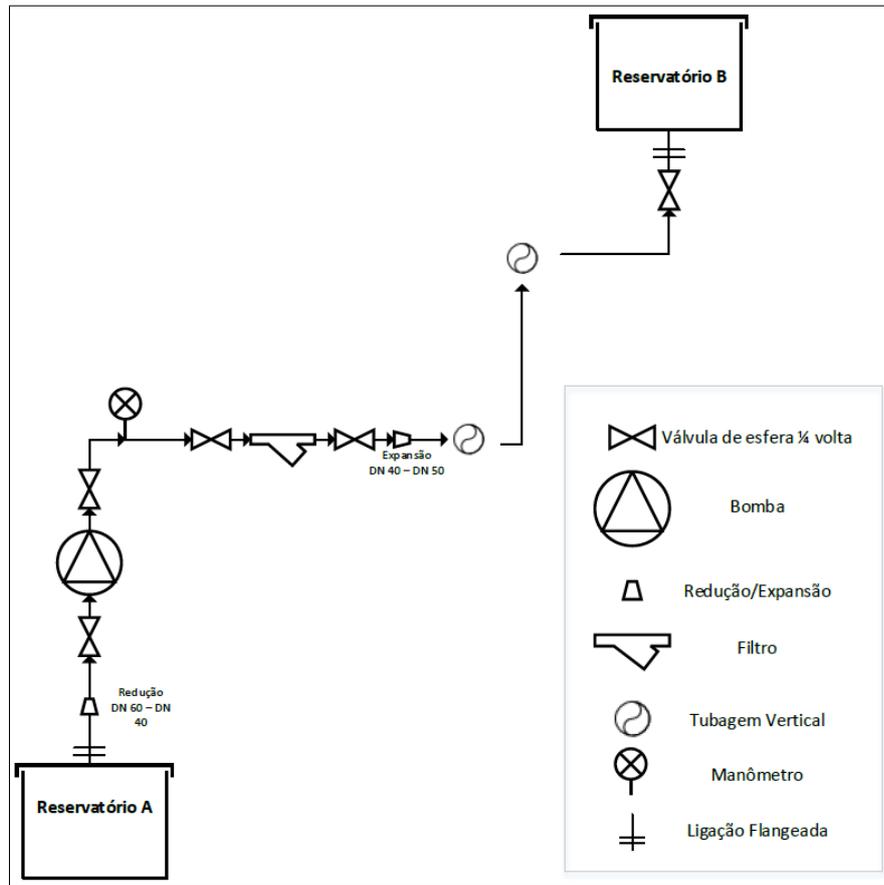


Fig. 65 – Esquema simplificado do trecho A

Cálculo do diâmetro da tubagem

Para o cálculo do diâmetro da tubagem foi utilizada a velocidade recomendada para escoamento de água em tubagens industriais (1-2,2 m/s), (Telles, 1999).

$$Q = v \times A \Leftrightarrow Q = v \times \pi \times \left(\frac{D^2}{4}\right) \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{v \times \pi}} \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{0,00318 \times 4}{1,9 \times \pi}}$$

$$\Leftrightarrow D \cong 0,046 \text{ m} = 46 \text{ mm}$$

Os cálculos precedentes estão de acordo com a norma DN50, para um diâmetro interno de 47.5 mm e uma tubagem PVC PN10 (EN ISO 1452).

Cálculo da curva de instalação e escolha da bomba

O cálculo da curva de instalação é fundamental para a escolha e dimensionamento da bomba, sendo através desta que se sabe as condições de funcionamento da bomba na instalação, pois é no ponto de intersecção entre a curva da instalação e a curva de funcionamento da bomba que se sabe o funcionamento do sistema.

A curva da instalação é calculada tal como descrito no “Capítulo 3.5 – Tubagens”, sendo seguidamente representado o cálculo efectuado para o dimensionamento do trecho A.

Na primeira fase, a partir do caudal e do diâmetro interno da tubagem, faz-se o cálculo da velocidade de escoamento; o resultado para este troço é de 1,79 m/s.

Q=A x v	
Q [m ³ /h] =	11,44
D [mm] =	47,5
v [m/s] =	1,79

Fig. 66 – Cálculo da velocidade de escoamento troço A

De seguida é feito o cálculo das perdas de carga, tanto localizadas, como contínuas. As primeiras dizem respeito aos acessórios presentes na instalação; as segundas dizem respeito à perda de energia por dissipação de calor por atrito nas paredes da tubagem.

Perdas localizadas				Perdas contínuas	
Acessórios	K _L	Nº	Total	Material Tubagem	
Saida da canalização	1	1	1	e(mm) =	0,007
Válvula Esfera	0,15	5	0,75	D(mm) =	47,5
Curva 90°	0,9	8	7,2	e/d =	0,000147
Joelho 45°	0,5	4	2	Re =	85180,47
Tê	0,2	1	0,2	λ =	0,018104
Filtro	10	1	10	Comprimento Tubagem (m) =	45
Saida depósito	0,5	1	0,5	Total K _c =	17,15108
Contração	0,5	1	0,5		
Expansão	0,9	1	0,9		
TOTAL K _L			23,05		

Fig. 67 – Cálculo das perdas de carga ao longo da tubagem

Depois de calculadas as perdas e a velocidade de escoamento é então feito o cálculo da curva da instalação.

Eq. Curva Instalação	
$H_i = H_o + k' \times Q^2$	
H _o =	17
K _T = K _c + K _L	
K _T	40,2
$K' = (8 \times K_T) / (g \times \pi^2 \times d^4)$	
K'	652506

Fig. 68 – Cálculo da curva da instalação

Resultados

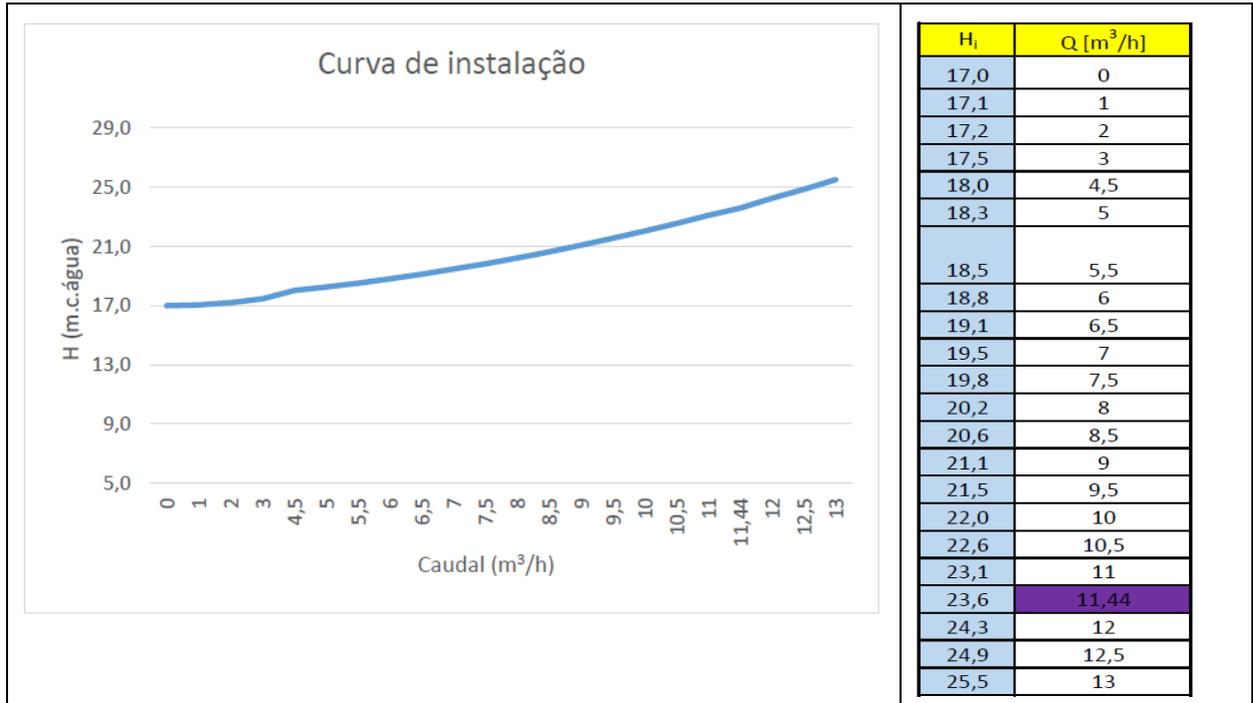


Fig. 69 – Curva de instalação e respectiva tabela

Depois de ter a curva da instalação pode fazer-se a intersecção com a curva da função de funcionamento da bomba, tal como representado na figura 70.

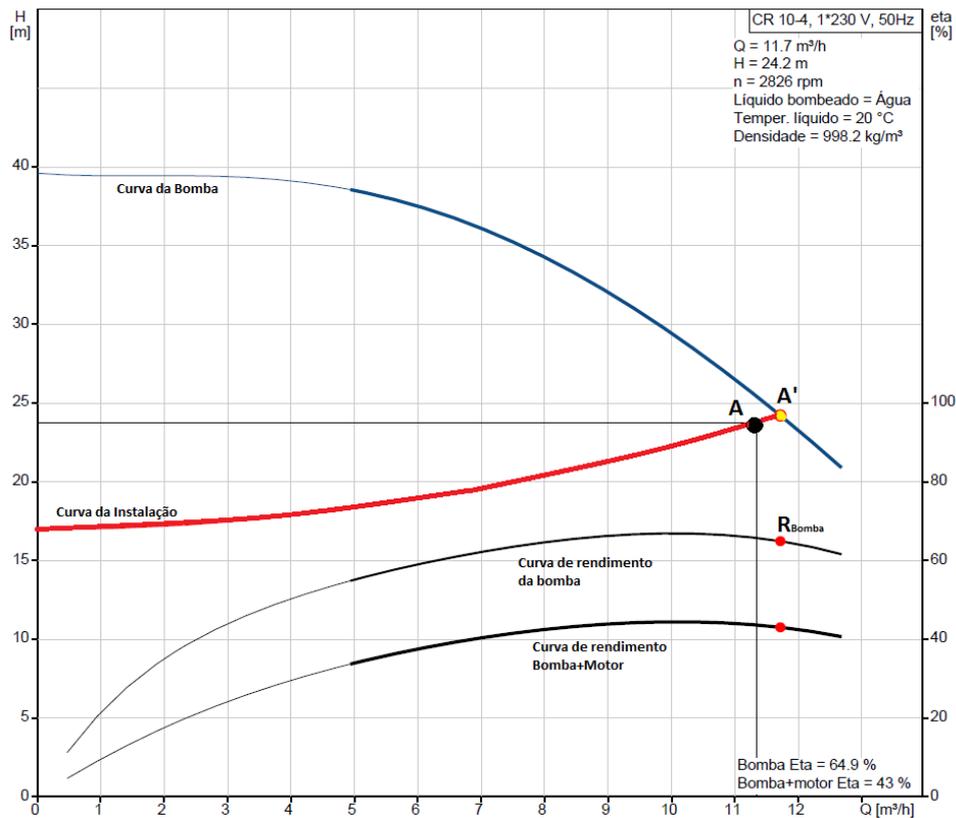


Fig. 70 – Curva da instalação do troço A vs curva característica da bomba

Através da curva da instalação representada na figura 70, a cor vermelha, pode concluir-se que, para um caudal de $11.44 \text{ m}^3/\text{h}$, ter-se-á um $H_i = 23.6 \text{ m}$ (representado pela letra A). Intersectando a curva de instalação com a curva de funcionamento da bomba, o ponto de cruzamento, A', será o ponto de funcionamento da bomba para a instalação calculada, correspondendo a um débito de caudal de $11.7 \text{ m}^3/\text{h}$ e um $H_i = 24.2 \text{ m}$. A bomba, a trabalhar nestas condições, apresenta um rendimento de 64.9% e o conjunto de bomba+motor eléctrico apresenta um rendimento de 43%.

A bomba escolhida é da marca *Grundfos* CR 10-04 50 Hz possuindo características que lhe permitem vencer uma perda de carga de 23.6 m para um caudal de $11.44 \text{ m}^3/\text{h}$.



<i>Principais características da bomba</i>	
•	<i>Bomba centrífuga multicelular vertical, não auto-ferrante.</i>
•	<i>Motor CA de 1 fases</i>
•	<i>Gama de temp: -20°C a 120°C</i>
•	<i>Potência eléctrica 1,5 kW</i>
•	<i>Frequência da rede: 50 Hz</i>
•	<i>Tensão nominal: 1 x 220-230/240 V</i>
•	<i>Corrente nominal: 9,90/8,90 A</i>

Fig. 71 – Bomba Grundfos CR 10-04 50 Hz

Dimensionamento Troço B

O dimensionamento do troço B requer alguma atenção na vertente da energia de pressão existente ao longo da tubagem, pois o caudal de saída de cada aspersor é influenciado pela pressão de funcionamento, isto é, quanto maior a pressão de funcionamento, maior o caudal debitado. A pressão recomendada de funcionamento para os aspersores é de 2,1 bar, logo, para o presente dimensionamento foi considerado um intervalo de pressão entre 2,5 e 2,0 bar.

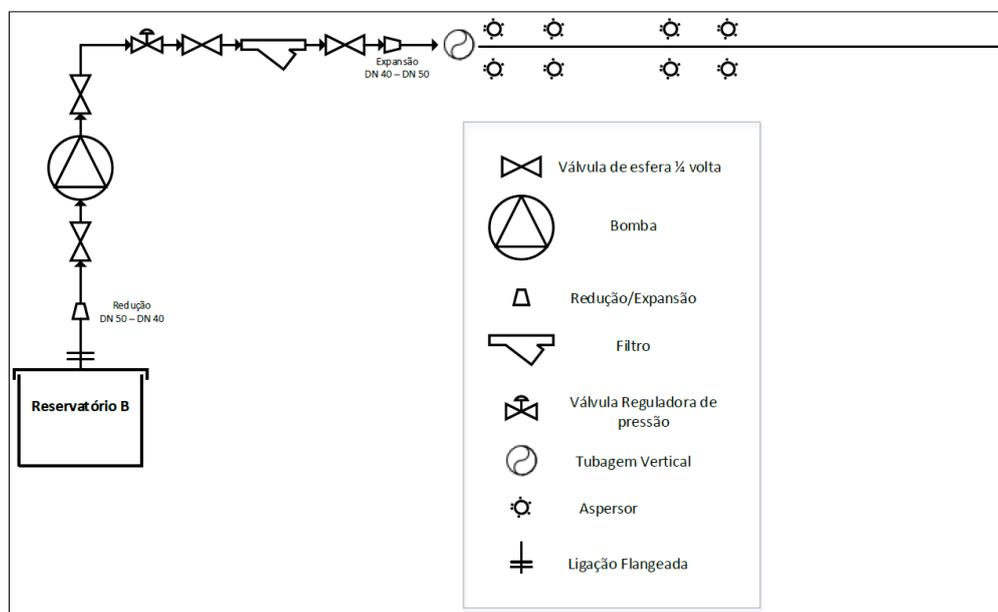


Fig. 72 – Esquema simplificado do troço B

A bomba terá de vencer a perda de carga, continua quando se refere ao atrito do fluído com as paredes da tubagem e as localizadas quando se referem aos acessórios, tal como válvulas, curvas no trajecto e filtro. Através do ábaco do fabricante pode constatar-se que o filtro instalado na tubagem, para um caudal de $11.44 \text{ m}^3/\text{h}$, terá uma perda de carga de, aproximadamente 0,24 bar, logo, a bomba deve ser dimensionada de forma a que se consiga ultrapassar esta perda de carga e chegar ao início da linha de aspersores com uma pressão de 2,2 bar, tal como demonstrado no Anexo III.

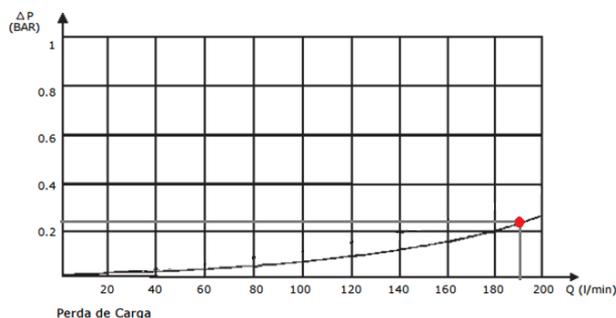


Fig. 73 – Perda de carga do filtro (ábaco do fabricante)

Foi feito o cálculo que permite saber a pressão de trabalho para cada conjunto de dois aspersores, havendo um total de 44 conjuntos. Neste cálculo é considerada a perda de carga ao longo da tubagem por atrito e a perda de carga nos acessórios. É também considerada a energia cinética e a energia de pressão para se ter a avaliação do que acontece ao longo do troço. Foi também estudada a possibilidade de haver um aumento do diâmetro da secção da tubagem ao longo do troço a fim de haver uma conversão de energia cinética em energia de pressão, já que o objectivo é manter uma pressão constante ao longo de toda a tubagem, para que os aspersores tenham um funcionamento igual, a nível da pressão, e, conseqüentemente de caudal. Os cálculos para este troço estão representados numa folha *Excel*, no Anexo III, onde se pode ver que o primeiro conjunto de aspersores funciona com uma pressão de 2,17 bar, e o último conjunto, funciona com uma pressão de 2,07 bar, para uma pressão no início da tubagem de 2,2 bar – estes valores são calculados para um diâmetro interno da tubagem de 47,5 mm (DN50) com uma velocidade de escoamento de 1,84 m/s, um comprimento de tubagem de 23 m e com 44 conjuntos de aspersores (88 aspersores no total). A diferença de pressão não é muito elevada (aproximadamente 0,1 bar), logo não há uma grande discrepância do caudal debitado entre o primeiro conjunto e o último. Assim, pode ter-se a noção do caudal debitado por cada conjunto de aspersores e saber o caudal que é realmente aspersado para cada vidro. Havendo a possibilidade de analisar a pressão de cada conjunto de aspersores, pode demonstrar-se o que um aumento da secção no diâmetro da tubagem pode provocar, e concluir-se que se teria um aumento da energia de pressão mas, por razões construtivas e de instalação, conclui-se que uma tubagem DN50 estará em condições de atingir o objectivo do troço.

Por consequência, este troço será composto por uma bomba, da marca *Grundfos* CR 10-05 50 Hz, possuindo características que lhe permitem trabalhar de maneira a ter uma pressão de 2,2 bar no início da tubagem, com os conjuntos de aspersores, para um caudal de $11.44 \text{ m}^3/\text{h}$. O sistema terá um regulador de pressão posterior à bomba, onde o utilizador conseguirá regular

a pressão pretendida, que no presente caso será de 2,6 bar, considerando a perda de carga de 0,24 bar que haverá no filtro e a perda de carga, desde o início da instalação até ao início dos aspersores - seis metros de tubagem com vários acessórios, entre estes, válvulas e curvas a 45° - para que no início da tubagem se tenha uma pressão de 2,2 bar.

Cálculo da curva de instalação e escolha da bomba

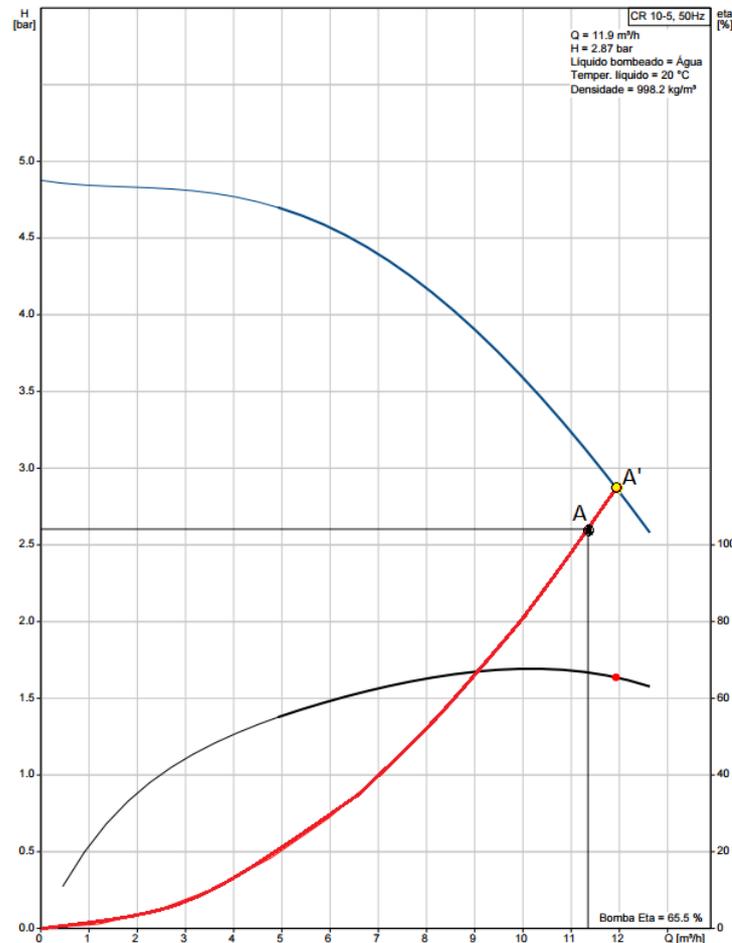


Fig. 74 – Curva de instalação troço B VS curva característica da bomba

Através da curva de instalação representada na Figura 74, a cor vermelha, cujos cálculos estão representados no Anexo IV, pode ver-se que, para um caudal de $11.44 \text{ m}^3/\text{h}$ pretende-se uma pressão de 2,6 bar (representado pela letra A). Intersectando a curva de instalação com a curva da bomba, o ponto de cruzamento, A', será o ponto de funcionamento da bomba para a instalação calculada, correspondendo a um débito de caudal de $11,9 \text{ m}^3/\text{h}$ e a uma pressão de $H_i = 2,87 \text{ bar}$. A bomba, a trabalhar nestas condições, apresenta um rendimento de 65,5%. Como o ponto de funcionamento da bomba com esta instalação não é o pretendido, tem que se utilizar uma válvula reguladora de pressão e, por consequência controlar o caudal, assim, pode regular-se a pressão para o valor desejado, neste caso 2,6 bar.

A bomba escolhida é da marca *Grundfos* CR 10-05 50 Hz, possuindo características que lhe permitem ter uma pressão de 2,2 bar no início da tubagem dos aspersores, com um caudal de $11.44 \text{ m}^3/\text{h}$.

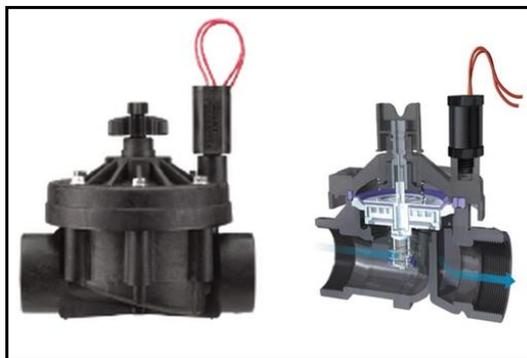


Principais características da bomba

- Bomba centrífuga multicelular vertical, não auto-ferrante.
- Motor CA de 1 fases
- Gama de temp: -20°C a 120°C
- Potência eléctrica 2,2 kW
- Frequência da rede: 50 Hz
- Tensão nominal: 1 x 220-230/240 V
- Corrente nominal: 14,0 – 13,6/12,6 A

Fig. 75 – Bomba Grundfos CR 10-05 50 Hz

Com o objectivo de ter o controlo mais exacto possível na pressão no troço será instalada uma válvula reguladora de pressão.



Principais características da válvula

- Pressão mínima: 1,4 bar
- Regulação de pressão: 1,4 a 7,0 bar
- Regulador de pressão para tubagem DN40
- Ligação roscada DN 40

Fig. 76 – Válvula reguladora de pressão

O regulador de pressão terá características que permitem uma fácil regulação, bastando colocar no indicador do regulador o valor da pressão pretendida.

Dimensionamento do Troço C

O dimensionamento do troço C será composto pela bomba utilizada para a bombagem da água recolhida pela caleira até ao reservatório do sistema presente na cobertura do piso 2. Este troço C será implementado em duplicado, um para cada lado do telhado, bastando assim fazer o dimensionamento para um dos lados. O dimensionamento será feito para as condições mais desfavoráveis que, neste caso, é para a situação em que não acontece nenhuma evaporação de água sobre o telhado, fazendo com que o caudal recolhido por uma caleira seja de 5.7 m³/h.

Cálculo da curva de instalação e escolha da bomba

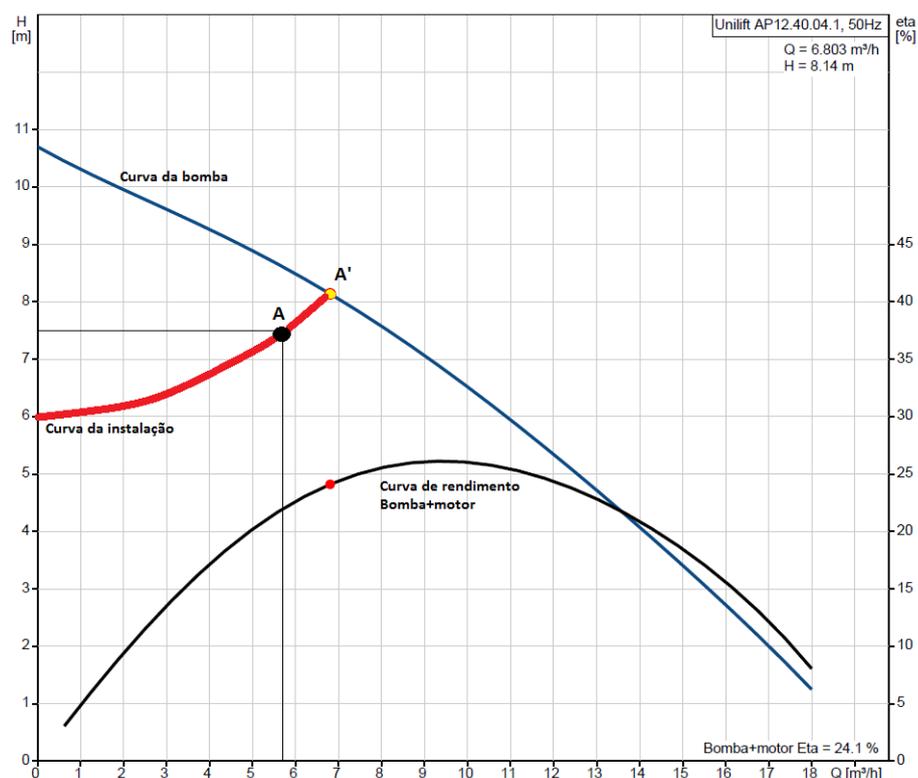


Fig. 77 – Curva de instalação troço C vs curva característica da bomba

Através da curva de instalação representada na Figura 77 a cor vermelha, cujos cálculos se encontram no Anexo IV, pode concluir-se que, para um caudal de $5.7 \text{ m}^3/\text{h}$ tem-se um $H_i = 7.5 \text{ m}$, representado pela letra A. Intersectando a curva de instalação com a curva da bomba, o ponto onde se cruzam, A', será o ponto de funcionamento da bomba para a instalação calculada, correspondente a um débito de $6.8 \text{ m}^3/\text{h}$, com uma capacidade $H_i = 8.14 \text{ m}$. A bomba, a trabalhar nestas condições, apresenta um rendimento de conjunto, bomba+motor, de 24,1%.

A bomba escolhida é uma *Grundfos CR Unilift AP12.40.04.1* capaz de vencer uma perda de carga de 7.5 m para um caudal de $5.7 \text{ m}^3/\text{h}$. Esta bomba é do tipo submersível e adequada para o bombeamento de águas de superfície, águas subterrâneas, águas pluviais e semelhantes; inclui um sensor de nível de água incorporado.



Principais características da bomba

- Bomba submersível de drenagem
- Gama de temp: 0°C a 55°C
- Potência eléctrica: $0,7 \text{ kW}$
- Frequência da rede: 50 Hz
- Tensão nominal: $1 \times 230 \text{ V}$
- Corrente nominal: 3 A

Fig. 78 – Bomba Grundfos CR Unilift AP12.40.04.1

4.5.4. Funcionamento do sistema/sensores

O controlo da instalação é um ponto fundamental para que o correcto funcionamento esteja garantido, bem como a sua eficiência, designadamente a nível dos gastos impróprios, com ênfase na electricidade – desprezam-se os inerentes à água freática, já que esta existe em grande abundância na área do HPC.

O sistema funcionará então com um controlo de tempo ou um sensor luminoso para que durante a noite se desligue; também apresentará um sensor de chuva para que o sistema se desligue quando tal acontecer. O reservatório instalado na cobertura terá de ter um sensor de nível com um limite mínimo para que, quando este for atingido, a bomba instalada no piso -1 faça o bombeamento da água freática que já permanece no reservatório de 13.000 litros para o reservatório da cobertura, para que nunca falte água nos aspersores. O reservatório instalado no piso -1 já possui um sensor de nível que faz comutação com a bomba submersível instalada no poço onde é recuperada a água freática. A bomba que faz a recuperação da água proveniente do deslizamento sobre o telhado também já possui um sensor de nível incorporado.

4.5.5. Suportes de tubagem

Um elemento fundamental numa instalação é o seu suporte, pois tem funções, tais como suportar o peso da tubagem, limitar o movimento dos tubos e absorver vibrações. A presente instalação é simples, atendendo a que é constituída por um tubo principal em cada troço, logo a sua fixação será através de abraçadeiras metálicas com protecção em borracha (figura 79).



Fig. 79 – Abraçadeira metálica com protecção em borracha

Nos troços A e B, as bombas instaladas têm necessidade de uma estrutura metálica para se segurar a bomba. As abraçadeiras terão de ter diferentes diâmetros de acordo com os diâmetros dos tubos. No caso do troço B, o tubo será instalado por cima do telhado envidraçado; terá abraçadeiras em intervalos de 1,1 m, pois a estrutura metálica permite uma fixação roscada entre estes intervalos, tal como se pode verificar na figura 80, pois é onde a estrutura metálica apresenta “vigas” mais largas e onde é possível fazer os furos para as abraçadeiras.



Fig. 80 – Estrutura metálica do telhado envidraçado

Nos casos em que as abraçadeiras estão no exterior, tem que se utilizar anilhas de borracha para garantir a estanqueidade entre o furo e o parafuso, para que não haja entrada de água para o interior do edifício. Esta anilha deve ser resistente à radiação solar e às diversas condições atmosféricas, para que não haja o risco de ficar ressequida e perder a funcionalidade para a qual foi destinada.



Fig. 81 – Anilha de borracha para isolamento

4.6. Resultados previstos com deslizamento de água

Com base nas percentagens de atenuação da radiação que entra no edifício, tendo como referência o estudo precedente, foi utilizado o *software* *CYPE* que permite discriminar a energia proveniente da radiação solar através dos envidraçados, por condução, entre outros. O que importa realmente é calcular a energia proveniente da radiação solar através do envidraçado do telhado, tanto por radiação como por condução; estes cálculos foram executados para o piso 1 do HPC, onde o telhado é o único vão envidraçado. Para este cálculo foi considerado que o escoamento de água atenuava em 15% a radiação que entrava pelo telhado. Não se poderia retirar 15% do valor da energia que entra no *hall* por radiação sem escoamento de água pelo telhado porque se estava a cometer um erro significativo, já que a energia da radiação tem efeito no material que a absorve, tendo cada material uma emissividade específica. Para que os cálculos sejam ainda mais pragmáticos foi criado um “dispositivo virtual”, de 0.35mm de sombreamento exterior, com uma propriedade de atenuação de 15%, somente na radiação solar, não havendo transmissão de calor por condução através desse “dispositivo virtual”.

O escoamento de água sobre o telhado envidraçado vai fazer com que a temperatura da superfície do vidro seja reduzida quando comparada a não ter escoamento de água; isto faz com que a energia que entre por condução seja recuperada pela água. Para esse cálculo foi considerado que a água recuperava toda a energia que entrada no *hall* por condução através do

telhado envidraçado. É importante referir que os cálculos são feitos para o dia mais crítico do ano, neste caso o dia 21 de Julho.

Tabela 10 – Energia sob a forma de radiação no telhado com/sem deslizamento de água

	SEM ÁGUA	COM ÁGUA
Energia por radiação do telhado (Piso1)	94614,4 W	81671,9 W
Energia por radiação (Piso 0)	9105,5 W	9105,5 W
Total (por radiação)	103720 W	90777,4 W
Energia por condução do telhado (Piso1)	2873 W	

Tal como representado na tabela 10 pode observar-se que a energia sob a forma de radiação que entra pelo telhado envidraçado é de 94.614,4 Watt e, por condução pelo telhado, de 2.873 Watt. A energia total radiativa proveniente da radiação solar no *hall* é de 103.720 Watt, onde estão englobados os vão envidraçados do piso 0.

Através de uma análise de resultados, só a energia referente ao telhado envidraçado é que tem relevância. Pode ainda observar-se pela Tabela 10 que, se houver um escoamento de água sobre o telhado, a radiação é atenuada e dará um resultado de energia transmitida de 81.671,9 Watt, o que representa uma atenuação de energia sob a forma de radiação de 13,7% do total da energia que o telhado transmite sob a forma de radiação. Tal como considerado em relação à condução, pode dizer-se que são recuperados 2.873 Watt de energia.

Com um total de 128.778 Watt de energia térmica para manter as condições de conforto no *hall*, tal como mostra a tabela 7, com um escoamento de água de 0.35 mm, recupera-se então 12.942,5 W de energia sob forma de radiação mais 2.873 Watt sob forma de condução, isto faz com que, através do escoamento de água a necessidade térmica de arrefecimento desça para 112.962,5 Watt, isto é, tenha uma recuperação de 12.3% do total necessário para a climatização deste enorme espaço. Por consequência, pode observar-se que o projecto não vai resolver completamente o problema do desequilíbrio térmico do *hall*, mas vai ajudar a reduzir a temperatura interior e a criar um efeito visual agradável para quem frequentar o Hospital Pediátrico de Coimbra, não esquecendo que os utentes prioritários são as crianças. Neste caso não é considerada a reflectividade da radiação solar por parte da água nem a quantidade de energia que será recuperada pela evaporação da água que é o principal efeito para baixar a quantidade de energia que entra no interior; por consequência, pode afirmar-se que o sistema pode ser uma mais-valia e ter resultados razoáveis no corte da energia excessiva.

Também existem estudos que revelam que a reflectividade por parte da superfície da água não é constante, o que implica que a radiação reflectiva depende do ângulo de incidência dos raios solares. Existem estudos que apresentam resultados para um ângulo de incidência de 60°, em que a reflectão é de 6-10%; para um ângulo de 10° consegue-se aproximadamente 60% de reflectão. A água também apresenta atenuação graças à radiação que absorve e ao efeito da dispersão da radiação que provoca.

“A quantidade de radiação refletida depende das condições da superfície da água (plana ou ondulada/consequência ação do vento) e, principalmente do ângulo de incidência da radiação sobre a superfície da água.

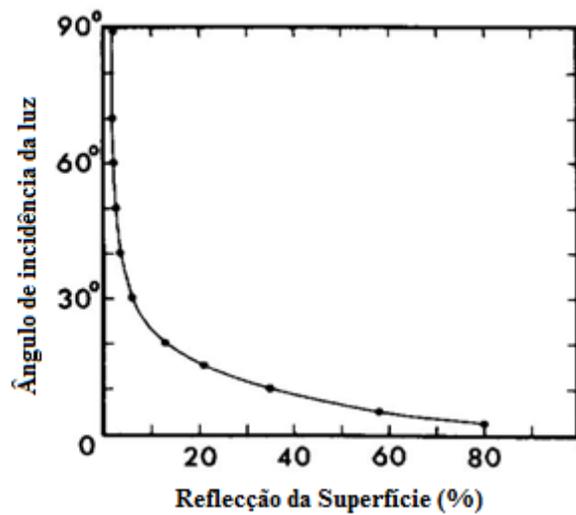


Fig. 82 – Ângulo de incidência solar vs Reflexão da Superfície

A primeira alteração que a radiação sofre ao penetrar na água é a mudança de direcção devido ao fenómeno da refacção (redução da velocidade da luz a entrar no meio líquido). Posteriormente, parte da radiação é absorvida e transformada em outras formas de energia: Energia calorífica (aquecimento da água) , (Nascimento, 2011).

Capítulo 5 – Caderno de Encargos

5. Caderno de Encargos

O Caderno de Encargos (CE) é um elemento estratégico em qualquer organização e, em particular, tal como no caso presente, nas instituições públicas, quer na vertente da aquisição de bens quer na contratualização de serviços.

No primeiro caso têm ênfase as questões inerentes ao ciclo de vida (Life Cycle Cost – LCC), e ao retorno do investimento (ROI - Return On Investment) expectável para esses mesmos bens.

No que concerne à aquisição de serviços e, em particular, de manutenção de instalações e equipamentos, importa atender às normas nacionais e internacionais, equilibrando da forma mais adequada possível os direitos e deveres dos contraente e do dono da obra, tendo como objectivo a maximização da disponibilização dos activos físicos

5.1. Aquisição de um bem ou serviço

A manifestação da necessidade de aquisição de um bem ou serviço por parte de uma Organização pode ser dividida em dois casos:

- I. Recorrente – corresponde à aquisição de bens ou serviços cuja quantidade é avaliada com uma periodicidade anual, através de um algoritmo que se baseia no seu histórico de aquisições e de consumo;
- II. Pontual – Quando a empresa manifesta a necessidade de aquisição, que pode ter várias causas, tais como a necessidade de substituição de um equipamento por ter chegado ao fim do seu ciclo de vida, por necessidade de actualização tecnológica, por determinado contrato de serviço ter chegado ao seu término, entre outras.

5.1.1. Enquadramento legal

A abordagem feita no presente capítulo aos cadernos de encargos visa o desenho de uma metodologia genérica, a qual tem duas vertentes, uma técnica e outra legal. A primeira é transversal a qualquer organização, pública ou privada; a segunda dá ênfase à contratação pública - os contratos públicos são os celebrados pelas entidades adjudicantes previstas no Código dos Contratos Públicos (CCP).

O CCP, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro, define as regras para a aquisição e locação de bens e serviços, visando, em primeira linha, transpor as directivas comunitárias relativas à celebração de contratos públicos de empreitada de obras públicas, de locação ou aquisição de bens móveis e de aquisição de serviços (Directivas 2004/18/CE e 2004/17/CE, ambas do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de Março de 2004).

Destacam-se, no entanto, três princípios que são especialmente aplicáveis à contratação pública, os quais enformam as soluções jurídicas criadas pelo legislador do CCP e aos quais se deve fazer apelo aquando da interpretação das suas normas:

- I. Princípio da transparência - promovido pela regra da desmaterialização total e obrigatória dos procedimentos pré-contratuais;
- II. Princípio da igualdade - que opera, particularmente ao nível da participação dos interessados nos procedimentos;

- III. Princípio da concorrência - potenciado pela utilização de mecanismos mais rigorosos, tais como, por exemplo, o modelo de avaliação das propostas.

No que diz respeito ao valor do contrato, este corresponde ao valor máximo do benefício económico que, em função do procedimento adoptado, pode ser obtido pelo adjudicatário com a execução de todas as prestações que constituem o seu objecto (artigo 17.º). Este conceito é utilizado para efeitos de escolha do procedimento;

Todos os procedimentos pré-contratuais (com excepção do ajuste directo) são publicitados no Diário da República (DR) mediante anúncio enviado à Imprensa Nacional – Casa da Moeda, através de meios electrónicos, conforme o formato e as modalidades de transmissão indicados no portal do Diário da República Electrónico (DRe) – cf. www.dre.pt.

A publicação dos anúncios é efectuada em tempo real, no caso dos concursos públicos urgentes e, nos dois outros casos, no prazo máximo de 24 horas. O anúncio, ou um resumo dos seus elementos mais importantes pode, posteriormente ser divulgado por qualquer outro meio considerado conveniente pela entidade adjudicante, nomeadamente através da sua publicação em plataforma electrónica.

Tabela 11 – Escolha do procedimento concursal em função do valor do contracto

Ajuste Directo			
Entidade Adjudicante	Tipo de Contrato	Valor do Contrato	
Sector público administrativo tradicional	Aquisição de planos, de projectos ou de criações conceptuais nos domínios da arquitectura ou da engenharia	<25.000 Euros	
	Restantes contratos (bens ou serviços)	<75.000 Euros	
"Organismos de direito público"	Qualquer contrato (bens ou serviços)	<206.000 Euros	
Concurso público sem anúncio no JOUE			
Entidade Adjudicante	Tipo de Contrato	Valor do Contrato	
Sector público administrativo tradicional	Estado	Contratos especiais	<206.000 Euros
		Restantes contratos	<133.000 Euros
	Restantes	Bens ou serviços	<206.000 Euros
"Organismos de direito público"		Bens ou serviços	<206.000 Euros

As peças documentais do procedimento aplicáveis a cada tipo de situação encontram-se sintetizadas na tabela 12.

Tabela 12 – Procedimentos e respectivas peças documentais

Procedimentos	Peças documentais
Ajuste directo	Convite à apresentação das propostas
	Caderno de encargos
Concurso público	Programa do procedimento
	Caderno de encargos
Concurso limitado por prévia qualificação	Programa do procedimento
	Convite à apresentação das propostas
	Caderno de encargos
Procedimento de negociação	Programa do procedimento
	Convite à apresentação das propostas
	Caderno de encargos
Diálogo concorrencial	Programa do procedimento
	Convite à apresentação das soluções
	Convite à apresentação das propostas
	Memória descritiva
	Caderno de encargos

O programa de procedimento é o regulamento que define os termos a que obedece a fase de formação do contrato até à sua celebração, o qual consiste num guia do procedimento pré-contratual que contém os passos inerentes ao concurso.

O caderno de encargos é a peça do procedimento que contém as cláusulas a incluir no contrato a celebrar, ou seja, o caderno de encargos deve funcionar como um projecto de contrato, prevendo as obrigações de ambas as partes em sede de execução contratual.

As cláusulas do CE dizem respeito a aspectos da execução do contrato a celebrar, designadamente as seguintes: o preço; o prazo; a qualidade; a garantia; as características; entre outras. Estes aspectos podem, ou não, estar submetidos à concorrência, ou seja, podem ser totalmente ou parcialmente deixados “em branco” para os concorrentes preencherem com as suas propostas, ou podem ser definidos de forma “fechada”, no sentido de não admitirem ou de lhes ser indiferente que os concorrentes proponham artigos diferentes.

A proposta é constituída pelos seguintes documentos:

- a) Declaração do concorrente de aceitação do caderno de encargos;
- b) Documentos que contenham os atributos da proposta, de acordo com os quais o concorrente se dispõe contratualizar;
- c) Documentos eventualmente exigidos pelo programa do procedimento que contenham os termos ou condições aos quais a entidade adjudicante pretende vincular o concorrente;
- d) Documentos que contenham os esclarecimentos justificativos da apresentação de um preço anormalmente baixo.

Em relação ao critério de adjudicação, O CCP, na senda das directivas comunitárias, mantém a dicotomia entre o critério do preço mais baixo e o critério da proposta economicamente mais vantajosa. O n.º 2 do artigo 74.º adverte que só pode ser adoptado o critério do preço

mais baixo quando o caderno de encargos defina todos os restantes aspectos da execução do contrato, submetendo à concorrência apenas o preço a pagar pela entidade adjudicante. Os aspectos precedentes são tratados no ponto seguinte, o qual apresenta uma possível metodologia de cálculo para sustentar a análise da vertente económica, designadamente no que concerne à aquisição de equipamentos e instalações técnicas. Neste âmbito são ainda analisados os aspectos inerentes à recepção e instalação dos activos, que são aspectos estratégicos para garantir o seu adequado ciclo de vida.

5.1.2. Especificações funcionais

As especificações funcionais devem constar de um documento onde são descritas todas as funcionalidades que o bem ou serviço terá.

Os requisitos funcionais são a descrição das diversas funções que clientes e utilizadores querem ou precisam que o equipamento ofereça, os quais definem a funcionalidade desejada do bem. Para a sua definição devem ser atendidos aspectos, tais como:

- Quais as funções do bem?
- Qual o tempo de funcionamento diário?
- Qual o risco associado à utilização do equipamento?
- Qual o risco associado a terceiros?
- Outros.

Aquando da aquisição de um equipamento, o respectivo caderno de encargos deve explicitar as necessidades de manutenção daquele, incluindo peças-de-reserva, tempos e recursos humanos por especialidade, para que o bem possa garantir a fiabilidade e manutibilidade especificadas pelo fabricante.

5.1.3. Análise de investimento

Aquando da aquisição de um activo físico, seja como resultado da necessidade de introduzir um novo equipamento ou instalação, seja como consequência de substituição de activos em fim de vida, importa analisar, de forma sustentada, qual o equipamento ou instalação que correspondem ao ciclo de vida mais adequado ao investimento. Para o efeito, é preciso atender a aspectos, tais como:

- Disponibilidade de novas tecnologias – A rápida obsolescência tecnológica é uma realidade em muitas famílias de equipamentos. Por consequência, pode tornar-se necessário, nestes casos, adoptar uma estratégia de actualização tecnológica sistemática;
- Cumprimento de normas de segurança ou outras obrigatórias – Se um equipamento deixar de cumprir as normas de segurança aplicáveis, ou outros normativos obrigatórios, deve ser imediatamente retirado de funcionamento ou, então, ser alvo de uma intervenção de manutenção que o adegue aos requisitos exigíveis;
- Disponibilidade de peças-de-reserva – É essencial haver disponibilidade de peças-de-reversa que cumpram as especificações do fabricante. Mesmo em equipamentos novos, a sua vida pode ser encurtada se não houver disponibilidade deste recurso. As razões para isto acontecer são tão diversas como, por exemplo, o fabricante deixar de existir, as peças-de-reversa terem deixado de ser fabricadas, importadas, não haver fornecedor, ou o seu custo ser tão elevado que torne inaceitáveis os custos de manutenção;

- Obsolescência que possa limitar a sua utilização competitiva – Quanto mais tempo o equipamento estiver em serviço, especialmente se tiver sido sujeito a alguma actualização que o mantenha adequado tecnologicamente, mais tempo poderá ser rentabilizado. Este prolongamento do seu ciclo de vida deverá ser feito tendo sempre em considerações aspectos de funcionalidade, segurança, racionalidade económica e sustentabilidade ambiental (consumos energéticos, poluição, etc.), (Farinha, 2011)

A análise do custo do ciclo de vida (Life Cycle Cost, LCC) é uma ferramenta de gestão que tem vindo a ser usada de forma generalizada - “O custo do ciclo de vida de um activo, por definição, é a soma de todos os capitais despendidos no suporte desse activo desde a sua concepção e fabricação, passando pela operação até ao fim da sua vida útil”, (White, et al., 1976).

A aquisição de um equipamento novo ou a renovação como novo (*renewall*) de um existente vai originar custos e proveitos específicos durante muitos anos. Constitui, todavia, prática generalizada, e incorrecta, esquecer aqueles factores e decidir apenas com base no preço de aquisição (custo do investimento à cabeça) mais baixo. Sendo os recursos sempre escassos é óbvio que se deve optar pela alternativa mais económica; isto significa “o menor custo ao longo do ciclo de vida” e não “o menor investimento”, (Assis, 2010).

Para o estudo da aquisição, baseando-se no custo do ciclo de vida, a análise de investimento é essencial na avaliação da rentabilidade comparada entre alternativas, as quais permitem escolher, entre diversos investimentos, o de menor custo total. Um dos aspectos a ter em consideração na aquisição de activos físicos, devido ao seu uso, ao desgaste natural ao longo do tempo, e aos factores de mercado, é a sua desvalorização em relação ao valor original, a qual se designa por “depreciação”. Do ponto de vista económico, este conceito deve ser adoptado na análise do investimento; contudo, a depreciação pode não ser considerada como um custo, mas como uma fonte de recursos para as operações da empresa, atendendo a que é um custo que pode abater aos lucros da empresa.

O modelo de cálculo para o LCC do activo deve ser explicitado no Caderno de Encargos para que os concorrentes possam fazer as suas propostas tendo em consideração esta abordagem e não o custo de venda do activo *per si*.

5.1.4. MÉTODOS DE COMPARAÇÃO entre ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTO

Para comparar alternativas de investimento é fundamental que se escolha uma referência comum de tempo; alguns dos métodos usuais são os seguintes:

- *Payback*;
- Custo Anual Equivalente.

5.1.4.1 Payback

Este método consiste em avaliar o tempo que um determinado investimento levará para que o retorno seja maior do que o capital investido. O método não leva em consideração nem os juros nem os rendimentos após a recuperação do capital investido. A informação obtida através do método do *payback* simples é pobre já que não considera nem o valor temporal do dinheiro nem o valor recebido após a recuperação do capital. Para se ter uma informação mais precisa sobre determinado investimento pode usar-se o método designado por *payback*

descontado, que nada mais é do que a consideração do valor presente das receitas a uma determinada taxa de juro.

5.1.4.2 Custo Anual Equivalente

A técnica do custo anual equivalente consiste em transformar uma sequência de pagamentos e receitas de um determinado projecto numa série uniforme de fluxos financeiros. Para transformar os valores ao longo do tempo numa série uniforme é indispensável conhecer a taxa de juro - a escolha de uma taxa de juro que não corresponda à realidade inutiliza completamente o estudo. A técnica consiste em transformar todas as alternativas em séries uniformes e escolher aquela na qual o benefício anual é o maior.

Para o efeito importa calcular o factor T dado por:

$$T = \frac{i \times (1 + i)^N}{[(1 + i)^N - 1]}$$

O cálculo do valor do retorno do investimento é dado pela seguinte série:

$$U = \sum_{i=1}^n U_i$$

Sendo

$$U_1 = C_0 \times T$$

C_0 – O valor do investimento

i – Taxa de capitalização

Os restantes termos da série os restantes fluxos financeiros no período N para o qual se está a fazer a análise do investimento.

5.1.5. O conceito de depreciação de um equipamento

O investimento inicial é o capital total investido no activo físico - é a soma dos seguintes elementos:

- Preço que consta na factura do equipamento;
- Custo da mão-de-obra e dos materiais de instalação - obras de construção civil; modificações ocasionais nos prédios; rearranjo físico das demais máquinas que tenham de ser removidas; canalizações; rede eléctrica; pintura; etc.;
- Custo das peças-de-reserva;
- Custo das interrupções na produção decorrentes da instalação e recepção do equipamento;
- Custo do estudo do projecto, da execução das plantas, das deslocações, e das comissões necessárias para ultimar as transacções de compra e transporte.

O valor residual do equipamento é a quantia que se poderá obter quando o equipamento for retirado de funcionamento. Na maioria dos casos será um valor pequeno em relação ao custo inicial, acrescido, por vezes, das despesas de remoção e venda do equipamento velho, que podem diminuir consideravelmente esse valor residual.

As questões inerentes à importância do valor residual estão relacionadas com o tempo desejado para a recuperação do capital investido e ou com o custo óptimo do seu ciclo de vida (LCC).

O número de anos escolhido para depreciar o equipamento será, então, igual, no máximo, à duração física provável do equipamento, podendo ser bem diferente caso se tenham em consideração aspectos tais como:

- Haver risco de excessiva obsolescência;
- Existirem condições de instabilidade económica que aconselhem prudência na aquisição de equipamentos e exijam uma amortização rápida do capital investido;
- Haver risco técnico ou de mercado no investimento.

5.1.6. Alguns métodos de depreciação

Quando não há valores de mercado para os montantes de depreciação dos activos, podem usar-se os seguintes métodos para a sua simulação:

- Método Linear;
- Soma dos Dígitos;
- Método Exponencial;
- Método da Taxa de Operação.

5.1.6.1 Método Linear de depreciação

O método linear de depreciação é utilizado quando não se têm referências seguras do mercado; por consequência, consideram-se os custos fixos inerentes à posse do bem, e os custos variáveis inerentes ao funcionamento do bem.

Os custos fixos são os seguintes:

- Depreciação do equipamento;
- Juros ou retorno sobre o capital investido;
- Impostos que incidem sobre o equipamento;
- Seguros que incidem sobre o equipamento;
- Custo do espaço ocupado pelo equipamento;
- Despesas gerais de supervisão directa;
- Despesas gerais de gestão;
- Despesas gerais de manutenção;
- Amortização de patentes.

Os custos variáveis são os seguintes:

- Custos de mão-de-obra directa, inclusive os encargos sociais;
- Despesas com energia consumida;
- Despesas com lubrificantes;
- Custo de mão-de-obra directa de manutenção;
- Custo das peças-de-reserva e dos restantes materiais de manutenção;
- Custo das matérias-primas.

A quota de depreciação a ser deduzida anualmente é expressa pela seguinte fórmula:

$$d = \frac{(C_0 - R)}{n}$$

C_0 – Custo original do activo;

R – Valor residual contabilístico;

n – Vida contabilística

A taxa de depreciação é calculada pela seguinte fórmula:

$$T = \frac{100}{n}$$

T – Taxa percentual anual de depreciação.

5.1.6.2 Método da soma dos dígitos

Este método considera uma carga de depreciação anual maior nos anos iniciais decrescendo à medida que a vida contabilística do activo fixo avança. A soma dos dígitos pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$SD = N(N + 1)/2$$

Sendo,

N – Número de anos de vida contabilística.

A quota de depreciação no ano n é dada por:

$$d_n = \left[\frac{(N - (n - 1))}{SD} \right] \times (C_0 - R)$$

5.1.6.3 Método Exponencial

Este método considera uma carga de depreciação decrescente.

O valor contabilístico do activo físico pode ser determinado para um dado ano genérico n a partir da fórmula:

$$C_n = C_0 \times (1 - T)^n$$

Sendo,

T – Taxa exponencial de depreciação.

Caso se conheça o valor residual esperado, a taxa exponencial de depreciação pode determinar-se por:

$$T = 1 - (R/C_0)^{(1/N)}$$

5.1.6.4 Método da Taxa de Operação

A taxa de operação/hora/TMH do equipamento em unidades monetárias é dada por:

$$TMH = C_0/Po$$

C_0 – Investimento fixo

Po – Potencial Operativo em horas do equipamento

5.1.6.5 Determinação do tempo de substituição

Os activos físicos podem ser substituídos segundo vários critérios, sendo aqui destacados dois:

- I. *Ciclo económico* – Corresponde ao período óptimo que minimiza os custos totais médios de operação, de manutenção e de imobilização de capital;
- II. *Vida útil* – Termina quando os custos de manutenção ultrapassam os custos de manutenção mais os de amortização do capital de um equipamento novo equivalente.

Em relação a cada ano considerado na análise de investimento, incluindo a depreciação de mercado e ou a sua simulação, deve ser tido em consideração o custo do dinheiro. A fórmula usualmente utilizada relaciona a taxa de capitalização (i) com a taxa de inflação (d), designada por taxa aparente (e) é dada por:

$$e = i + d + i \times d$$

5.1.7. Especificações técnicas e de serviço

A aquisição de qualquer activo físico deve implicar a definição exaustiva das suas especificações técnicas e, em particular, a sua adequação ao contexto operacional.

Segundo a norma NP EN 13306:2007, *Terminologia da Manutenção*, a fiabilidade é a “aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo”. Por consequência, importa definir as especificações técnicas a que os fornecedores terão que atender para que a instalação ou o equipamento cumpra a sua função no tempo esperado com a fiabilidade e, por consequência, a disponibilidade prevista.

Neste âmbito, na vertente das especificações técnicas e de serviço importa definir, entre outros aspectos, os seguintes:

- Características técnicas;
- Rácios de fiabilidade:
 - MTBF (Mean Time Between Failures) – Tempo Médio entre Falhas;
 - MTTR (Mean Time To Repair) – Tempo Médio de Reparação;
 - MWT (Mean Waiting Time) – Corresponde ao tempo médio de espera entre a identificação da avaria e o início da intervenção de manutenção correctiva;
- Especificações de manutenção;
- Definição das peças-de-reserva.

5.1.8. Recepção de um equipamento

Depois de adquirida a instalação ou equipamento, procede-se à sua recepção e instalação. Na sua recepção deverá ser cuidadosamente observado se o equipamento fornecido respeita as condições técnicas do CE e a proposta do fornecedor. Verificado este ponto, deve passar-se ao exame dos manuais, os quais deverão estar completos (manuais de utilização, de serviço, técnicos, e esquemas e desenhos) e corresponder à versão do equipamento fornecido, (Farinha, 2011).

Os materiais e equipamentos fornecidos devem respeitar ao disposto no CE, destacando-se, entre outros, os seguintes aspectos:

- Comprovativo da qualidade;
- Quantidade;
- Marca e modelo;
- Número de Série, Lote / Ordem de fabrico (Nº e data);
- Identificação do Fornecedor;
- Número do Pedido de Compra;
- Outros.

Os produtos, equipamentos e instalações fornecidas deverão cumprir as condições especificadas nos diferentes documentos que compõem o CE incluindo o cumprimento de normas nacionais e internacionais aplicáveis.

Deverão ter preferência, quanto à sua aceitação, os activos que estejam suportados por Documento de Idoneidade Técnica que garanta as suas qualidades, emitido por Organismos Técnicos reconhecidos, designadamente:

- A documentação intrínseca ao fornecimento;
- Documentação que afira a qualidade e ou avaliação técnicas de idoneidade;
- Documentos que atestem controlo de qualidade a partir de ensaios.

A simples inspecção por parte dos técnicos não supõe a recepção absoluta dos mesmos, devendo os ensaios atestar a qualidade dos itens fornecidos, não se extinguindo a responsabilidade contratual do fornecedor relativa a estes aspectos até à recepção definitiva dos equipamentos e ou das instalações.

Um outro documento que deve acompanhar o equipamento - se não for solicitado no caderno de encargos não será fornecido pelo fornecedor - é o referente às características da qualidade do activo. Este documento deve discriminar os materiais utilizados no fabrico do equipamento, os testes (fissuração, radiografia, líquidos penetrantes, etc.) efectuados antes de dar o equipamento como apto para entrega, bem como os indicadores de fiabilidade.

Estes elementos são determinantes para a sua adequada colocação em funcionamento, bem como para implementação de uma apropriada política de manutenção, quer a executar internamente quer para o contrato de serviço de terceiros, (Farinha, 2011).

5.1.9. Documentação normativa para a manutenção

Quando um bem é adquirido, o comprador necessita receber a sua documentação, tal como atrás referido, para poder proceder à manutenção e exploração adequada do bem. Esta documentação deve ser providenciada pelo fornecedor e exigida no caderno de encargos. A norma NP EN 13460:2009, *Manutenção – Documentação para a Manutenção*, especifica as linhas de orientação gerais para a documentação técnica que deverá ser fornecida com um bem antes de este ser posto em serviço, e a informação/documentação a ser estabelecida durante a fase operacional do bem, de forma a apoiar as necessidades da manutenção.

Esta norma enumera e define todo o conjunto dos documentos e de elementos de informação que devem ser considerados na aquisição de qualquer instalação, equipamento, sistema ou subsistema de forma a tornar possível a organização da sua manutenção. Quando um bem é encomendado ao fornecedor, esses documentos e informações devem fazer explicitamente parte dos requisitos da encomenda. O fornecedor deve proporcionar os documentos relacionados com o serviço e ou com a função do bem para o seu adequado funcionamento e exploração.

Os documentos necessários à fase de preparação são os seguintes:

Dados técnicos – Correspondem às especificações do fabricante, tais como: Fabricante; Data de fabrico; Modelo/Tipo/Nº de série; Dimensão; Peso; Capacidade; Requisitos de potência e de serviço; Especificações das *interfaces*; entre outras informações respeitantes à natureza física, aos detalhes de montagem e aos dados de funcionamento.

Manual de operação – Documento que contém as instruções técnicas para obtenção de um funcionamento correcto de acordo com as suas especificações técnicas e condições de

segurança, tais como: Modelo/tipo; Data do manual; Detalhes técnicos do bem; Capacidades funcionais e desempenho; Concepção, segurança e margem operacional; Procedimentos para a colocação em serviço e arranque, para o aquecimento inicial, para uma paragem controlada e para incidentes e emergências; Leis e regulamentação a respeitar.

Manual de serviço – Documento onde deve constar as instruções técnicas para uma manutenção ou para o repor no estado no qual o bem é capaz de cumprir a função requerida, tais como: Detalhes técnicos do bem; Operações/acções de manutenção planeada; inspecções; calibrações/regulação; substituição de peças/componentes; lubrificação; procedimentos para diagnóstico de avarias; desmontagem/remontagem; reparação; regulação; peças de segurança; diagramas de causa e efeito.

Lista de componentes e recomendação de sobressalentes – Corresponde à lista integral dos itens que fazem parte do bem, que deve conter informação, tal como: Descrição da decomposição do equipamento; N° do item; Descrição do item; quantidade de unidades.

Plano de montagem – Refere-se aos desenhos ilustrando a implantação dos componentes de substituição para um bem, onde deve constar informação, tal como: Código e identificação do desenho; Data; Informação útil respeitante aos detalhes das ligações; Espaço necessário à desmontagem e à manutenção.

Plano de detalhe – Refere-se aos desenhos com a lista de peças para permitir a desmontagem, reparação e montagem dos bens.

Plano de lubrificação – Refere-se ao desenho com posição de cada ponto de lubrificação do bem, com dados e especificações de lubrificação.

Diagrama unifilar – É o diagrama geral de distribuição da alimentação eléctrica, ou pneumática, ou hidráulica; neste diagrama devem estar incluídos os circuitos dos painéis de distribuição.

Diagrama lógico – É um diagrama de controlo do sistema para clarificar a lógica geral do sistema, o qual deve conter: Funções lógicas (símbolos, intercomunicação de redes e fluxo de controlo); Modos de funcionamento (por ex.: arranque, fecho, alarme, função disparo).

Diagrama de circuito – Este diagrama de alimentação geral e circuitos de comando deve conter: Todas as ligações internas para controlo; Alarmes; Protecção; Bloqueios; Função de disparo; Monitorização; Regulação de temporizadores; Sobrecarga térmica e relés de protecção; Cablagem e número de cabos; Numeração dos pontos de ligação; Lista de componentes para sistemas em linha; Controlo e protecção; Desenhos de referência; Potência e corrente nominais.

Diagrama de tubos e instrumentos – Refere-se a condutas de fluídos e circuitos de controlo.

Desenho de implantação – Desenho indicando a localização de todos os itens.

Desenho de conjunto – Desenho com todas as zonas de uma determinada instalação.

Relatório do programa de ensaio – Relatório de recepção ou comissionamento demonstrando que o activo está conforme com as especificações, o qual deve conter a seguinte informação: Fabricante; Período de garantia e condições da mesma; Cumprimento dos detalhes técnicos:

Dimensão; Peso; Requisitos de potência e serviço; Capacidade/desempenho; Detalhes de montagem e dados de funcionamento.

Certificados – Certificados específicos relativos à segurança e às disposições legais para bens (equipamentos de elevação, caldeiras a vapor, recipientes sob pressão,...).

5.1.10. Instalação

Na fase de instalação dos activos físicos devem intervir sectores, tais como o departamento de manutenção, os utilizadores, e os departamentos de aprovisionamento e inventário, para verificar se as condições de instalação estão de acordo com as especificações. A informação e conhecimento sobre o local de instalação é de extrema importância, tanto a nível físico como das condições ambientais que afectam o espaço. Não atender a este ponto poderá implicar potenciais avarias ou interferências com outros equipamentos ou utilizadores e até com a perda de garantia do equipamento. A instalação deve então ser coordenada e supervisionada por um especialista da área a que o equipamento pertence.

Na fase de instalação e recepção deverá ainda ser aposto o código no equipamento, fazer-se o seu carregamento no sistema de informação, proceder-se à elaboração dos seus planos de manutenção, bem como providenciar os recursos adequados à garantia do seu ciclo de vida.

Antes da entrada em funcionamento do activo deverão ser obtidas todas as licenças e aprovações legais requeridas.

5.1.11. Colocação em funcionamento

Na fase da colocação em funcionamento é fundamental a realização de um conjunto de ensaios, experiências e verificações destinadas a demonstrar e comprovar que os equipamentos e ou instalações obedecem às normas e regulamentos em vigor e ao especificado no caderno de encargos. Os equipamentos considerados como necessários para efectuar esses ensaios e medições, devem todos estar com os respectivos certificados de calibração actualizados.

Deveram ser feitos todos ensaios necessários à demonstração de que todos os equipamentos, trabalhando em simultaneidade, satisfazem as condições exigidas no caderno de encargos, e demais normas e exigências legais aplicáveis, quer nos aspectos ambientais, eléctricos, de segurança, ou outros.

Todos estes ensaios deverão ser feitos segundo as normas e regulamentos em vigor em Portugal.⁷

5.1.12. Garantias

Em Portugal não existe um regime único de garantias na venda de bens. O regime varia consoante a natureza dos bens e do adquirente.

Tabela 13 – Relação entre a natureza dos bens e dos adquirentes

	Utilizador profissional	“Organismo” da Administração Pública
	Situação em que o adquirente, pessoa colectiva ou singular é um utilizador profissional, isto é, destina os bens adquiridos a um uso profissional (industrial, serviços, etc).	Situações em que o adquirente é um “organismo” da administração Pública, independentemente do destino do bem adquirido.
Bens Imóveis	Garantia de 5 anos a contar da entrega do bem.	- Garantia de 10 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos estruturais; - Garantia de 5 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos não estruturais ou a instalações técnicas.
Partes integrantes Todas as partes móveis ligadas materialmente ao bem em que se integram – seguem o regime do bem em que se integram.	Bem imóvel tem 5 anos de garantia.	Elementos construtivos estruturais têm 10 anos de garantia. Elementos construtivos não estruturais ou instalações técnicas têm 5 anos de garantia. Equipamentos afectos à obra, mas dela autonomizáveis têm 2 anos de garantia.
Componentes Todas as partes móveis que compõem o bem principal – seguem o regime do bem em que se integram.	Bem imóvel tem 5 anos de garantia.	Elementos construtivos estruturais têm 10 anos de garantia. Elementos construtivos não estruturais ou instalações técnicas têm 5 anos de garantia. Equipamentos afectos à obra, mas dela autonomizáveis têm 2 anos de garantia.
Partes acessórias As partes móveis que, não constituindo partes integrantes, estão afectas de forma duradoura ao serviço ou ornamentação de uma outra.	Bem imóvel goza sempre de 6 meses de garantia.	Bem imóvel goza sempre de 2 anos de garantia (neste caso, de defeitos relativos a equipamentos afectos à obra, mas dela autonomizáveis).
Legislação aplicável	Decreto-Lei nº 47 344, de 25 de Novembro de 1966, que aprovou o Código Civil.	Decreto-Lei nº 18/2008, de 29 de Janeiro, que aprovou o Código dos Contratos Públicos

5.2. Contratos de Manutenção

Durante muitas décadas a manutenção foi vista como uma função secundária; apesar de necessária, não recebia a devida importância, pois não se identificava o impacto que a mesma exercia nos resultados das organizações.

Hoje em dia as actividades ligadas à manutenção têm um peso significativo nos custos de operação. O consumo de serviços de manutenção está em aumento constante e pesa cada vez

mais no orçamento das empresas, procurando estas otimizar as suas operações e minimizar os riscos.

O aumento das exigências relativas à otimização de custos e, em simultâneo, da disponibilidade dos equipamentos, leva a que se procure o equilíbrio possível entre os constrangimentos orçamentais, reclamados pelos gestores, e a qualidade de serviço esperada dos equipamentos.

5.2.1. Elaboração de um contrato de manutenção

Seja na fase de aquisição de um bem, em que também se inclui no Caderno de Encargos os serviços de manutenção, sejam estes adquiridos *à posteriori*, há um conjunto de requisitos que devem ser atendidos. A norma *NP EN 13269:2007, Manutenção – Instruções para a preparação de contratos de manutenção*, é um documento chave para apoiar os requisitos que devem constar do Caderno de Encargos para aquisição de serviços de manutenção.

Nesta perspectiva, destacam-se os seguintes requisitos a exigir no Caderno de Encargos e, posteriormente, vertidos no contrato de manutenção:

- I. Título – Neste deve constar a identificação das partes e do contrato.
- II. Objectivo – Define as intenções gerais das partes e dos objectivos do contrato; estes são pontos fundamentais especialmente para contratos de longa duração.
- III. Definições a constar no contrato – Na área da manutenção são utilizados termos com significados diferentes ou ambíguos; para eliminação destas situações, a norma EN 13306 – *Terminologia da manutenção*, é fulcral para uma boa compreensão e utilização dos termos adequados no contrato.
- IV. Âmbito das tarefas
 - Local de operação – Descrição da área onde o bem sujeito à manutenção está localizado.
 - Conteúdo – Definição clara das tarefas (o quê e quando) a executar pelo fornecedor de serviço de manutenção e, sempre que necessário, as excluídas do âmbito do contrato. Algumas tarefas poderão incluir: etapas que devem ser executadas; resultado esperado; objetivos mensuráveis para o resultado; ferramentas, meios e técnicas a ser aplicados; requisitos de segurança; bens sujeitos a manutenção; qualificação dos trabalhadores; condições de funcionamento ou utilização; etc.
 - Horário – Estabelece o período de tempo durante o qual as tarefas têm que ser executadas, tais como tempo mínimo e ou máximo entre o pedido e o início dos trabalhos; data de conclusão ou prazo dentro do qual a tarefa deverá ser executada.
 - Impedimento – Definição das situações e respectivas consequências dos impedimentos que possam ocorrer.
 - Atraso – Definir o atraso na conclusão da tarefa e possíveis consequências.
- V. Disposições técnicas
 - Verificação – Este ponto deve incluir informações específicas acerca das condições/requisitos que têm que ser cumpridos para a aceitação do trabalho pelo contratante: quem verifica (pode ser por delegação); como é feita a verificação (procedimentos); quando é feita a verificação; o que é verificado; etc.

- Informação técnica – Deverá ser incluída uma listagem de todas as informações técnicas relevantes que têm que ser trocadas entre o fornecedor de serviços e o contratante, (NP EN 13460, Manutenção - Documentos para a Manutenção). Definir por quem (fornecedor de serviços, contratante), como (meios de registo, procedimentos, correcção de erros), quando (data, tempo), e que informações (trabalho executado, sobressalentes instalados, horas extra, atrasos, danos reparados, etc.) devem ser trocadas.
- Sobressalentes/Materiais e consumíveis – Este ponto deve conter informações, tais como: responsabilidade pelo fornecimento; propriedade; qualidade exigida; fornecedor (de origem ou não); localização e responsabilidade pelo armazenamento (pode ser armazenado no fornecedor de serviços ou no contratante; procedimento de encomenda de sobressalentes; consequências para o contratante por não encomendar, ou encomendar tardiamente; alterações ao tipo de sobressalentes e de versões de *software* integrado; consequências para o contratante por não encomendar versões novas de *software*); disponibilidade e prazo de entrega;

VI. Disposições comerciais

- Preço – Especificação para a compensação financeira ao fornecedor de serviços pela execução das tarefas de manutenção.
- Condições de pagamento – Especificação das condições que afectam os pagamentos realizados ou exigidos no âmbito do contrato.
- Garantias – Definição dos direitos do contratante e as obrigações do fornecedor de serviços no caso de incumprimento do estabelecido no contrato.
- Penalizações/danos assumidos – Especificação das penalizações e danos assumidos a serem pagos em caso de incumprimento dos acordos contratuais.
- Incentivos – Especificação de incentivos a serem pagos no caso de conclusão da obra mais cedo, redução de custos ou aumento do lucro líquido.
- Seguros – Descrição de seguros que poderão ser exigidos pelo contrato ou por lei, e qual das partes será responsável por os providenciar e respectivos procedimentos.
- Garantias financeiras – Descrição das garantias financeiras necessárias que poderão salvaguardar o contratante ou fornecedor de serviços.

VII. Disposições organizacionais

- Condições para execução – Deve incluir a lista de serviços e recursos a fornecer por cada uma das partes no âmbito do contrato, tais como, por exemplo: serviços; espaço de armazenagem; energia, água; ferramentas especiais; sobressalentes; medidas necessárias para permitir ao pessoal da manutenção trabalhar; deslocações; local de permanência; licenças de trabalho; condições de trabalho e ambientais; integração das tarefas de manutenção a realizar pelo contratante; requisitos para os horários de trabalho.
- Higiene e segurança – Este item deverá descrever: regulamentos de higiene e segurança exigidos por lei; regulamentos específicos de segurança das partes implicadas no contrato (por exemplo, plano de emergência da fábrica/local/e eventual análise de riscos); formação necessária e licenças para os trabalhadores do fornecedor de serviços; fornecimento de meios de protecção individual (vestuário, vacinas, certificados de saúde).
- Protecção ambiental – Contém as disposições para: manuseamento, segregação e remoção de resíduos; prevenção da poluição (líquidos, gases, materiais sólidos e ruído).

- Segurança – Deve incluir as disposições para: requisitos especiais para equipamentos; salvaguarda de informação e sistemas de dados; documentação das medidas de segurança; autorizações / licenças de acesso; confidencialidade (como proteger a informação).
- Garantia da qualidade – Medidas para assegurar a qualidade: sistema de gestão da qualidade do fornecedor de serviços; requisitos para auditorias; experiência e qualificações do pessoal; transferência de conhecimento entre as partes; indicadores da qualidade; plano da qualidade (tal como definido na série de normas ISO 9000);
- Supervisão/gestão – Definição da metodologia referente ao controlo de gestão.
- Registos – Deve apresentar acontecimentos revelantes que podem afectar os acordos contratuais e que devem ser registados: *o quê* - trabalho realizado, sobressalentes instalados, tempo gasto, horas extraordinárias, anomalias, impedimentos, atrasos, etc.; *por quem* – fornecedor de serviços, contratante, sub-contratados; *quando* - data, tempo exacto e duração da ocorrência; *como* - meios de registo, procedimentos, testemunhos.

VIII. Disposições legais

- Este ponto deve apresentar e definir os direitos de propriedade e de utilização; a confidencialidade como protecção e segurança da informação; definição das responsabilidades legais por danos causados por uma das partes, ou pelos seus trabalhadores, durante a vigência do contrato; definições das razões e do procedimento para a cessação ou rescisão; etc.

Neste âmbito, a norma NP 4492:2010, *Requisitos para a prestação de serviços de manutenção*, é fundamental para o sucesso dos serviços de manutenção. Os requisitos dos prestadores de serviço de manutenção devem ir ao encontro do ponto 5 desta norma referente à satisfação do cliente e, conseqüentemente da empresa prestadora de serviço.

Alguns requisitos dos prestadores de serviços de manutenção são os definidos nos pontos seguintes

- I. Organização – Na vertente dos requisitos para os prestadores de serviços de manutenção, aqueles devem oferecer uma variedade de contratos envolvendo várias especialidades e operar em qualquer localidade e a qualquer hora. Os serviços de manutenção deverão ser executados por empresas com uma estrutura adequada quanto a recursos materiais, humanos, organização e sistema de informação.
- II. Oferta de serviços – O prestador de serviços de manutenção deve, de uma forma clara, completa e detalhada, tanto quanto possível, declarar o objecto e âmbito da sua oferta de prestação de serviços. Para cada tipo individual de serviço deve associar as competências necessárias e demonstrar como acede às mesmas por forma a garantir a sua existência aquando da prestação de serviço, e assim assegurar a qualidade do serviço proposto, devendo também demonstrar a experiência e resultados da sua actividade, pelo que deve manter actualizada uma lista de referências dos serviços prestados, e a documentação que ateste a qualificação e ou certificação para a prestação desses serviços.
- III. Recursos humanos – O prestador de serviços de manutenção deve definir um quadro de pessoal que garanta a qualidade do serviço com competência, assente em escolaridade, formação específica, qualificação e experiência apropriadas.
- IV. Recursos materiais – As instalações do prestador de serviços de manutenção devem corresponder às necessidades de gestão e operacionalidade do seu portfólio de

serviços. Relativamente a máquinas, ferramentas e instrumentos, o prestador de serviços de manutenção deve corresponder às necessidades de operacionalidade da sua oferta de serviços, nomeadamente aos padrões técnicos e de qualidade, maximização da produtividade dos serviços, dimensão da equipa de pessoal, redução dos riscos de segurança e dos custos globais, aplicando-se a meios próprios e ou sub-contratados. No que concerne à propriedade do cliente, o prestador de serviço deve cuidar da propriedade do cliente enquanto estiver sob o seu controlo ou a ser utilizada pela empresa. Deve identificar, verificar, proteger e salvaguardar a propriedade do cliente proporcionada para a utilização ou incorporação do serviço.

- V. Gestão de contratos de prestação de serviços de manutenção e controlo de gestão – Neste ponto deve ser estabelecido entre o contratante e o prestador de serviços de manutenção um quadro de referência no âmbito dos serviços contratados. Este item remete para a norma *NP EN 13269:2007, Manutenção – Instruções para a preparação de contratos de manutenção*. No controlo de gestão, a responsabilidade do prestador de serviços de manutenção é referente ao estabelecimento e monitorização de indicadores de desempenho dos serviços prestados (*NP EN 15341:2009, Manutenção – Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)*); diagnosticar os desvios relativamente aos objectivos e implementar acções preventivas /correctivas; fazer a gestão e o controlo orçamental.
- VI. Programa de qualidade - O prestador de serviços de manutenção deve aplicar métodos apropriados para a monitorização e, onde aplicável, a medição e análise dos serviços efectuados. A empresa deve determinar métodos de obtenção da informação que permitam a monitorização dos indicadores de satisfação dos clientes.
- VII. Preparação, planeamento e controlo do prestador – O prestador deve garantir a existência de todas as ferramentas e equipamentos necessários para o serviço em causa, assim como garantir que sejam cumpridas todas as disposições legais e regulamentares inerentes ao exercício das tarefas necessárias para a execução dos trabalhos, nomeadamente as relativas à higiene, saúde e segurança no trabalho. A empresa prestadora de serviço deve proceder ao controlo do cumprimento da execução das intervenções, de acordo com o planeamento e programa de trabalhos, corrigindo os desvios quando os houver. O relatório das intervenções e o seu controlo será fornecido ao contratante de acordo com o acordado entre este e o prestador de serviços.
- VIII. Estudos de engenharia – A empresa poderá recorrer a trabalhos técnicos de engenharia para salvaguardar a eficiência do seu trabalho.
- IX. Gestão de materiais e peças – O prestador de serviço deve estabelecer objectivos e metas no que diz respeito a: compras; gestão de *stocks*; armazenamento; custos; definir responsabilidades dos intervenientes no processo de gestão de materiais e peças; estabelecer o critério de tomada de decisão quanto ao *stock* próprio ou a contratos com fornecedores com garantia de entrega em prazo definido; estabelecer procedimento para gestão de *stocks* adequada; dispor de local adequado à armazenagem de materiais e peças.
- X. Segurança, saúde e ambiente - O prestador de serviços de manutenção deve verificar as condições de segurança do local de realização do trabalho e garantir a disponibilidade de meios de protecção necessários. O pessoal envolvido nas tarefas de prestação de serviços de manutenção deve ter formação e conhecimentos adequados aos riscos específicos das tarefas a efectuar.

- XI. Indicadores de desempenho - A existência de indicadores de desempenho na actividade de prestação de serviço de manutenção constitui um factor importante para um processo de melhoria contínua para que o serviço prestado esteja à altura das expectativas do cliente.

Como o objectivo de conseguir uma manutenção adequada que leve à protecção do valor do capital investido e que assegure a disponibilidade dos equipamentos existe um conjunto de normas específicas. No referente aos contratos de manutenção a norma NP EN 13269:2007, *Manutenção – Instruções para a preparação de contratos de manutenção*, refere aspectos, tais como:

- Promove o relacionamento entre o contratante e o fornecedor de serviços e estabelece entre ambos um quadro de referência para os serviços de manutenção;
- Permite melhorar a qualidade dos contratos de manutenção para que os conflitos e alterações sejam minimizados;
- Determina o âmbito dos serviços de manutenção e identifica as opções para o seu fornecimento;
- Assiste e aconselha na esquematização, organização e negociação de contratos de manutenção e na definição de regras, em caso de conflito;
- Identifica tipos de contratos de manutenção e recomenda a atribuição de direitos e deveres entre as partes do contrato, incluindo riscos;
- Simplifica comparações entre contratos de manutenção.

Na utilização desta norma devem ser seguidas três etapas:

- Etapa 1 - O contratante deverá decidir quais os serviços de manutenção que serão executados internamente e quais os serviços que serão contratados externamente; isto é, deverá explicitar os serviços que poderão ser comprados ao fornecedor de serviços de manutenção e, por consequência sujeitos ao contrato de manutenção;
- Etapa 2 - A fase de pré-qualificação é a que se segue à decisão de contratar externamente um serviço de manutenção ou parte dele, e é durante este período que a empresa identifica os fornecedores de serviços com capacidade para realizar as tarefas de manutenção requeridas;
- Etapa 3 – O contrato de manutenção poderá ser preparado, utilizando esta norma como guia, e o fornecedor dos serviços de manutenção deve ser seleccionado pela negociação do preço, por concurso, tendo ainda em consideração as questões do LCC atrás descritas.

Esta norma divide as actividades que são necessárias executar antes e depois da assinatura do contrato.

As actividades pré-contrato são as que são necessárias executar previamente à elaboração de um contrato, que devem incluir:

- A identificação do serviço de manutenção requerido;
- A definição de uma política de manutenção e uma estratégia para a sua implementação;
- A decisão se um serviço de manutenção será executado internamente ou se será contratado externamente;
- A decisão sobre o tipo de contrato de manutenção apropriado e a preparação das especificações necessárias;
- A identificação dos fornecedores de serviços que têm capacidade para executar as tarefas requeridas;

- A preparação do contrato;
- O lançamento do concurso e ou a negociação de um preço;
- Análise das propostas recebidas e a selecção do fornecedor de serviços vencedor.

As actividades do contrato consistem nas acções a executar, quer pelo fornecedor de serviço quer pelo contratante, após a assinatura do contrato.

As acções do *fornecedor* de serviços poderão incluir:

- O fornecimento de recursos humanos, materiais e equipamentos para executar o serviço adjudicado por contrato, podendo incluir a subdivisão dos trabalhos em tarefas discriminadas;
- A preparação de um plano de trabalhos e a sua execução de acordo com esse plano e com os requisitos do contrato;
- A garantia da gestão e do controlo do plano de trabalhos e da mão-de-obra em todas as suas fases;
- A apresentação de justificativos para pagamento;
- A gestão das possíveis alterações ao contrato.

As acções do contratante poderão incluir:

- O controlo orçamental do contrato e validação dos justificativos apresentados pelo fornecedor de serviços para pagamento;
- A autorização de trabalhos extraordinários que poderão ser necessários ou de outras alterações ao contrato;
- O estabelecimento de requisitos de gestão da qualidade e de gestão global para garantir que o fornecedor de serviços está a cumprir os requisitos do contrato;
- A verificação se os serviços de manutenção executados estão em conformidade com os requisitos contratuais;
- O pagamento.

5.2.2. Subcontratação

A tendência actual da organização da manutenção é ter nos quadros internos menos pessoal, mas, em contrapartida, recursos humanos cada vez mais tecnicamente qualificados, (Monchy, 1989).

A subcontratação na manutenção tem como objectivo minimizar os custos globais da actividade, permitindo o correcto nivelamento da carga de trabalho de manutenção, a superação de dificuldades tecnológicas muito específicas e a concentração dos esforços do pessoal interno em actividades nos equipamentos críticos para a produção. A subcontratação pode ser encarada como a transferência de responsabilidade, para uma entidade exterior, pela execução, total ou parcial, de actividades relacionadas com o programa de manutenção de uma empresa.

Num contexto de manutenção planeada, a função de planeamento pode decidir, conforme a carga de trabalho disponível, se uma determinada tarefa planeada deve ser subcontratada. A subcontratação é uma questão de política de manutenção que tem razões de ordem social, económica ou estratégica.

Segundo Souris, as funções a subcontratar na manutenção podem ser, (Souris, 1992):

- Manutenção preventiva;

- Manutenção planificada (planeada);
- Manutenção correctiva;
- Serviço após-venda;
- Reparação e reposição em funcionamento;
- Trabalhos novos;
- Serviços (Segurança, Conservação e Limpeza de vias de acesso, Calibração, Ensaios, Análises).

5.2.3. Garantias de sucesso do serviço de manutenção

A manutenção, realizada por meios internos da organização ou através de prestação de serviço por fornecedores externos especializados, tem um papel fulcral no sucesso da organização, garantindo que os equipamentos possuem um desempenho ao nível expectável. Adicionalmente, a falta do domínio do estado da arte de alguns adquirentes de serviços de manutenção e a falta de qualidade de alguns prestadores de serviços de manutenção contribuem para o insucesso das intervenções e agravam o risco da actividade manutenção.

Para fazer face a estes problemas surgiu em Portugal a necessidade da certificação de prestadores de serviços de manutenção. Para tal, foi criada a norma NP 4492:2010, *Requisitos para a prestação de serviços de manutenção*, que:

- Define os requisitos para que os prestadores de serviços de manutenção ofereçam aos seus clientes soluções que se alinhem com as suas necessidades e objectivos, através de uma garantia de desempenho mantendo o activo operacional e fiável, reduzindo assim o tempo ocioso do mesmo;
- Apoiar os prestadores de serviços de manutenção, fornecendo-lhes um meio que permita reconhecer os seus esforços, distinguindo-os dos seus concorrentes;
- Fazer da qualidade dos serviços de manutenção um critério permanente e transparente para o comprador, incentivando a implementação do conceito de Custo do Ciclo de Vida em substituição do Custo de Aquisição.

A norma NP 4492:2010 especifica os requisitos através dos quais os prestadores de serviços de manutenção devem demonstrar a sua aptidão para, de forma consistente, proporcionar um serviço que vá ao encontro dos requisitos dos clientes e das exigências legais e regulamentares aplicáveis. Esta norma suporta-se num conjunto de normas, que se descrevem seguidamente:

- A NP EN 13306:2010, *Terminologia da Manutenção*, que especifica os termos genéricos e as definições para as áreas técnicas, administrativas e de gestão da manutenção.
- A NP EN 15341:2009, *Manutenção – Indicadores de desempenho da Manutenção*, que descreve um sistema de gestão de indicadores para medir o desempenho da manutenção, sob a influência de diversos factores (económicos, técnicos e organizacionais); estes indicadores servem para a avaliação, acompanhamento e melhoria da eficiência da manutenção de forma a atingir-se a excelência da manutenção.

- A NP 4483:2009, *Guia para a implementação do sistema de gestão da manutenção*, especifica os requisitos para um sistema de manutenção; é um guia que tem por finalidade definir os requisitos para um sistema eficaz de Gestão da Manutenção, permitindo que as organizações definam uma Política de Manutenção e alcancem os objectivos no desempenho dos seus processos. A norma visa aumentar a satisfação do cliente (Dono de Obra) através da aplicação eficaz do sistema, incluindo processos de melhoria contínua, tendo como base os requisitos do cliente (Dono de Obra) e os requisitos regulamentares aplicáveis. Relativamente às acções preventivas, a norma refere que a organização deve empreender acções para eliminar as causas das não conformidades, tendo em vista prevenir a sua ocorrência, devendo as acções preventivas ser apropriadas aos efeitos dos problemas potenciais.
- A NP EN 13460:2009, *Manutenção – Documentação para a Manutenção*, específica as linhas de orientação gerais para a documentação técnica que deverá ser fornecida com um bem antes de este ser posto em serviço, de forma a apoiar a sua manutenção na informação/documentação a ser estabelecida durante a fase operacional do bem, de forma a suportar as necessidades da manutenção.
- A NP EN 13269:2007, *Manutenção – Instruções para a preparação de contratos de manutenção*, apresenta orientações tendo em vista a preparação de contratos para serviços de manutenção, podendo ser aplicada a: relações entre contratantes e fornecedores de serviços de manutenção nacionais ou estrangeiros; toda a gama de serviços de manutenção incluindo o planeamento, a gestão e o controlo; todo o tipo de equipamento com excepção de programas informáticos, a menos que o programa informático seja sujeito a manutenção como parte integrante e em conjunto com o equipamento técnico.
- A NP EN ISO 9001:2008, *Sistemas de gestão da qualidade, Requisitos*; especifica os requisitos genéricos aplicáveis aos sistemas de gestão da qualidade de todas as organizações, independentemente do tipo, dimensão e produto que proporcionam.
- A CEN/TR 15628:2007, *Maintenance – Qualification of maintenance personnel*, define os níveis de competência para o pessoal que opera na Manutenção e os níveis de conhecimentos requeridos para atingir essas mesmas competências. São propostos três níveis de certificação:
 - i. Técnico de Manutenção;
 - ii. Supervisor de Manutenção;
 - iii. Gestor de Manutenção.

Existe um conjunto de outras normas relevantes, das quais se destacam a EN 60812:2006, *Analyses Techniques for system reliability - Procedure for Failure Mode and Effects Analyses (FMEA)*, que faz uma abordagem ao método de análise de riscos qualitativo e às suas fases de desenvolvimento, aparecendo a FMECA como uma extensão do método de base para análises semi-quantitativas. A FMEA corresponde a um método indutivo que permite avaliar, a partir de um determinado modo de falha, as causas e os seus efeitos, bem como os meios de detecção e prevenção dos modos de falha e de mitigação dos seus efeitos, designando-se de FMECA quando adaptado para análise semi-quantitativas, com aplicação de escalas à severidade dos efeitos das falhas e à probabilidade da sua ocorrência.

5.2.4. Histórico de um equipamento

Quando a manutenção de um equipamento é iniciada, é muito importante manter registos históricos detalhados sobre as intervenções, tais como peças aplicadas, tempo de resolução da avaria, tempo que o equipamento esteve inoperacional, etc. A partir dos registos, as tendências de falhas e avarias podem ser determinadas, as instruções de manutenção planeada podem ser modificadas e melhoradas, e as decisões sobre a substituição do equipamento podem ser adequadamente fundamentadas.

O histórico deve ser revisto periodicamente pela equipa de manutenção a fim de determinar, se for o caso, quais as alterações que devem ser efectuadas. Se houver *software* disponível, este pode ser usado para classificar o histórico de falha com base nos tipos de equipamento, tipos de falhas, custos, quantidades de peças utilizadas, etc. Isto ajudará a realçar falhas repetidas e assim planear soluções para resolver a situação de forma definitiva.

O histórico é inestimável para a previsão de recursos humanos e financeiros. A melhor maneira de prever falhas futuras é construindo um histórico do equipamento desde o começo da sua vida útil. A necessidade de previsão de necessidades de recursos humanos é essencial para garantir que os técnicos sejam os mais competentes e estejam o mais disponíveis possível. A previsão financeira é necessária para avaliar se o LCC está a evoluir de acordo com o previsto inicialmente.

Outro ponto importante na elaboração de um histórico de um equipamento é quando a manutenção é feita por empresas subcontratadas, atendendo a que, se estas não preencherem as Ordens de Trabalho do cliente, perde-se a informação dessas intervenções para o histórico. Esta importância enfatiza-se em todos os aspectos da intervenção, de que se destaca o problema das peças-de-reserva e das garantias; por exemplo, se não houver o controlo atrás referido pode acontecer que a empresa subcontratada instale peças desnecessárias, e ou facture intervenções quando o equipamento ainda está em garantia. Outro aspecto crucial que advém das Ordens de Trabalho é o diagnóstico de avarias, o qual não pode ser implementado se as intervenções subcontratadas não seguirem os mesmos trâmites que as executadas pelos recursos internos.

5.3. Ciclo de vida de um equipamento em meio hospitalar

A intervenção do Serviço de Instalações e Equipamentos (SIE), que é a designação do departamento responsável pela manutenção nos hospitais, deve iniciar-se no momento em que a Organização decide fazer a aquisição do Activo. A partir desse instante, o serviço de manutenção tem a responsabilidade de intervir no processo de compra, recepção e instalação; a elaboração do caderno de encargos e a seleção das propostas implicam equacionar vários pontos relacionados com a qualidade do equipamento, a adequação dos recursos internos e as garantias do fornecedor.

A qualidade do equipamento refere-se:

- À tecnologia, fiabilidade e segurança adequada ao serviço;
- Ao preço;
- Às condições e prazos de garantia;

- Aos manuais;
- Aos custos de manutenção.

A adequação dos recursos internos respeita a:

- Locais e condições de instalação adaptados;
- Disponibilidade de operadores qualificados;
- Recursos de manutenção apropriados.

As garantias do fornecedor envolvem:

- Capacidade técnica;
- Seriedade e solidez da empresa;
- Rapidez de resposta;
- Assistência na instalação e formação de pessoal;
- Assistência na manutenção por chamada ou contacto;
- Fornecimento de peças e materiais.

Depois de escolhido o equipamento, assim como o fornecedor, é feita a aquisição e, posteriormente, recepção e instalação. Esta fase é muito importante, nela devendo intervir o respectivo Serviço Utilizador, o Serviço de Aprovisionamento e o SIE. Nesta altura há verificação se as condições do caderno de encargos foram integralmente cumpridas e se os manuais e desenhos que acompanham o equipamento correspondem ao seu modelo e versão. Este procedimento dá ao SIE um meio poderoso para poder garantir a sua correcta manutenção, desde o momento da entrada em funcionamento.

A manutenção pode ser planeada ou não planeada. Esta última implica um conhecimento profundo das instalações e equipamentos, que é obtido através dos manuais e desenhos fornecidos pelo fabricante, do histórico das intervenções e da experiência acumulada. Estes parâmetros equacionados com os referentes aos recursos internos, pessoal, peças de reserva e ferramentas, permitem ao hospital decidir sobre o tipo de manutenção a implantar. Porém, por falta daquela informação e, frequentemente, por carência de meios adequados, a manutenção interna executada pelos SIE dos hospitais portugueses é essencialmente não planeada.

Os hospitais possuem equipamento com tecnologias diversas, em contínua evolução, sendo frequente encontrar aparelhos funcionalmente similares, mas com grandes diferenças tecnológicas, por serem de diferentes anos de fabrico. A manutenção interna destes equipamentos implica um esforço permanente de formação do pessoal e, eventualmente, o reforço dos quadros. A este problema juntam-se o da falta de documentação técnica e dos elevados custos dos *stocks* das diferentes peças-de-reserva.

Constata-se, por isso, uma tendência crescente para a subcontratação da manutenção por firmas da especialidade, normalmente as fornecedoras dos equipamentos, quer para manutenção quer para reparação de avarias.

Muitas vezes, os contratos de manutenção são logo incluídos nos cadernos de encargos de aquisição dos equipamentos. Porém, a subcontratação obriga o SIE a fazer o controlo dos diversos fornecedores externos, bom como avaliar a qualidade do serviço prestado.

Em relação ao papel do SIE nas intervenções de manutenção, este deverá dispor de diversos recursos. O primeiro é o pessoal, composto pelo Director, os engenheiros das várias especialidades, técnicos, operários diversos, etc. Deverá possuir diversas instalações, nomeadamente oficinas, ferramentas, instrumentos de medida, teste e diagnóstico de avarias, ferramentas CAD (Computer Aided Design), manuais e processos de equipamentos.

As intervenções de manutenção ao longo do ciclo de vida do equipamento implicam muitos custos, que evoluem no tempo. A posse destes valores nos vários anos de funcionamento, juntamente com o custo de aquisição, fornece elementos fundamentais na determinação da altura em que deve ser substituído, (Farinha, 1997).

Capítulo 6 – Conclusões

6. Conclusões

Actualmente, a preocupação pelas condições de conforto dos utilizadores num espaço é cada vez maior e, nesse sentido, em Portugal existem regulamentos energéticos para edifícios que visam a garantia da qualidade do ar interior e o conforto térmico, tornando obrigatórios determinados parâmetros de conforto dentro dos edifícios. Outro fenómeno cada vez mais usual são as tendências arquitetónicas no âmbito na adoção de áreas envidraçadas, que visam, quer a vertente estética quer o aproveitamento da luz natural e da energia útil para a estação de aquecimento.

O *hall* da receção do Hospital Pediátrico de Coimbra (HPC) é um espaço “semi-outdoor”, com um telhado envidraçado que proporciona aos utentes a sensação de estarem ao ar livre. No entanto, na parte mais quente do ano, a radiação solar provoca um efeito de estufa que impede o atual sistema de AVAC de manter as condições de conforto térmico no interior do espaço. Por exemplo, num dia de Maio, mediram-se temperaturas, em zonas de circulação das pessoas, tendo-se identificado uma temperatura de 5°C acima do limiar de conforto térmico. Na verdade, detectaram-se várias insuficiências no atual sistema de AVAC que serve este espaço do HPC, tais como, uma capacidade máxima de ventilação (2.219 m³/h) inferior a metade do valor nominal das especificações (5.515 m³/h), e uma potência térmica máxima de arrefecimento (39,3 kW) três vezes inferior ao pico anual da carga térmica prevista para este espaço (129 kW), com base em simulações efectuadas no *software* CYPE. Estas análises preveem ainda, uma variação anual da carga térmica sobre o espaço entre 20 kW (Janeiro, Dezembro) e 120 kW (Maio a Agosto); uma radiação solar, que é a carga térmica largamente dominante, representando cerca de 80% do total; e que o telhado envidraçado deste espaço não é praticamente sombreado durante a parte quente do ano.

Para mitigar este problema propõe-se um sistema de refrigeração passiva, em que se aproveitam águas freáticas já disponíveis no HPC, para criar uma toalha de água corrente sobre as duas abas do telhado envidraçado. O sistema é constituído por três componentes: um ramal de elevação das águas freáticas desde um depósito existente no Piso -1 até um novo depósito a colocar na cobertura do Piso 2; um ramal que conduz a água deste depósito até às entradas de 88 aspersores (alimentados à pressão controlada de cerca de 2,1 bar) dispostos ao longo de uma conduta que corre sobre o eixo longitudinal do telhado responsáveis pela formação de uma toalha de água sobre as duas abas do telhado com uma espessura estimada em 0,35 mm e uma velocidade de escorrimento de 0,21 m/s; e dois ramais paralelos, que recolhem a água das caleiras de fundo das duas abas do telhado, e a elevam de novo para o depósito superior, fechando o circuito. Simulações com o *software* CYPE, em que parte do efeito da toalha de água é emulado com um dispositivo virtual de sombreamento, permitiram estimar, por minoração, que o sistema reduz em mais de 12% a carga térmica do pico anual sobre o espaço. Haverá outros fenómenos que vão ocorrer com o deslizamento de água que vai provocar melhorias ainda mais significativas na redução de cargas excessivas no interior do *hall*, tal como o efeito da reflexão da radiação solar na água e o efeito da refração que a água irá provocar.

No que concerne ao caderno de encargos, este elemento é fundamental e absolutamente estratégico nas organizações, destacando-se dois aspectos: um referente às questões inerentes ao ciclo de vida esperado para os bens e ao desvio-padrão esperado, seja para os custos do seu ciclo de vida, seja para o ROI expectável para esses mesmos bens; na outra vertente, referente à aquisição de serviços e, em particular, de manutenção de instalações e equipamentos, importa sempre atender às normas nacionais e internacionais, equilibrando da forma mais adequada os direitos e deveres do contraente e do dono da obra, tendo como objectivo a maximização da disponibilização dos activos físicos. Por estas razões, propõem-se linhas orientadoras para a elaboração dos Cadernos de Encargos, com ênfase em aspectos que devem ser tidos em consideração em todo o ciclo de vida dos activos físicos, sendo fundamental seguir as etapas aí descritas para que a garantia de bom funcionamento das instalações e equipamentos seja sempre assegurada.

Capítulo 7 – Desenvolvimentos Futuros

7. Desenvolvimentos Futuros

De forma a aproveitar toda a informação sobre cadernos de encargos, seria importante a elaboração de um referente à aquisição do sistema do deslizamento de água, incluindo a vertente da sua manutenção. Seria também interessante fazer um estudo do ciclo de vida deste sistema para que a elaboração do respectivo caderno de cargos seja o mais rigoroso possível.

Outro trabalho a desenvolver no futuro, caso o projecto se concretize, seria o estudo dos parâmetros de temperatura referentes ao *hall* do HPC e fazer o cruzamento dos dados para se conhecer de forma mais abrangente a verdadeira vantagem sobre a melhoria das condições interiores usando o sistema de deslizamento de água sobre o telhado envidraçado.

Outro projecto a realizar na área da eficiência energética seria um estudo de viabilidade na colocação de painéis fotovoltaicos para a geração de energia eléctrica, já que uma parte considerável da cobertura do HPC tem uma grande área disponível com bastante exposição solar.

Bibliografia

Bibliografia

- ACSS.** Web-site da Administração Central do Sistema de Saúde. *www.acss.min-saude.pt*. [Online] [Acedido em: 6 de Fevereiro de 2015.]
- ADENE.** ADENE-Agência para a energia. <http://www.adene.pt/> [Online] [Acedido em: 26 de Fevereiro de 2015.]
- AECweb.** A nanotecnologia em películas de controle solar. *aecweb*. [Online] Portal da Arquitetura, Engenharia e Construção. [Acedido em: 2 de Maio de 2015.]
- Ahrens, C. Donald. 2000.** *Meteorology today - An Introduction to weather, Climate, and the environment*. 6ª. s.l. : Brooks/cole, 2000. 978-0-8400-5499-9.
- American Society of Mechanical Engineers. 2007.** *ASME code for pressure piping - Power Piping*. ASME B31.1 - 2007. 2007.
- Architekten, Heine. 2008.** *Manual do vidro*. Dortmund : Saint Gobain Glass, 2008.
- Assis, Rui. 2010.** *Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos*. s.l. : Edições Lidel, 2010. 9789727576050.
- Bergs, John, et al. 2007.** *Bouwen met groen en glas*. s.l. : Uitgeverij/Eneas BV, 2007. 9075365861.
- Çengel, Yunus e Boles, Michael. 2006.** *Termodinâmica*. s.l. : McGraw-Hill Interamericana do Brasil, 2006. 8586804665.
- CHUC. 2012.** Relatório e Contas. *chuc.min-saude* .www.chuc.min-saude.pt. [Online] [Acedido em: 15 de Novembro de 2014.]
- Cruz da Costa, Ennio. 1973.** *Mecânica dos Fluidos*. s.l. : Editora Globo, 1973.
- Dubois, M. 1998.** *Solar-protective glazing for cold climates-A parametric study of energy use in offices*. s.l. : KFS AB, 1998.
- Eiffert, P e Kiss, G. 2000.** *Building-Integrated Photovoltaic Design for Commercial and Institutional Structures - A Sourcebook for Architects*. 2000. Report BERL/BK-520-252722.
- Farinha, José Manuel Torres. 2011.** *Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão*. 1ª Edição. s.l. : Monitor, 2011. 978-972-9413-82-7.
- Farinha, José Torres. 1997.** *Manutenção das instalações e Equipamentos Hospitalares - Uma Abordagem Terológica*. Coimbra : Livraria Minerva Editora, 1997. 972-8318-16-2.
- Frank P., Incropera. 2008.** *Fundamentos de transferência de calor e de massa*. 6. s.l. : LTC, 2008. 8521615841.
- Frota, Anésia Barros. 2003.** *Manual de conforto térmico:arquitetura, urbanismo*. 7ª. s.l. : Prol Editora Gráfica Lda, 2003. 85-85445-39-4.
- Hashimoto, K, Irie, H e Fujishima, A. 2005.** *TiO2 photocatalysis:A historical review and future prospects*. s.l. : Jap, 2005.

- He, J e Hoyano, A. 2008.** *A numerical Simulation method for analyzing the thermal improvement effect of super-hydrophilic photocatalyst-coated building surfaces with water film on the urban/built environment.* Energy and Buildings, Elsevier, 2008
- Instituto de Soldadura e Qualidade. 1996.** *Térmica de Edifícios.* s.l. : Alfaprint, Lda, 1996. 972-9228-70-1.
- Jones, W. 1985.** *Engenharia de Ar Condicionado.* 3ª. s.l. : Editora Campus, 1985. 9788570011213.
- Massey, B. S. 2002.** *Mecânica dos fluidos.* Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 2002. 972310945X .
- McDowall, Robert. 2007.** *Fundamentals of HVAC systems SI edition.* s.l. : Elsevier, 2007. 978-0-12-373998-8.
- Meza, F e Varas, E. 2000.** Estimation of mean monthly solar global radiation as function of temperature. *Agricultural and Forest Meteorology.* 2000.
- Monchy, François. 1989.** *A Função Manutenção.* São Paulo : Ebras, 1989.
- Nascimento, Elisabete L. 2011.** *A Radiação solar e efeitos no ecossistema.* Rondônia : Universidade Federal de Rondônia, 2011.
- Olgyay, Vitor. 1978.** *Design with climate:Bioclimatic Approach to architectural regionalism.* New Jersey : Princeton University Press, 1978.
- Peng, Liang-Chuan. 2009.** *Pipe Stress Engineering.* [ed.] Tsen-Loong Peng. s.l. : ASME Press, 2009. 079180285x.
- Piedade, A, Rodrigues, A e Roriz, Luís. 2000.** *Climatização em Edifícios, Envolvente e Comprimento Térmico.* s.l. : Edições Orion, 2000.
- Recknagel, Sprenger e Honman. 1986.** *Manuel pratique du genie climatique.* s.l. : PTC Edition, 1986.
- Roriz, Luís. 2006.** *Climatização- Concepção, Instalação e condução de sistemas.* 1ª. s.l. : Edições Orion, 2006. 978-972-8620-09-7.
- Roriz, Luís e Silva, Onésimo. 2015.** *Efeito da metodologia aplicada na simulação energética de edifícios.* 2015.
- Sandometal - Catálogo Técnico.** Catálogos Tecnicos. *Sandometal - Metalomecânica e Ar Condicionado.* <http://www.sandometal.pt/index.php?action=24&depth=article>. [Online] [Acedido em: 8 de Fevereiro de 2015.]
- Souris, Jean-Paul. 1992.** *Manutenção Industrial - Custo ou benefício.* Lisboa : LIDEL, 1992. 972-9018-25-1.
- Stemers, T C, Lewis, J Owen e Goulding, John. 1992.** *Energy in architecture:the European passive solar handbook.* Londres : Batsford for the commission of th european communities, 1992. 0713469188.

Telles, Pedro. 1999. *Tubulações Industriais - Cálculo*. Rio de Janeiro : LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora, 1999. 85-216-1167-6.

Telles, Pedro. 1997. *Tubulações Industriais - Materiais, Projeto, Montagem*. Rio de Janeiro : LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora, 1997. 85-216-1119-6.

Todorovic, Branislav. 2012. *Buildings Envelopes Controlling Solar Radiation Gains*. Belgrade : International Elsevier's journal Energy&Buildings, 2012.

Vardoulakis, E e Karamanis, D. 2010. *Building integrated evaporative cooling: From natural porous materials to hydrophilic nanocomposites*. s.l. : Department of Environmental & Natural Resources Management , University of Western Greece, 2010.

Vissers, D. 2011. *Study on building integrated evaporative cooling of large glass-covered spaces*. s.l. : Department Building Physics and Systems at Eindhoven University of Technology, 2011.

Ward, R. 2000. *Evaporation - Principles of hydrology*. Londres : s.n., 2000.

White, Gary E. e Philip, F. Ostwald. 1976. *Life cycle costing*. s.l. : Management accounting, 1976.

Zeiler, Wim e Vissers, Derek. 2012. *Active roof cooling of atria*. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Netherlands, 2012.

Legislação e Normas

ANSI/ASHRAE Standard 140-2001 – Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs, ISSN:1041-2336

ANSI/ASHRAE/ACCA Standard 183-2007 (RA 2011) – Peak Cooling and Heating Load Calculations in Buildings Except Low-Rise Residential Buildings

CEN/TR 15628:2007, Maintenance – Qualification of maintenance personnel, European Training Committee

Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril – *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*

Decreto-lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto – *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)*

Decreto-lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto – *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)*

Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril – *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*

Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril – *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*

Decreto-lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro – *Código Contratos Públicos*

Decreto-Lei nº 47 344, de 25 de Novembro de 1966 – *Código Civil*

EN NP 4492:2009 – Requisitos para a prestação de serviços de manutenção. CT 94 (APMI), Instituto Português da Qualidade, Portugal

NP 4483:2009 – Guia para a implementação do sistema de gestão da manutenção. CT 94 (APMI), Instituto Português da Qualidade, Portugal

NP EN 13269:2007, Manutenção – Instruções para a preparação de contratos de manutenção. CT 94 (APMI), Instituto Português da Qualidade, Portugal

NP EN 13306:2010 – Terminologia da Manutenção. Instituto Português da Qualidade, Portugal

NP EN 13460:2009, Manutenção – Documentação para a manutenção. CT 94 (APMI), Instituto Português da Qualidade, Portugal

NP EN 1452-1:2001 – Sistemas de tubagens em plástico para abastecimento de água. Policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U). Instituto Português da Qualidade, Portugal

NP EN 15341:2009, Manutenção – Indicadores de desempenho da Manutenção. Instituto Português da Qualidade, Portugal

NP EN 378-1:2008, Requisitos de segurança e protecção ambiental. Parte 1: Requisitos básicos, definições, classificação e critérios de escolha. CT 56 (APMI), Instituto Português da Qualidade, Portugal

NP EN ISO 9001:2008 – Sistemas de gestão da qualidade, Requisitos. Instituto Português da Qualidade, Portugal

Anexos

Anexo I - Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, EPE



Fig. 83 - Logótipo do CHUC

Breve apresentação

O Decreto-Lei n.º 30/2011, de 2 de Março criou, entre outros, o Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, E.P.E com natureza de entidade pública empresarial (CHUC, 2012), em resultado da fusão e concomitante extinção dos Hospitais da Universidade de Coimbra, E.P.E., do Centro Hospitalar de Coimbra, E.P.E, e do Centro Hospitalar Psiquiátrico de Coimbra, tendo estabelecido que o novo centro hospitalar criado, sucede às unidades de saúde que lhe deram origem, em todos os direitos e obrigações.

O CHUC serve, preferencialmente, a população da área de influência que lhe está atribuída pelas redes de referência hospitalar, sem prejuízo do princípio da liberdade de escolha no acesso à rede nacional de prestação de cuidados de saúde, consagrado na Lei de Bases de Saúde.

Os Hospitais da Universidade de Coimbra-CHUC articulam-se, em termos de referência, com os Cuidados de Saúde Primários – os centros de Saúde e as Unidades de Saúde Familiares – que integram a Unidade de Saúde de Coimbra Norte. Estendem a sua zona de influência directa a outras áreas da Região Centro, de acordo com as redes de referência de determinadas especialidades e na ausência de valência nos respectivos hospitais, ou à generalidade dos doentes que a ele recorram, quando não houver prejuízo para os da sua zona de influência, bem como com as entidades da Rede Nacional de Cuidados Continuados Integrados. (CHUC, 2012)

Os CHUC, para além de funcionarem em dois edifícios localizados no campus hospitalar - o Bloco Central, inaugurado em 1987, onde se concentra a grande maioria das valências com a maior parte das camas de internamento e a Urgência Polivalente; e o edifício de S. Jerónimo, inaugurado em 2002, dedicado a áreas de ambulatório - possuem ainda o Bloco de Celas, localizado nas imediações do Bloco Central. Deslocalizada da área próxima do campus hospitalar situa-se a Maternidade Dr. Daniel de Matos.



Fig. 84 - Hospitais da Universidade de Coimbra-CHUC

A área de influência do Hospital Geral-CHUC corresponde à zona da Unidade de Saúde de Coimbra-Sul (Freguesias de S. Martinho do Bispo, de Santa Clara, em Coimbra, e os concelhos de Alvaiázere, Ansião, Castanheira de Pera, Condeixa-a-Nova, Figueiró dos Vinhos, Montemor-o-Velho, Soure, Pedrógão Grande e Penela). Enquanto hospital central, o Hospital Geral constituía-se como uma referência para os doentes encaminhados pelos Hospitais de Figueira da Foz, de Leiria, de Pombal e de Castelo Branco. Este hospital, com a vertente assistencial de adultos está localizado em S. Martinho do Bispo.



Fig. 85 - Hospital Geral-CHUC

A Maternidade Bissaya Barreto-CHUC integra a Rede de Referência Materno-Infantil constituindo, simultaneamente, um hospital de apoio perinatal (referência para 21 Centros de Saúde da Sub-Região de Saúde de Coimbra e para os Centros de Saúde de Anadia, Ansião, Alvaiázere, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Mealhada, Mortágua, Pedrógão Grande e Sertã) e um hospital de apoio perinatal diferenciado (referência para hospitais de Castelo Branco, da Figueira da Foz e de Leiria. Esta Maternidade situada dentro da cidade está sediada num edifício construído para o efeito, inaugurada em 1963.



Fig. 86 - Maternidade Bissaya Barreto-CHUC

A área de influência do Hospital Pediátrico-CHUC abrange toda a região centro do país assumindo-se como hospital de referência para os hospitais distritais da região centro e para os centros de saúde do distrito de Coimbra, constituindo-se, ainda, como referência nacional para patologias específicas. O novo Hospital Pediátrico, inaugurado em Fevereiro de 2011, alargou o seu atendimento à faixa etária dos 14 aos 18 anos.



Fig. 87 - Hospital Pediátrico-CHUC

Anexo II - Direcção-Geral das Instalações e Equipamentos da Saúde

A Direcção-Geral das Instalações e Equipamentos da Saúde (DGIES) como serviço central do Ministério da Saúde foi criada pelo Decreto-Lei n.º 10/93, de 15 de Janeiro que, no seu artigo 10.º define o seu objecto, designadamente a competência para a regulação, estudo, projecto, coordenação e apoio técnico à execução de empreendimentos e fornecimentos do Ministério da Saúde, designadamente dos que lhe sejam cometidos pelo PIDDAC (Programa de Investimentos e Despesas de Desenvolvimento da Administração Central)³.

O Decreto-Lei n.º 361/93 de 15 de Outubro, que aprova a Lei Orgânica da Direcção-Geral das Instalações e Equipamentos da Saúde (DGIES) define, no seu artigo 1º, a sua natureza e atribuições:

- Participar na formulação e concretização da política nacional no domínio das instalações e equipamentos da saúde;
- Colaborar na identificação das necessidades em matéria de instalações e equipamentos da saúde e no seu planeamento;
- Colaborar com a Direcção-Geral da Saúde na elaboração dos programas funcionais de instalações da saúde;
- Elaborar projectos de instalações e equipamentos da saúde;
- Proceder a estudos de normalização no âmbito das instalações e equipamentos da saúde;
- Organizar os processos de aquisição de terrenos e edifícios e promover as expropriações que forem necessárias para instalação de serviços da saúde;
- Assegurar a execução de empreendimentos e fornecimentos que lhe forem cometidos;
- Dar parecer, quando solicitada, sobre projectos de novos empreendimentos públicos da saúde cuja execução não seja da sua responsabilidade;
- Dar parecer, quando solicitada, sobre equipamentos de acentuada complexidade tecnológica cuja aquisição não seja da sua responsabilidade.

A Direcção de Serviços das Instalações e Equipamentos da Saúde compreende três divisões sendo uma delas a de engenharia.

No Artigo 6.º define que à Divisão de Engenharia compete desenvolver, aperfeiçoar e actualizar os conhecimentos que se mostrem necessários no âmbito das instalações dos serviços e instituições da saúde.

³ O PIDDAC constitui o quadro de referência da despesa pública de investimento realizada pela Administração Central (incluindo despesas de apoio ao investimento de outros sectores institucionais através de subsídios e transferências, designadamente no âmbito dos "sistemas de incentivos" e de esquemas de colaboração com entidades exteriores à Administração Central). O PIDDAC é descrito através do mapa XV do Orçamento do Estado, que detalha, de forma regionalizada, os respectivos programas e medidas orçamentais, articulados com as GOP (Grandes Opções do Plano) e com o QCA III, evidenciando os encargos plurianuais e as fontes de financiamento. As principais fontes de financiamento são o próprio Orçamento de Estado (capítulo 50.º), a comparticipação comunitária, e os recursos próprios dos fundos e serviços autónomos, incluindo não só o auto-financiamento mas também o crédito contratado directamente pelas entidades, nos termos da Lei n.º 91/2001, de 20 de Agosto.

Anexo III – Cálculo da pressão em cada aspersor no ramal

Caso 1 (secção constante)

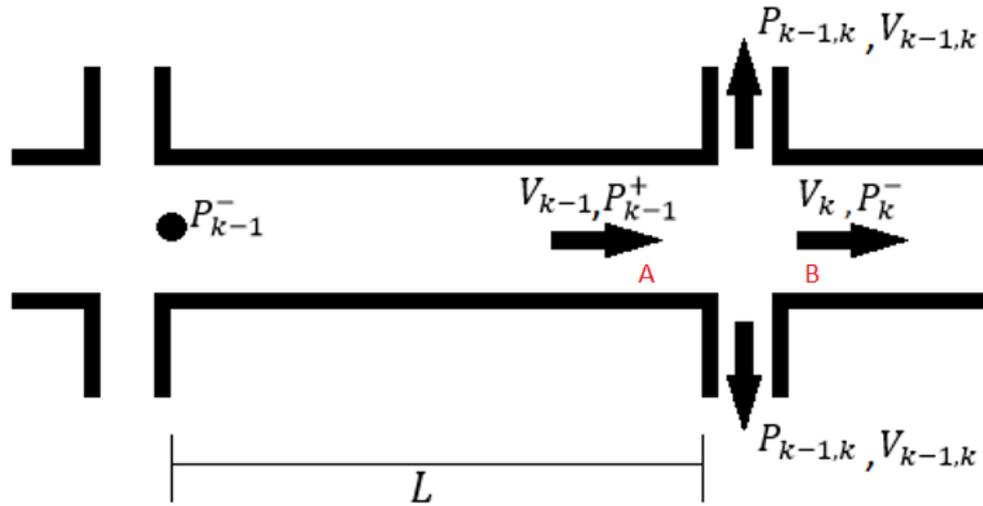


Fig. 88 – Tubagem com secção constante

Algumas condições:

- Diâmetro interno do aspersor = $DN\ 15 \approx (13,5\ mm)$
- Caudal de cada aspersor ($Q_{k-1,k} = Q_{asp}$) = $3,7 \times 10^{-5}\ [m^3/s]$
- Velocidade de escoamento no aspersor = $0,26\ [m/s]$
- Condições de entrada: $P_0 ; V_0$

Expressão genérica da velocidade de escoamento após dois aspersores genéricos:

$$Q_k = Q_{k-1} - (2 \times Q_{k-1,k}) \Leftrightarrow V_k \times \frac{\pi \times d_k^2}{4} = V_{k-1} \times \frac{\pi \times d_{k-1}^2}{4} - (2 \times Q_{asp}) \Leftrightarrow V_k = V_{k-1} \times \left(\frac{d_{k-1}}{d_k}\right)^2 - \left(\frac{4 \times (2 \times Q_{asp})}{\pi \times d_k^2}\right)$$

Q_k – Caudal após dois aspersores;

Q_{k-1} – Caudal antes de dois aspersores;

$Q_{k-1,k}$ – Caudal de cada aspersor;

V_k – Velocidade de escoamento após dois aspersores K;

d_k – Diâmetro de secção após aspersores;

V_{k-1} – Velocidade de escoamento antes de dois aspersores;

d_{k-1} – Diâmetro de secção antes de dois aspersores.

Expressão genérica da pressão antes do aspersor K:

$$P_{k-1}^+ = P_{k-1}^- - f_{k-1} \times \frac{L_{k-1}}{d_{k-1}} \times \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times V_{k-1}^2$$

P_{k-1}^+ – Pressão antes de dois aspersores K;

P_{k-1}^- – Pressão após dois aspersores k-1;

f_{k-1} – Coeficiente de atrito da tubagem;

L_{k-1} – Comprimento da tubagem entre saídas para aspersores;

d_{k-1} – Diâmetro de secção antes dos dois aspersores K.

$\rho_{\text{água}}$ – Massa específica da água

Expressão genérica da pressão no aspersor K:

$$P_{k-1,k} = P_{k-1}^+ + \left[-K_{\downarrow} \times \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times V_{k-1}^2 + \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times (V_{k-1}^2 - V_{k-1,k}^2) \right]$$

$\left[-K_{\downarrow} \times \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times V_{k-1}^2 \right]$ – Perda de pressão de A -> B

$\left[\frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times (V_{k-1}^2 - V_{k-1,k}^2) \right]$ – Energia cinética -> energia de pressão A -> B

$P_{k-1,k}$ – Pressão do aspersor K;

K_{\downarrow} – Coeficiente de atrito do acessório (tê com saída lateral);

$V_{k-1,k}$ – Velocidade no aspersor K.

Expressão genérica da pressão após o aspersor K:

$$P_k^- = P_{k-1}^+ + \left[-K_{\rightarrow} \times \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times V_{k-1}^2 + \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times (V_{k-1}^2 - V_k^2) \right]$$

P_k^- – Pressão após aspersor K;

K_{\rightarrow} – Coeficiente de atrito do acessório (tê com saída em frente);

Caso 2 (Aumento de secção após aspersor)

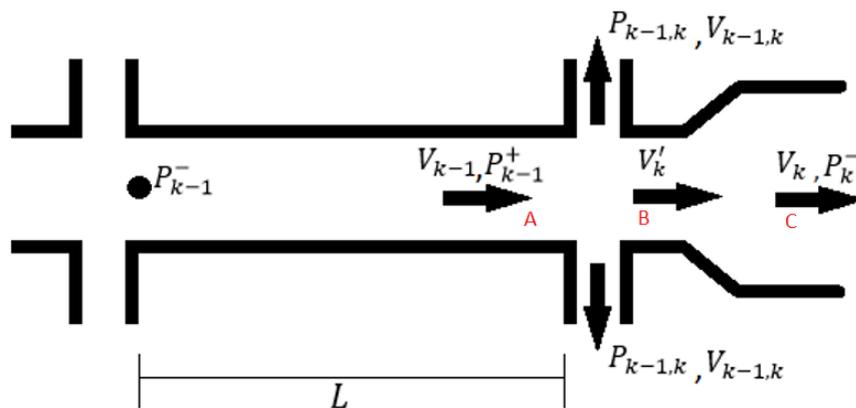


Fig. 89 – Tubagem com secção variável

Algumas condições:

- Diâmetro interno do aspersor = DN15 \approx (13,5 mm)
- Caudal do aspersor ($Q_{k-1,k} = Q_{asp}$) = $3,7 \times 10^{-5}$ [m³/s]
- Velocidade de escoamento no aspersor = 0,26 [m/s]
- Condições de entrada: P_0 ; V_0

Expressão genérica da velocidade de escoamento após o aspersor k: Igual ao caso 1

Expressão genérica da pressão antes do aspersor K: Igual ao caso 1

Expressão genérica da pressão no aspersor K: Igual ao caso 1

Expressão genérica da pressão após o aspersor K:

$$P_k^- = P_{k-1}^+ + \left[-K_{\rightarrow} \times \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times V_{k-1}^2 - K_{exp} \times \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times \left(V_k \times \left(\frac{d_k}{d_{k-1}} \right)^2 \right)^2 + \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times (V_{k-1}^2 - V_k^2) \right]$$

$$\left[-K_{\rightarrow} \times \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times V_{k-1}^2 \right] - \text{Perda de pressão B} \rightarrow \text{C}$$

$$\left[K_{exp} \times \frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times \left(V_k \times \left(\frac{d_k}{d_{k-1}} \right)^2 \right)^2 \right] - \text{Perda de pressão B} \rightarrow \text{C}$$

$$\left[\frac{1}{2} \times \rho_{\text{água}} \times (V_{k-1}^2 - V_k^2) \right] - \text{Energia cinética} \rightarrow \text{Energia de pressão: A} \rightarrow \text{C}$$

P_k^- – Pressão após aspersor K;

K_{\rightarrow} – Coeficiente de atrito do acessório (tê com saída em frente);

K_{exp} – Coeficiente *de* atrito do acessório (Aumento de secção);

$$\left(V_k \times \left(\frac{d_k}{d_{k-1}} \right)^2 \right) = V_k'$$

Cálculos em Excel

Caudal_{asp} [m³/h] 0,000037

Caudal_{troço} [m³/h] 0,003256

p_0 [kPa] = 220
 Q_0 [m³/s] = 3,256E-03
 d_0 [mm] = 47,50
 V_0 [m/s] = 1,84
 Q_d [m³/s] = 3,700E-05
 d_d [mm] = 13
 k_a [mm] = 0,007
 v_a [m²/s] = 1,00E-05
 ρ_a [kg/m³] = 1000
 K_{T1} = 0,2
 K_{T2} = 0,9
 K_{exp} = 0,9

k(dois aspersores)	d_{k-1} [mm]	L_{k-1} [m]	V_{k-1} [m/s]	$V_{k-1,k}$ [m/s]	p_{k-1} [kPa]	Re_{k-1}	f_{k-1}	p_{k-1}^+ [kPa]	$p_{k-1,k}$ [kPa]
1	47,50		1,84	0,28				220,0	216,8
2	47,50	0,33	1,80	0,28	219,7	8,53E+03	0,0324	219,4	216,4
3	47,50	0,7	1,75	0,28	219,1	8,33E+03	0,0326	218,4	215,5
4	47,50	0,33	1,71	0,28	218,2	8,13E+03	0,0329	217,8	215,1
5	47,50	0,7	1,67	0,28	217,6	7,93E+03	0,0331	216,9	214,3
6	47,50	0,33	1,63	0,28	216,7	7,74E+03	0,0333	216,4	213,9
7	47,50	0,7	1,59	0,28	216,2	7,54E+03	0,0336	215,6	213,2
8	47,50	0,33	1,55	0,28	215,4	7,34E+03	0,0338	215,1	212,9
9	47,50	0,7	1,50	0,28	214,9	7,14E+03	0,0341	214,4	212,3
10	47,50	0,33	1,46	0,28	214,2	6,94E+03	0,0344	213,9	212,0
11	47,50	0,7	1,42	0,28	213,8	6,74E+03	0,0346	213,3	211,4
12	47,50	0,33	1,38	0,28	213,1	6,55E+03	0,0349	212,9	211,1
13	47,50	0,7	1,34	0,28	212,8	6,35E+03	0,0353	212,3	210,7
14	47,50	0,33	1,29	0,28	212,2	6,15E+03	0,0356	212,0	210,4
15	47,50	0,7	1,25	0,28	211,9	5,95E+03	0,0359	211,4	210,0
16	47,50	0,33	1,21	0,28	211,3	5,75E+03	0,0363	211,2	209,8
17	47,50	0,7	1,17	0,28	211,1	5,55E+03	0,0367	210,7	209,4
18	47,50	0,33	1,13	0,28	210,6	5,36E+03	0,0371	210,4	209,3
19	47,50	0,7	1,09	0,28	210,4	5,16E+03	0,0375	210,0	209,0
20	47,50	0,33	1,04	0,28	210,0	4,96E+03	0,0379	209,8	208,8
21	47,50	0,7	1,00	0,28	209,7	4,76E+03	0,0384	209,5	208,5
22	47,50	0,33	0,96	0,28	209,4	4,56E+03	0,0389	209,3	208,4
23	47,50	0,7	0,92	0,28	209,2	4,36E+03	0,0394	209,0	208,2
24	47,50	0,33	0,88	0,28	208,9	4,17E+03	0,0400	208,8	208,1
25	47,50	0,7	0,84	0,28	208,8	3,97E+03	0,0406	208,6	208,0
26	47,50	0,33	0,79	0,28	208,5	3,77E+03	0,0413	208,5	207,9
27	47,50	0,7	0,75	0,28	208,4	3,57E+03	0,0420	208,2	207,7
28	47,50	0,33	0,71	0,28	208,2	3,37E+03	0,0428	208,1	207,7
29	47,50	0,7	0,67	0,28	208,1	3,17E+03	0,0436	208,0	207,6
30	47,50	0,33	0,63	0,28	208,0	2,98E+03	0,0445	207,9	207,6
31	47,50	0,7	0,58	0,28	207,9	2,78E+03	0,0456	207,8	207,5
32	47,50	0,33	0,54	0,28	207,8	2,58E+03	0,0467	207,7	207,5
33	47,50	0,7	0,50	0,28	207,7	2,38E+03	0,0480	207,6	207,4
34	47,50	0,33	0,46	0,28	207,6	2,18E+03	0,0293	207,6	207,4
35	47,50	0,7	0,42	0,28	207,6	1,98E+03	0,0323	207,5	207,4
36	47,50	0,33	0,38	0,28	207,5	1,79E+03	0,0359	207,5	207,4
37	47,50	0,7	0,33	0,28	207,5	1,59E+03	0,0403	207,5	207,4
38	47,50	0,33	0,29	0,28	207,5	1,39E+03	0,0461	207,5	207,4
39	47,50	0,7	0,25	0,28	207,5	1,19E+03	0,0538	207,5	207,4
40	47,50	0,33	0,21	0,28	207,5	9,92E+02	0,0645	207,5	207,5
41	47,50	0,7	0,17	0,28	207,5	7,93E+02	0,0807	207,4	207,5
42	47,50	0,33	0,13	0,28	207,4	5,95E+02	0,1076	207,4	207,5
43	47,50	0,7	0,08	0,28	207,4	3,97E+02	0,1613	207,4	207,5
44	47,50	0,33	0,04	0,28	207,4	1,98E+02	0,3227	207,4	207,5

Anexo IV – Cálculo da curva de instalação dos troços

Cálculo da curva de instalação do troço A

Tabela 14 – Tabela de significado das cores

	Input
	Valores calculados
	Valores Totais

Tabela 15 – Cálculo da velocidade de escoamento troço A

Q=A x v	
Q [m³/h] =	11,44
D [mm] =	47,5
v [m/s] =	1,79

Tabela 16 – Cálculo das perdas contínuas do troço A

Perdas contínuas	
Material Tubagem	
e(mm) =	0,007
D(mm) =	47,5
e/d =	0,000147
Re =	85180,47
λ =	0,018104
Comprimento Tubagem (m) =	45
Total K _c =	17,15108

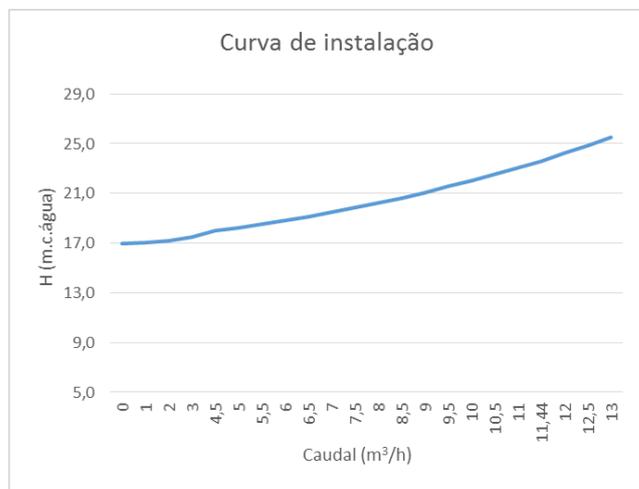
Tabela 17 – Cálculo das perdas localizadas do troço A

Perdas localizadas			
Acessórios	K _L	Nº	Total
Saida da canalização	1	1	1
Válvula Esfera	0,15	5	0,75
Curva 90°	0,9	8	7,2
Joelho 45°	0,5	4	2
Tê	0,2	1	0,2
Filtro	10	1	10
Saida depósito	0,5	1	0,5
Contração	0,5	1	0,5
Expansão	0,9	1	0,9
TOTAL K _L			23,05

Tabela 18 – Eq. Curva de instalação com o cálculo

Eq. Curva Instalação	
$H_i = H_o + k' \times Q^2$	
H _o =	17
$K_T = K_C + K_L$	
K _T	40,2
$K' = (8 \times K_T) / (g \times \pi^2 \times d^4)$	
K'	652506

Tabela 19 – Resultados do troço A



H _i	Q [m³/h]
17,0	0
17,1	1
17,2	2
17,5	3
18,0	4,5
18,3	5
18,5	5,5
18,8	6
19,1	6,5
19,5	7
19,8	7,5
20,2	8
20,6	8,5
21,1	9
21,5	9,5
22,0	10
22,6	10,5
23,1	11
23,6	11,44
24,3	12
24,9	12,5
25,5	13

Cálculo da curva de instalação do troço B

Tabela 20 – Tabela de significado das cores

	Input
	Valores calculados
	Valores Totais

Tabela 21 – Cálculo da velocidade de escoamento troço B

Q=A x v	
Q [m³/h] =	11,44
D [mm] =	47,5
v [m/s] =	1,79

Tabela 22 – Cálculo das perdas contínuas do troço B

Perdas contínuas	
Material Tubagem	
e(mm) =	0,007
D(mm) =	47,5
e/d =	0,000147
Re =	85180,47
λ =	0,018104
Comprimento Tubagem (m) =	6
Total K _c =	2,286811

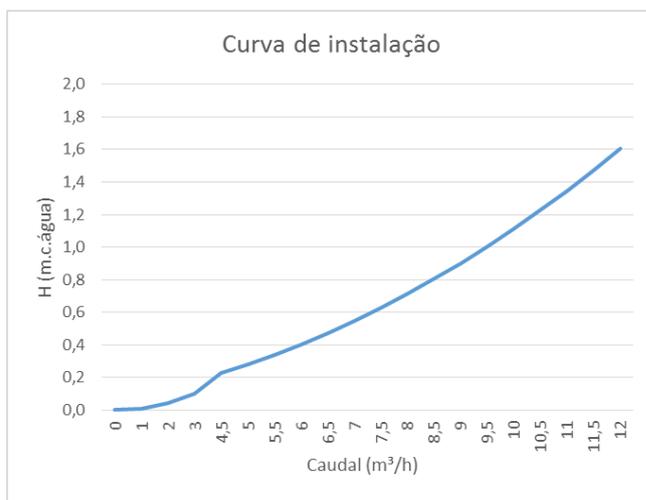
Tabela 23 – Cálculo das perdas localizadas do troço B

Perdas localizadas			
Acessórios	K _L	Nº	Total
Saida da canalização	1	0	0
Válvula fecho rápido	0,15	4	0,6
Curva 90	0,9	4	3,6
Joelho 45	0,5	2	1
Tê	0,2	0	0
Filtro	10	0	0
Saida depósito	0,5	1	0,5
Contração	0,5	0	0
Expansão	0,9	1	0,9
TOTAL K _L			6,6

Tabela 24 – Eq. Curva de instalação com o cálculo

Eq. Curva Instalação	
$H_i = H_o + k' \times Q^2$	
H _o =	0
$K_T = K_C + K_L$	
K _T	8,9
$K' = (8 \times K_T) / (g \times \pi^2 \times d^4)$	
K'	144242

Tabela 25 – Resultados do troço B



H _i	Q [m³/h]
0,0	0
0,0	1
0,0	2
0,1	3
0,2	4,5
0,3	5
0,3	5,5
0,4	6
0,5	6,5
0,5	7
0,6	7,5
0,7	8
0,8	8,5
0,9	9
1,0	9,5
1,1	10
1,2	10,5
1,3	11
1,5	11,5
1,6	12

Cálculo da curva de instalação do troço C

Tabela 26 – Tabela de significado das cores

	Input
	Valores calculados
	Valores Totais

Tabela 27 – Cálculo da velocidade de escoamento troço C

Q=A x v	
Q [m³/h] =	5,7
D [mm] =	38
v [m/s] =	1,40

Tabela 28 – Cálculo das perdas contínuas do troço C

Perdas contínuas	
Material Tubagem	
e(mm) =	0,007
D(mm) =	38
e/d =	0,000184
Re =	53051,65
λ =	0,020232
Comprimento Tubagem (m) =	12
Total K _c =	6,389091

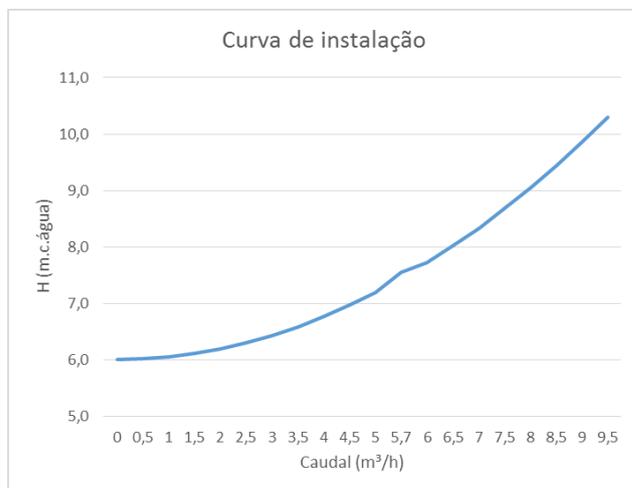
Tabela 29 – Cálculo das perdas localizadas do troço C

Perdas localizadas			
Acessórios	K _L	Nº	Total
Saída da canalização	1	1	1
Válvula fecho rápido	0,15	2	0,3
Curva 90	0,9	6	5,4
Joelho 45	0,5	0	0
Tê	0,2	1	0,2
Filtro	10		0
Saída depósito	0,5	1	0,5
Contração	0,5		0
Expansão	0,9	2	1,8
TOTAL K _L			9,2

Tabela 30 – Eq. Curva de instalação com o cálculo

Eq. Curva Instalação	
$H_i = H_o + k' \times Q^2$	
H _o =	6
$K_T = K_C + K_L$	
K _T	15,6
$K' = (8 \times K_T) / (g \times \pi^2 \times d^4)$	
K'	617743

Tabela 31 – Resultados do troço C



H _i	Q (m³/h)
6,0	0
6,0	0,5
6,0	1
6,1	1,5
6,2	2
6,3	2,5
6,4	3
6,6	3,5
6,8	4
7,0	4,5
7,2	5
7,5	5,7
7,7	6
8,0	6,5
8,3	7
8,7	7,5
9,1	8
9,4	8,5
9,9	9
10,3	9,5

Anexo V – Características das bombas



Bomba submersível de drenagem - Unilift AP12.40.04.1



Fig. 90 – Bomba Unilift AP12

Bomba submersível monocelular vertical em aço inoxidável com orifício de descarga vertical e motor de 1 fases submersível integrado, totalmente blindado, com classe de isolamento F e protecção térmica contra sobrecarga. A bomba está equipada com um filtro na aspiração.

Impulsor do tipo SEMIABERTO com passagem livre de 12 mm, adequado para o bombeamento de águas de superfície, águas subterrâneas, águas pluviais e semelhantes.

A bomba possui um empanque duplo e uma câmara de óleo intermédia pré-abastecida com óleo especial não tóxico.

A bomba tem um tubo de elevação, uma camisa de arrefecimento para o arrefecimento contínuo do motor pelo líquido bombeado e rolamentos de esferas de longa duração, profundamente estriados, com massa permanente.

A bomba está preparada para a utilização, equipada com uma pega de transporte e é fornecida com um cabo de alimentação 10 m. Este cabo é do tipo tomada com massa vedante com fibra de vidro para prevenir que entre humidade nos enrolamentos do estator.

Tabela 32 – Características da bomba Unilift AP12

Líquido	Gama de temperatura do líquido: 0 - 55 °C
Técnicos	Tipo de impulsor: SEMIABERTO Dimensão máxima das partículas: 12 mm
Materiais	Corpo da bomba: Aço inoxidável Impulsor: Aço inoxidável
Instalação	Descarga da bomba: Rp 1 1/2 Profundidade máxima da instalação: 7 m
Car. eléctricas	Tipo de motor: PSC Funcionamento C: 12 muF Potência absorvida - P1: 0.7 kW Frequência da rede: 50 Hz Tensão nominal: 1 x 230 V Corrente nominal: 3 A Cos phi - factor de potência: 0,99 Velocidade nominal: 2770 rpm
Outros	Peso líquido: 11.6 kg Peso bruto: 12.1 kg



Bomba centrífuga multicelular vertical - CR 10-5 A-FJ-A-E-HQQE

Bomba centrífuga multicelular vertical, in-line, não auto-ferrante, para a instalação em sistemas de tubagens e montagem num maciço. A bomba apresenta as seguintes características:

- Impulsores e câmaras intermédias em Aço inoxidável, DIN W.-Nr. 1.4301
- Cabeça e base da bomba em Ferro fundido
- O empanque tem um comprimento de montagem em conformidade com a EN 12756
- A transmissão de potência é efectuada através de um acoplamento bipartido de ferro fundido
- A ligação à tubagem é efectuada através de flanges DIN.



Fig. 91 – Bomba CR 10-05

Trata-se de um motor CA de 1 fases.

Tabela 33 - Características da bomba CR 10-05

Líquido	Gama de temperatura do líquido: -20 a 120 °C
Técnicos	Velocidade para características da bomba: 2730 rpm Caudal nominal: 10 m ³ /h Altura manométrica nominal: 3.6 bar Empanque: HQQE Homologações na chapa de características: CE, TR Tolerância da curva: ISO9906:2012 3B
Materiais	Corpo da bomba: Ferro fundido Impulsor: Aço inoxidável
Instalação	Temperatura ambiente máxima: 40 °C Pressão máx. à temp. indicada: 16 bar / 120 °C; 16 bar / -20 °C Flange padrão: DIN Ligação à tubagem: DN 40 Estágio da pressão: PN 16
Car. eléctricas	Tipo de motor: 90LC Número de pólos: 2 Potência nominal: 2.2 kW Frequência da rede: 50 Hz Tensão nominal: 1 x 220-230/240 V Corrente nominal: 14,0-13,6/12,6 A Corrente de arranque: 330 % Cos phi - factor de potência: 1,00 Velocidade nominal: 2730/2720 rpm Eficiência do motor com carga total: 75 %
Outros	Peso bruto: 59 kg Volume de expedição: 0.1 m ³



Bomba centrífuga multicelular vertical - CR 10-4 A-FJ-A-E-HQQE

Bomba centrífuga multicelular vertical, in-line, não auto-ferrante, para a instalação em sistemas de tubagens e montagem num maciço. A bomba apresenta as seguintes características:

- Impulsores e câmaras intermédias em Aço inoxidável, DIN W.-Nr. 1.4301
- Cabeça e base da bomba em Ferro fundido
- O empanque tem um comprimento de montagem em conformidade com a EN 12756
- A transmissão de potência é efectuada através de um acoplamento bipartido de ferro fundido
- A ligação à tubagem é efectuada através de flanges DIN.



Fig. 92 – Bomba CR 10-04

Trata-se de um motor CA de 1 fases.

Tabela 34 - Características da bomba CR 10-04

Líquido	Gama de temperatura do líquido: -20 a 120 °C
Técnicos	Velocidade para características da bomba: 2767 rpm Caudal nominal: 10 m ³ /h Altura manométrica nominal: 29.2 m Empanque: HQQE Homologações na chapa de características: CE, TR Tolerância da curva: ISO9906:2012 3B
Materiais	Corpo da bomba: Ferro fundido Impulsor: Aço inoxidável
Instalação	Temperatura ambiente máxima: 40 °C Pressão máx. à temp. indicada: 16 bar / 120 °C; 16 bar / -20 °C Flange padrão: DIN Ligação à tubagem: DN 40 Estágio da pressão: PN 16
Car. eléctricas	Tipo de motor: 90LB Número de pólos: 2 Potência nominal: 1,5 kW Frequência da rede: 50 Hz Tensão nominal: 1 x 220-230/240 V Corrente nominal: 9,90/8,90 A Corrente de arranque: 390 % Cos phi - factor de potência: 0,98/0,99 Velocidade nominal: 2750/2740 rpm Eficiência do motor com carga total: 72-70 %
Outros	Peso bruto: 53 kg Volume de expedição: 0,09 m ³

Anexo VI – Cargas térmicas de arrefecimento

Tabela 35 – Informação geográfica

Informação geográfica						
Localização	Latitude	Longitude	Altitude	Zona horária	Horário de verão (DST)	
	(°)	(°)	(m)		Mês inicial	Mês final
Coimbra	40.20	-8.42	60.00	GMT -1.00	Abril	Outubro

Tabela 36 – Condições de dimensionamento para arrefecimento

Condições de dimensionamento para arrefecimento												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperaturas												
T _s (°C)	17.60	20.50	24.80	27.60	31.40	33.50	36.50	36.20	35.00	29.60	22.50	20.00
OMT _s (°C)	7.10	7.40	9.40	9.30	9.60	10.40	11.60	11.90	11.10	8.60	6.90	6.00
Thc (°C)	12.50	12.90	15.60	17.20	18.10	21.10	22.10	21.80	21.00	18.60	16.60	14.10
OMThc (°C)	5.30	5.20	6.60	6.60	6.40	6.80	6.80	6.70	6.30	5.50	4.70	4.30
Radiação solar												
t _b	0.323	0.341	0.374	0.369	0.400	0.417	0.408	0.415	0.390	0.369	0.340	0.328
t _d	2.439	2.339	2.181	2.253	2.161	2.134	2.204	2.165	2.254	2.278	2.390	2.412
Abreviaturas												
DST	Horário de verão (Daylight Saving Time)											
T _s	Temperatura seca											
OMT _s	Oscilação média da temperatura seca											
Thc	Temperatura húmida coincidente											
OMThc	Oscilação média da temperatura húmida coincidente											
t _b	Profundidade ótica do céu limpo para a irradiação direta											
t _a	Profundidade ótica do céu limpo para a irradiação difusa											

Hall Piso 0

Tabela 37 – Cargas de arrefecimento do hall no piso 0

Resumo das cargas de arrefecimento da zona: Hall de Entrada Piso 0														
Externas					Internas		Ventilação			Totais				
A	Condução	Solar	Inf. lat.	Inf. sens.	Lat.	Sens.	Caudal	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Total	Total	
(m ²)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(l/s)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W/m ²)	(W)	
Carga máxima de arrefecimento por compartimento														
Hall de Entrada Piso 0	385.2	4596.5	9105.1	0.0	0.0	2588.1	7462.8	0.0	0.0	0.0	2588.1	21164.4	61.7	23752.5
Carga máxima simultânea de arrefecimento para o conjunto de compartimentos: 21 de Julho às 13 (12 hora solar aparente)														
Rés-do-chão - Hall de Entrada Piso 0	385.2							0.0			2588.1	21164.4	61.7	23752.5

Hall Piso 1

Tabela 38 – Cargas de arrefecimento do hall no piso 0

Resumo das cargas de arrefecimento da zona: Hall de Entrada Piso 1														
Externas					Internas		Ventilação			Totais				
A	Condução	Solar	Inf. lat.	Inf. sens.	Lat.	Sens.	Caudal	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Total	Total	
(m ²)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(l/s)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W/m ²)	(W)	
Carga máxima de arrefecimento por compartimento														
Hall de entrada Piso 1	333.5	4275.5	94614.4	0.0	0.0	2240.8	3895.2	0.0	0.0	0.0	2240.8	102785.2	315.0	105025.9
Carga máxima simultânea de arrefecimento para o conjunto de compartimentos: 21 de Julho às 13 (12 hora solar aparente)														
Planta 1 - Hall de entrada Piso 1	333.5							0.0			2240.8	102785.2	315.0	105025.9

Tabela 39 – Tabela de Abreviaturas

Abreviaturas	
A	Superfície
Condução	Cargas devidas aos ganhos de calor por condução
Solar	Cargas devidas aos ganhos de calor por radiação solar
Inf. lat.	Infiltração latente
Inf. sens.	Infiltração sensível
Lat.	Latente
Sens.	Sensível

Anexo VII – Acessórios

Troço A

Tabela 40 – Acessórios do troço A

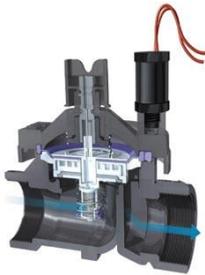
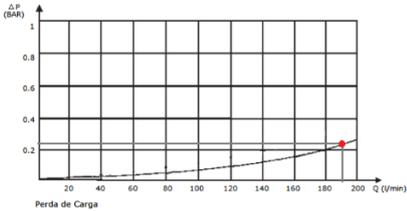
Descrição	Imagem Ilustrativa	Notas
Tubagem PVC Pressão nominal:10 bar Diâmetro: DN50		
Ligação flangeada PVC		Ligação da tubagem ao reservatório. Ligação DN 65
Redução PVC		Redução PVC DN65 para DN 40.
Joelho 90° PVC		DN50
União para tubagem PVC PN10		DN50
Terminal rosca macho		Ligação da tubagem à válvula de esfera ¼ volta; DN50
Joelho 45° PVC		Joelho para troço de ligação do reservatório á bomba, pois saída do reservatório encontrasse mais elevada.
Tê com redução		Tê de latão roscado DN40 com uma saída DN15 para instalação de um pressostato com manómetro.
Joelho 90° Latão		Joelho latão DN40

Casquilho Duplo		Casquilho duplo para ligação DN40;DN50
Casquilho duplo com redução/expansão		Casquilho duplo DN40 para DN50
Válvula PN-25		DN50; DN 40
Filtro		Fabricado em polipropileno. Sistema de fecho com tampa de rosca. Elemento filtrante: cartucho inox. Pressão máxima de funcionamento: 8bar a 20° C. Caudal: até 12 m3/h. Entrada/Saída rosca macho DN 40.
Bomba grundfos CR10-04		Bomba centrífuga multicelular vertical, in-line, não auto-ferrante, para a instalação em sistemas de tubagens e montagem num maciço. Entrada e saída DN 40
Reservatório aberto (Pressão atmosférica) com capacidade para 5000litros.		Reservatório em fibra de vidro com ligação flangeada de DN50 para troçoA, ligação flangeada DN40 para troço B, e duas entradas DN40 para ligação do troço C. Ligação para sonda de ultrassom para medição da altura de água do reservatório.

Troço B

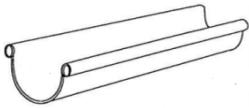
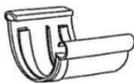
Tabela 41 – Acessórios do troço B

Descrição	Imagem Ilustrativa	Notas
Tubagem PVC Pressão nominal:10 bar Diâmetro: DN50		
Ligação flangeada PVC		Ligação da tubagem ao reservatório. Ligação DN 40
Redução/expansão PVC		Expansão PVC DN40 para DN 50.
Joelho 90° PVC		DN50
União para tubagem PVC PN10		DN50
Terminal rosca macho		Ligação da tubagem à válvula de esfera ¼ volta; DN40
Joelho 45° PVC		Joelho para troço de ligação do reservatório á bomba, pois saída do reservatório encontrasse mais elevada.
Casquilho Duplo		Casquilho duplo para ligação DN40
Válvula PN-25		DN 40

<p>Aspersor (HUNTER)</p>		<p>Rosca DN15</p> <p>Pressão recomendada: 1 a 7 Bar</p> <p>Bocal Ajustável</p> <p>Altura: 5 cm</p>
<p>Tê Especial</p>		<p>Tê para ligação de 2 aspersores DN15 roscada à tubagem principal DN 50.</p>
<p>Regulador de Pressão (HUNTER)</p>		<p>Válvula elétrica DN40</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidade de regulação da pressão: Basta colocar no indicador do regulador o valor de pressão pretendida. <p>Especificações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pressão mínima: 1,4 bar • Regulação de pressão: 1,4 a 7,0 bar.
<p>Filtro</p>		<p>Os filtros impedem, por retenção, que as partículas danifiquem as válvulas e obstruam os emissores.</p> <p>Perda de carga de 0,24 Bar para um caudal de 11,44 m³/h.</p> 
<p>Bomba grundfos CR10-05</p>		<p>Bomba centrífuga multicelular vertical, in-line, não auto-ferrante, para a instalação em sistemas de tubagens e montagem num maciço.</p> <p>Entrada e saída DN 40</p>

Troço C

Tabela 42 – Acessórios do troço C

Descrição	Imagem Ilustrativa	Notas
Caleira		Caleira para recolha de água proveniente do telhado envidraçado, DN65.
União para caleira		
Topo de caleira		
União com descarga		
Suporte para caleira		
Tubagem PVC Pressão nominal: 10 bar Diâmetro: DN40		
Ligação flangeada PVC		Ligação da tubagem ao reservatório. Ligação DN 40
Joelho 90° PVC		DN40
União para tubagem PVC PN10		União para colagem de tubagem; DN40
Terminal rosca macho		Ligação da tubagem à válvula de esfera ¼ volta; DN40

<p>Válvula de esfera de fecho rápido PN-25</p>		<p>DN 40</p>
<p>Casquilho Duplo</p>		<p>Casquilho duplo para ligação da bomba à válvula de esfera; DN40</p>
<p>Reservatório “tipo tina”</p>		<p>Dimensões: Largura – 0.4 metros Comprimento – 1,5 metros Altura – 0,4 metros Tampa perfurada para entrada DNXX para tubagem da caleira; Saída DN40 para tubagem da bomba. Funcionamento a pressão atmosférica</p>
<p>Bomba Grundfos Unilift AP12</p>		<p>Bomba submersível monocelular vertical em aço inoxidável com orifício de descarga vertical, equipada com um filtro na aspiração. Impulsor do tipo SEMIABERTO com passagem livre de 12 mm, adequado para o bombeamento de águas de superfície, águas subterrâneas.</p>