

Análise energética do sistema de aquecimento de água do COPM de Coimbra

*Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica*

Autor

Roberto Rodrigues de Jesus Faria
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Orientadores

João Carlos Antunes Ferreira Mendes
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
Avelino Virgílio Fernandes Monteiro de Oliveira
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor

João Manuel Salustiano Martins
Departamento de Cultura, Turismo e Desporto da C.M. de Coimbra

“Os cientistas sonham em fazer grandes coisas. Os engenheiros fazem-las.”

AGRADECIMENTOS

Dedico esta página para agradecer a todos os que, ao longo destes seis anos de estudo no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, me acompanharam e me ajudaram a cumprir este objectivo.

Começo por agradecer aos meus pais e aos meus irmãos, que apesar da distância sempre estiveram presentes e acompanharam-me nesta etapa, proporcionando-me a oportunidade de poder estudar e aprender o que é a Engenharia Mecânica.

Em seguida gostaria de agradecer à Câmara Municipal de Coimbra, pela autorização de poder realizar deste trabalho, ao Eng.º João Salustiano, ao Eng.º Paulo Rodrigues e à Silvina Baptista, pela paciência, boa disposição, boa camaradagem, e inestimável ajuda no conhecimento aprofundado do funcionamento dos vários equipamentos e sistemas existentes no complexo. Deixo também uma palavra de apreço a toda a equipa técnica do Centro Olímpico de Piscinas de Coimbra, pela sua disponibilidade, boa disposição e humor.

Aos meus professores orientadores João Ferreira Mendes e Virgílio Monteiro, por terem auxiliado na realização deste estágio, pela sua disponibilidade e conhecimento, pela cedência de vários equipamentos de instrumentação, pela sua orientação, bem como o ensinamento de vários temas ao longo destes seis anos de estudo.

A todos os professores que ao longo destes anos me permitiram assimilar vários conhecimentos sobre diferentes temáticas.

Por fim, a todos os meus restantes familiares, aos meus amigos Telmo, David, Christof, Tânia, Brigitte e Joana, ao meu grupo mais chegado de amigos que me acompanharam nos momentos bons e maus desta vida académica, e aos meus colegas que me acompanharam nesta etapa da minha vida.

A todos os demais o meu mais sincero, muito obrigado!

RESUMO

Os complexos desportivos com piscinas apresentam grandes consumos de energia térmica, eléctrica e de água devido à necessidade de proporcionar boas condições aos seus utilizadores, seja na temperatura das naves, como na temperatura da água dos tanques. Em Portugal estes complexos, na sua grande maioria edifícios municipais, estão ainda muito pouco estudados. Tendo em consideração o elevado consumo de energia, percebe-se a necessidade de racionalizar e de maximizar a eficiência energética, tanto mais que muitos complexos praticam preços baixos de modo a facilitar o acesso à população.

Esta análise pretende compreender o funcionamento actual do sistema térmico do Centro Olímpico de Piscinas Municipais de Coimbra, dos seus equipamentos e componentes, e tentar otimizá-lo com soluções rentáveis, práticas e de fácil instalação que atualmente existem no mercado. No caso em questão seria recomendado a instalação de uma válvula misturadora electrónica, melhorar o isolamento da instalação e isolar as válvulas existentes.

Palavras-chave:

- Piscinas;
- Energia;
- Consumo.

ABSTRACT

Sports complexes with swimming pools have large thermal energy, electricity and water consumptions because of the need to provide good conditions to users, whether in the temperature of the air, as well as the water temperature of the tanks. In Portugal these complexes, mostly municipal buildings, are still poorly studied. Taking into consideration the high energy consumption, we see the need to streamline and maximize energy efficiency, especially since many complex practice low prices in order to facilitate access to the population.

This analysis aims to understand the actual functioning of the thermal system of the Olympic Centre of Municipal Swimming Pools of Coimbra, their equipment and components, and try to optimize it with cost-effective solutions, practical and easy to install systems that actually exist on the market. In this case it would be recommended to install an electronic mixer valve, improving insulation of the existing installation and isolating valves.

Keywords:

- Swimming Pool;
- Energy;
- Consumption.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Fundamentação do tema escolhido.....	1
1.2. A Empresa	1
1.3. Objectivos do Estágio.....	2
1.4. Tarefas Desenvolvidas	2
2. Piscinas: Aspectos Legais e Técnicos	4
2.1. Enquadramento legal.....	4
2.1.1. Norma Europeia 15288-1 e 2:2009.....	4
2.1.2. Diretiva CNQ 23/93.....	4
2.1.3. Decreto-Lei n.º 5/97.....	5
2.1.4. Decreto-Lei 306/2007	5
2.2. Fontes de Energias Utilizadas	6
2.3. Componentes do Sistema de Aquecimento de Água.....	7
2.3.1. Caldeira.....	7
2.3.2. Permutador de Calor de Placas	8
2.3.3. Termoacumulador.....	9
2.3.4. Tubagem	10
2.3.5. Isolamento das Tubagens.....	10
2.3.6. Acessórios e Dispositivos de Segurança.....	11
2.3.6.1. Bomba Circuladora	11
2.3.6.2. Purgador de Ar.....	12
2.3.6.3. Válvula de Segurança.....	12
2.3.6.4. Vaso de Expansão	13
2.4. Componentes do Sistema de Tratamento de Ar	14
2.4.1. Unidade de Tratamento de Ar.....	14
2.4.2. Unidade de Tratamento de Ar Novo.....	16
2.5. Gestão e Manutenção	16
3. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO E DOS EQUIPAMENTOS	19

3.1. Caracterização do Edifício	19
3.2. Perfil de Utilização	20
3.3. Descrição dos Espaços Úteis e Não Úteis	21
3.4 Consumos.....	23
3.5. Caracterização dos Equipamentos Existentes.....	24
4. CÁLCULO DE NECESSIDADES DE AQUECIMENTO DE ÁGUA DAS PISCINAS	29
4.1. Perdas de Energia numa Piscina	29
4.4. Perdas por Evaporação.....	31
4.5. Perdas por Convecção e Radiação	32
4.6. Perdas por Condução	32
4.7. Perdas Devido à Renovação e Compensação de Água.....	33
4.8. Estimativa da Energia Térmica de AQS	33
4.9. Resultados	34
4.9.1. Perdas Associadas às Piscinas.....	34
4.9.2. Energia Térmica de AQS	35
5. MEDIÇÕES EFETUADAS	37
5.1. Instrumentos de Medição	37
5.1.1. Termopar	37
5.1.2. Dispositivo de Aquisição de Dados (<i>Datalogger/DAQ</i>).....	38
5.1.3. Anemómetro de Esfera Aquecida	39
5.2. Instrumentos Utilizados	40
5.3. AQS	41
5.4. UTA's e UTAN	43
6. SOLUÇÕES PROPOSTAS	46
6.1. Válvula Misturadora Electrónica	46
6.1.1. Cálculo do Consumo com a Válvula Misturadora Electrónica.....	47
6.1.2. Instalação.....	48
6.1.3. Orçamento	49
6.2. Isolamentos	50
6.2.1. Tubagens	50
6.2.2. Válvulas.....	51

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	53
7.1. Conclusões.....	53
7.2. Trabalho Futuros	54
BIBLIOGRAFIA	55
LEGISLAÇÃO CONSULTADA	56
ANEXOS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Secção de corte de uma caldeira pirotubular	8
Figura 2 - Esquema permutador de placas.....	8
Figura 3 – Termoacumulador em espiral.....	9
Figura 4 - Isolamento das tubagens	10
Figura 5 - Componentes bomba circuladora.....	12
Figura 6 - Válvula de segurança	13
Figura 7 - Vista aérea do COPM	19
Figura 8 - Utilização anual do COPM.....	21
Figura 9 - Consumo de gás	23
Figura 10 - Energia convertida para kW/h	24
Figura 11 - Potência útil	24
Figura 12 – Perdas energéticas associadas às piscinas	29
Figura 13 - Percentagem das perdas térmicas	35
Figura 14 - Esquema de ligação	37
Figura 15 - Esquema de funcionamento	37
Figura 16 - Representação fio condutor	38
Figura 17 - Anemómetro de esfera aquecida (direita) e datalogger	40
Figura 18 - Valores medidos pelo Termopar.....	41
Figura 19 - Valores medidos pelo sensor interno	42
Figura 20 – Valores medidos no dia 23-07-2015	43
Figura 21 - Instalação do anemómetro para medições	44
Figura 22 - Esquema de instalação da válvula misturadora (Caleffi, 2015).....	48
Figura 23 - Capa de isolamento.....	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de classificação das piscinas - Diretiva CNQ 23/93	17
Tabela 2 - Relação tipologia-temperatura	17
Tabela 3 - Requisitos de conforto-Diretiva CNQ 23/93	18
Tabela 4 - Espessuras mínimas de isolamento - fluido interior quente	11
Tabela 5 - Espessuras mínimas de isolamento - fluído interior	11
Tabela 6 - Tabela de cálculo do vaso de expansão	14
Tabela 7 - Utilização do COPM.....	20
Tabela 8 - Áreas do COPM.....	21
Tabela 9 - Área útil por nível e nomenclatura	2
Tabela 10 - Grupo de Caldeiras	25
Tabela 11 - Termoacumuladores.....	26
Tabela 12 - Permutadores de Placas	27
Tabela 13 - Especificações das UTA's.....	28
Tabela 14 – Especificações das UTAN's	28
Tabela 15 - Potência térmica dos equipamentos	30
Tabela 16 - Média de utentes	31
Tabela 17 - Parâmetros da nave e piscina	31
Tabela 18 - Taxa de evaporação	31
Tabela 19 - Perdas energéticas do plano de água.....	34
Tabela 20 - Estimativa de energia térmica para AQS.....	35
Tabela 21 - Equipamentos utilizados	41
Tabela 22 - Valores medidos na UTA P1	44
Tabela 23 - Valores medidos na UTA P2	45
Tabela 24 - Valores medidos na UTAN.....	45
Tabela 25 - Legiomix 6000.....	46

Tabela 26 - Consumo de AQS com VME	48
Tabela 27 - Dimensionamento da VME	49
Tabela 28 - Custo da instalação	49
Tabela 29 - Retorno da instalação	49
Tabela 30 - Características Armaflex	50
Tabela 31 - Orçamento Armaflex	50
Tabela 32 - Orçamento Capas de Isolamento	52

SIMBOLOGIA

c_p	Calor específico [kJ/kg.°C]
c_v	Calor de vaporização da água [kJ/kg.°C]
\dot{m}_q	Caudal mássico de água à temperatura de acumulação [kg/s]
\dot{m}_m	Caudal mássico de água à temperatura dos banhos [kg/s]
\dot{m}_f	Caudal mássico de água da rede [kg/s]
c_t	Coefficiente de transmissão de calor por condução [W/m ² .°C]
h_{conv}	Coefficiente convectivo de transmissão de calor [W/m.°C]
σ	Coefficiente de Thompson
I	Corrente elétrica aplicada no material [A]
ΔT	Diferença de temperatura [°C]
h_f	Entalpia específica da água da rede [kJ/kg]
h_m	Entalpia específica da água à temperatura dos banhos [kJ/kg]
h_q	Entalpia específica da água à temperatura de acumulação [kJ/kg]
W_a	Humidade absoluta do ar saturado à temperatura do ar ambiente [kg(ag)/kg(ar)]
W_e	Humidade absoluta do ar saturado à temperatura da água da piscina [kg(ag)/kg(ar)]
φ_a	Humidade relativa do ar [%]
m	Metros [m]
m_{H_2O}	Massa de água [kg]
ρ	Massa volúmica [kg/m ³]
$\rho_{ág}$	Massa volúmica da água [kg/m ³]
n	Número de nadadores.
Q_e	Perda térmica por evaporação [W/m ²]
\dot{Q}_{H_2O}	Perdas térmicas devido à renovação da água [W]
\dot{Q}_{conv}	Perdas térmicas por convecção [W]

Q_t	Perda térmica por transmissão de calor [W/m ²]
QT	Quantidade de calor gerada/absorvida por ação da corrente I [J]
s	Superfície de água [m ²]
S_c	Superfície de contacto [m ²]
M_e	Taxa de evaporação [kg/h]
T	Temperatura [°C]
$T_{ág pisc}$	Temperatura da água da piscina [°C]
$T_{ág rede}$	Temperatura água da rede [°C]
T_{sup}	Temperatura das superfícies exteriores [°C]
T_{ar}	Temperatura do ar ambiente dentro da nave da piscina [°C]
V	Volume [m ³]
V_r	Volume de água repostos [m ³]

ABREVIATURAS

ADC	<i>Conversor analógico-digital</i>
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i>
AQS	<i>Águas quentes sanitárias</i>
AVAC	<i>Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
CEN	<i>Comité Europeu de Normalização</i>
CN	<i>Circular Normativa</i>
CNQ	<i>Conselho Nacional de Qualidade</i>
COPM	<i>Centro Olímpico de Piscinas Municipais</i>
DAQ	<i>Dispositivo de Aquisição de Dados</i>
DL	<i>Decreto-Lei</i>
DN	<i>Diâmetro Nominal</i>
EDP	<i>Energias de Portugal</i>
EN	<i>Norma Europeia</i>
NP	<i>Norma Portuguesa</i>
P25	<i>Piscina de 25m</i>
P50	<i>Piscina de 50m</i>
UTA	<i>Unidade de Tratamento de Ar</i>
UTAN	<i>Unidade de Tratamento de Ar Novo</i>
UV	<i>Ultravioleta</i>
VAC	<i>Ventilação e Ar Condicionado</i>
VME	<i>Válvula Misturadora Electrónica</i>

1. INTRODUÇÃO

1.1. Fundamentação do tema escolhido

O consumo em termos energéticos a nível mundial tem vindo a aumentar, acompanhando o crescimento populacional, o uso crescente de energia para produção industrial e o conforto doméstico. Por isso a necessidade de uma maior gestão e mais eficaz dos recursos é fundamental para que haja um futuro sustentável. Para edifícios de dimensões consideráveis que habitualmente apresentam grandes necessidades energéticas, como é o caso do Centro Olímpico de Piscinas Municipais, as reduções nas faturas do consumo energético tornam-se ainda mais urgentes, para poder prestar um serviço mais barato à sociedade. Para além disto, permitirá reduzir as emissões gasosas associadas à produção de energias convencionais.

Os complexos desportivos com piscinas, na sua grande maioria, são edifícios municipais públicos que se caracterizam pelas suas grandes dimensões e o seu elevado consumo energético. As piscinas são espaços onde existem muitos equipamentos que trabalham durante 24h, que tem necessidades muito grandes a nível de ventilação e onde o conforto térmico é praticamente obrigatório, tudo isto leva a uma elevada utilização de energia eléctrica e fósfil, nomeadamente no aquecimento da água e do próprio espaço.

Tendo em conta que o custo do gás natural está dependente das forças dos mercados e sabendo que esse mesmo custo tem vindo a aumentar nos últimos anos, urge criar mecanismos que possam permitir uma maior eficiência energética, minimizando assim os custos envolvidos. Deste modo será ainda importante ir estudando formas viáveis de diminuir as dependências energéticas do exterior, criando estruturas que possam permitir uma forma alternativa de criação de energia.

1.2. A Empresa

Os Serviços Técnicos da Divisão de Desporto e Juventude do Departamento Cultura, Turismo e Desporto da Câmara Municipal de Coimbra, tem como principal função gerir, manter, e criar condições para os vários eventos realizados no Centro Olímpico de Piscinas Municipais, no Pavilhão Municipal Multidesportos Mário Mexia, na Piscina Municipal Luis Lopes Conceição, na Piscina Municipal de Celas e na Piscina Municipal Rui Abreu. Desempenha funções desde planeamento e manutenção dos vários equipamentos das várias instalações, na gestão de operadores e recursos, e na organização de eventos e competições internacionais que são realizadas nos vários edifícios. É composta por 3 técnicos superiores e por uma equipa de

operadores que se deslocam aos vários edifícios, dependendo da sua solicitação, sendo os principais responsáveis por garantir que estes funcionem em boas condições.

1.3. Objectivos do Estágio

No âmbito do Mestrado em Equipamentos e Sistemas Mecânicos e ao abrigo do Protocolo de colaboração entre o Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e a Câmara Municipal de Coimbra, foi realizado o Estágio no Centro Olímpico de Piscinas Municipais pertencente ao Departamento de Cultura Turismo e Desporto.

O objectivo do estágio concentrou-se no estudo do grupo térmico responsável pelo aquecimento de AQS, da água da piscina e do aquecimento da nave do COPM de Coimbra, com a finalidade de reduzir o consumo final de gás e melhorar a eficiência do circuito actualmente instalado, com a menor das alterações possíveis, utilizando métodos práticos e de baixo custo.

1.4. Tarefas Desenvolvidas

De Janeiro a Setembro de 2015, vim a acompanhar os técnicos superiores e os seus operadores nos vários trabalhos realizados nas diferentes instalações mencionadas, desde a instalação de bombas circuladoras no circuito de AQS, na limpeza de filtros de água, no *retrofit* de UTA's e levantamento de dados técnicos dos vários equipamentos existentes.

Um dos primeiros trabalhos desenvolvidos no estágio foi a elaboração de um inventário de todos os equipamentos técnicos existentes nos cinco edifícios, incluindo caldeiras, UTA's, bombas, termoacumuladores, entre outros. Foi um trabalho moroso devido à quantidade e variedade de equipamentos, ou simplesmente pela falta de dados técnicos. No inventário estão incluídos dados como o número de série, o peso do equipamento, local instalado, classificação hierárquica, modelo, marca, potência útil, entre outros. Em anexo apresenta-se uma página exemplo.

Ao longo dos meses foram visitadas os vários edifícios, seja por motivos de gestão e manutenção, mas também para melhor conhecer e compreender as suas diferentes configurações.

Outro trabalho desenvolvido foi a execução de um *retrofit* nas UTA's da Piscina Municipal de Celas. É a instalação mais antiga do município e requer um maior cuidado e atenção, visto que os seus equipamentos já têm mais de vinte anos. O sistema de refrigeração das UTA's continha

cerca de 6 kg de refrigerante R-32, nocivo para o meio ambiente e de baixo rendimento, deste modo foi elaborado um plano de trabalho para a substituição para o refrigerante R-134a. O *retrofit* foi elaborado em conjunto com a empresa Electroclima, especializada em equipamentos de AVAC.

Nas mesmas instalações, foi feita a reparação de um dos dois filtros de água, fabricado em fibra de vidro que utiliza vários tamanhos de areia (fina, média e grossa) para efectuar a filtração. Um dos selos inferiores do filtro estava deteriorado e começou a verter água, e em conjunto com os operadores foi feita a sua substituição por um selo novo.

Já no COPM, foi realizada a manutenção das condutas de AVAC que fazem a insuflação de ar nas duas naves e limpeza das grelhas. Foram também substituídas as bombas circuladoras do circuito de AQS, instaladas em cada um dos termoacumuladores.

Durante o desenrolar desta análise foram dados vários passos, no intuito da progressão gradual do trabalho ser feita em várias fases.

Primeiramente foi efectuada uma visita às instalações com o reconhecimento dos circuitos principais de água, térmico e de ventilação, bem como da maioria dos seus equipamentos, levando à criação de um diagrama de princípio que permitisse uma rápida análise.

De seguida foi aproveitado o inventário realizado para retirar os dados técnicos de cada equipamento de forma a entender o funcionamento dos diversos circuitos do COPM.

Foram feitas também medições no local de dados de temperatura no circuito de água quente para melhor compreender o comportamento do mesmo. Também no local efectuaram-se medições de velocidade e humidade do ar nas respectivas unidades de tratamento de ar (UTA).

Efectuou-se a finalmente uma comparação dos dados obtidos no estudo com os indicadores considerados de referência e fez-se uma análise crítica.

2. Piscinas: Aspectos Legais e Técnicos

2.1. Enquadramento legal

2.1.1. Norma Europeia 15288-1 e 2:2009

A 25 de Julho de 2008 o *Comité Europeu de Normalização* (CEN) aprovou a *Norma Europeia* (EN) 15288 “*swimming pools*”. Esta norma subdivide-se em duas partes: a primeira está relacionada com os requisitos de segurança para a conceção e a segunda aos requisitos de segurança para o funcionamento.

Esta norma tem como principal objetivo especificar os requisitos de segurança relativamente à conceção e funcionamento das piscinas, sendo dirigida a todos os responsáveis pelo seu funcionamento e gestão. Nela estão descritas recomendações construtivas, de planeamento e operação, bem como recomendações sobre riscos para o pessoal e utilizadores das piscinas públicas.

Também é de ter em conta que questões energéticas nos edifícios que incorporam piscinas não são salientadas em nenhum dos pontos desta norma, deixando assim um vazio normativo neste documento. É um ponto que deve ter uma grande relevância uma vez que, relativamente às energias, a conjuntura atual é bastante relevante.

Dito isto, e atendendo a questões energéticas nos edifícios desportivos, mais concretamente as piscinas, terá de se optar por outros documentos legais.

2.1.2. Diretiva CNQ 23/93

Esta diretiva descreve uma variedade de recomendações e cuidados relativamente à segurança, higiene, funcionalidade e aos fatores responsáveis pela qualidade nas piscinas de uso público. A diretiva CNQ 23/93 tem como objetivo “*fixar, com carácter geral, as disposições de segurança, hígio-sanitárias, técnicas e funcionais, que devem ser observadas nas piscinas e nos estabelecimentos dedicados a actividades recreativas aquáticas correlacionadas, de uso público*”. No capítulo I desta diretiva, são especificados certos aspectos relativamente à localização e implementação das piscinas, de forma a que o local em que estas são construídas tenha bom acesso a recursos e não tenham impacto negativo no ambiente que as rodeia. Para tal devem ter boas condições de exposição a raios solares, de proteção contra os ventos dominantes e de proteção relativamente a fontes de poluição atmosférica, hídrica e sonora. Refere-se também que no local de implementação das piscinas, estas devem ter condições de

acesso às diferentes infraestruturas e serviços urbanos, em particular às redes de abastecimento e distribuição de água potável, boa condução de esgotos pluviais e domésticos, distribuição de energia eléctrica, serviços de distribuição de gás e serviços de resíduos.

2.1.3. Decreto-Lei n.º 5/97

Este decreto tem como objectivo *“definir as condições a que devem obedecer os recintos com diversões aquáticas, adiante designados por recintos, com vista a proporcionar adequadas condições de segurança aos utentes, a limitar os riscos da ocorrência de acidentes, a facilitar a evacuação dos ocupantes e sinistrados e a proporcionar a intervenção dos meios de socorro.”*

É ainda contemplado, nos seus anexos, a classificação e a caracterização dos espaços das atividades aquáticas, os parâmetros de controlo sanitário da água, os requisitos das instalações de filtração de água e a sinalização indicadora do uso das atividades, das suas proibições e limitações.

2.1.4. Decreto-Lei 306/2007

De acordo com o capítulo III, secção I, artigo 30º, n.º1 – água para consumo humano, as águas a utilizar em piscinas devem ser potáveis e estar de acordo com a legislação em vigor.

Assim, o DL 306/2007 de 27 de Agosto, no seu âmbito estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Então, o referido decreto define, entre outros aspetos, os requisitos de utilização de água para consumo humano, sendo mais tarde definidos pelo DL 306/2007.

2.1.5. Circular Normativa n.º 14/DA

Devido ao enorme crescimento da procura de piscinas para a realização de atividades físicas, a *Direção Geral de Saúde* (DGS), desenvolveu a Circular Normativa n.º 14/DA de 21 de Agosto de 2009, criando assim o Programa de Vigilância Sanitária de Piscinas (PVSP).

Nela definem-se objetivos gerais, nomeadamente: *“uniformizar procedimentos relativos à vigilância sanitária de piscinas, a adotar pelos serviços de saúde pública, apresentando esquematicamente as várias ações a empreender no âmbito desse programa”*, como também,

“indicar os parâmetros microbiológicos e físico-químicos a analisar, os valores de referência máximos (ou indicativos) e as técnicas de amostragem no âmbito das ações de monitorização da qualidade da água da piscina e o ar, quando necessário”.

No seu âmbito de segurança estão incluídas as piscinas de tipo 1, públicas, as de tipo 2, semi-públicas, excluindo as de tipo 3, uso privado, uma vez que têm um funcionamento reduzido.

2.1.6. Decretos-Lei 118/2013, Portaria 349-D e Portaria 353-A

No que se refere às piscinas aquecidas cobertas até 500 m², e de encontro ao definido no capítulo IX, artigo 27º, n.º 7 do DL 79/2006, as mesmas devem estar abrangidas com a certificação energética. Neste mesmo regulamento, no capítulo IX, artigo 33º - Requisitos da manutenção da qualidade do ar interior, é referido que com a periodicidade de 2 anos, os edifícios que alberguem instituições de ensino ou espaços desportivos, devem ser providos de uma auditoria. É citado, ainda, que as caldeiras e equipamentos de climatização, de acordo com a potência e tipo de energia utilizada, devem realizar inspeções periódicas.

2.2. Fontes de Energias Utilizadas

No COPM e em grande parte das instalações em Portugal, são utilizados apenas fontes de energia não renováveis, de origem fóssil, nomeadamente gás natural e energia eléctrica proveniente da rede municipal. No entanto actualmente podemos observar que há um maior esforço para se adaptar as instalações existentes para a utilização de fontes de energia renováveis, em particular e por razões práticas a energia solar para aquecimento de águas e de espaços.

O gás natural é utilizado pelo seu elevado poder calorífico e relativo baixo custo. A composição do gás natural pode variar muito, dependendo de fatores relativos ao reservatório, processo de produção, condicionamento, processamento e transporte. De uma maneira geral, o gás natural apresenta um teor de metano superior a 70% na sua composição, densidade menor que 1 e poder calorífico superior que ronda os 10,76 kWh/m³ (dados EDP).

2.3. Componentes do Sistema de Aquecimento de Água.

2.3.1. Caldeira

Caldeira é um permutador de calor que, trabalhando com pressão superior à pressão atmosférica, pode ou não produzir vapor, a partir da energia térmica fornecida por uma fonte qualquer. É constituída por diversos equipamentos integrados, para permitir a obtenção do maior rendimento térmico possível e maior segurança. (Jorge Nham, 2010)

Esta definição abrange todos os tipos de caldeiras, sejam as que vaporizam água, mercúrio ou outros fluídos e que utilizam qualquer tipo de energia, incluindo a elétrica. Quase sempre, a fonte para a produção de calor é um combustível especificamente utilizado para esta finalidade mas podem ser aproveitados, também, outros calores residuais de processos industriais, gases escape de motores diesel ou de turbinas a gás.

Por ser bastante mais vantajoso em termos de condução e menores emissões poluentes, o combustível gasoso é, hoje em dia o combustível mais usual. Comparativamente com as caldeiras que queimam fuelóleo, as caldeiras a gás têm menores custos de investimento que se devem essencialmente a:

- Menor custo na aquisição de um queimador a gás, pois é menos complexo do que um equipamento equivalente para um a fuelóleo;
- Inexistência de equipamentos auxiliares necessários com o fuelóleo (armazenagem, aquecimento, bombagem e filtragem);
- Menores restrições regulamentares.

Nas caldeiras a gás, também os custos de manutenção são mais reduzidos quando comparados com os das caldeiras a fuelóleo, devido principalmente a:

- Menores custos de manutenção nos queimadores a gás;
- Menores custos de manutenção das próprias caldeiras devido à combustão do gás ser um processo bastante limpo;
- Inexistência de custos de manutenção com os equipamentos auxiliares evitados.

Para o edifício do COPM foi selecionada uma caldeira pirotubular. O fluído permanece no estado líquido, apenas com temperatura elevada para ser aproveitado nos processos de aquecimento, formando, deste modo, a linha de caldeiras de água quente.

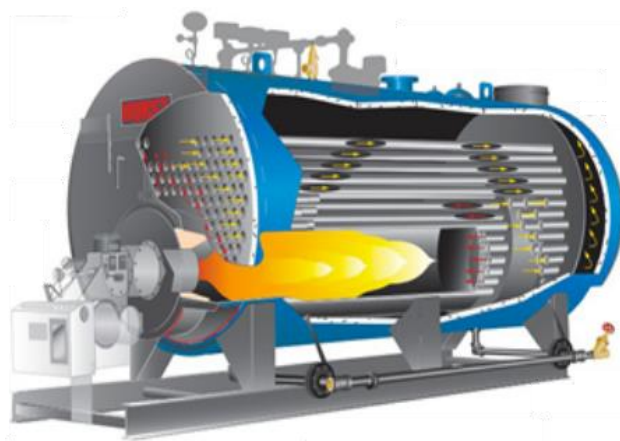


Figura 1 - Secção de corte de uma caldeira piro-tubular (Cici Boilers, 2005)

2.3.2. Permutador de Calor de Placas

Os permutadores de placas são constituídos por placas de transferência de calor que separam os dois fluídos que permutam calor. As placas são dotadas de nervuras ou relevo de modo a guiar o escoamento do fluído e promover a sua mistura. O relevo das placas permite também obter alguma rigidez. A figura 6 representa um esquema de um permutador de placas.

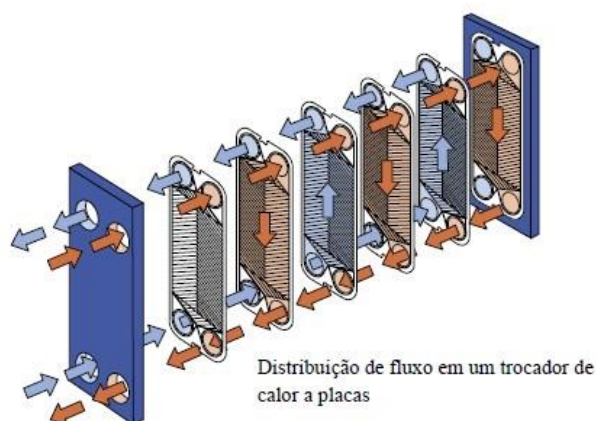


Figura 2 - Esquema permutador de placas (VM Brasil, 2014)

Nos permutadores de placas, o fluído é distribuído nos canais formados entre as placas por orifícios situados nos cantos das placas que permitem formar uma conduta de distribuição ou recolha do caudal de fluído. Estas condutas são formadas pelos orifícios existentes em todas as placas, sendo o escoamento do fluído condicionado pelas vedações que são montadas entre as placas que condicionam a distribuição do fluído entre pares de placas alternados. As placas podem ser apertadas entre placas terminais por tirantes permitindo uma abertura para limpeza entre as placas com facilidade. (João Azevedo, 2005)

Quando o número de placas é pequeno as placas podem ser soldadas formando então uma unidade mais compacta mas que não pode ser limpa. Em qualquer dos casos para além das placas térmicas (entre canais com fluídos) existem sempre duas placas do mesmo tipo nas extremidades e no exterior destas duas outras placas que permitem formar uma estrutura.

2.3.3. Termoacumulador

O termoacumulador é um sistema de aquecimento de água que dispõe de um grande reservatório próprio para colocar água. O reservatório é coberto por uma camada isolante exterior, que ajuda a não perder calor. Contém duas saídas, uma conduta de saída de água quente e outra conduta de entrada que é de água fria, onde fica instalado o grupo de segurança que tem como objectivo libertar o excedente de pressão interna. Contém também um termostato que ajuda a regular a temperatura no seu interior, bem como uma interface de controlo no exterior de modo a definir a temperatura desejada da água.

Existem tipologias distintas de depósitos: os depósitos de câmara interna, que contém, lateralmente, uma câmara onde circula o líquido proveniente dos painéis; depósitos com serpentina, podendo eles ser simples, duplos ou triplos, dependendo da aplicação a que se destinam; depósitos combinados, que têm como prioridade satisfazer mais do que uma necessidade de água quente; ou apenas depósito de armazenamento de águas.

Em termos construtivos, devem ser concebidos num material que resista bem a grandes variações de pressão e de temperatura, bem como, resistente à corrosão. De modo a reduzirem-se as perdas, este componente deve ser munido de um isolante térmico. Geralmente é utilizado poliuretano ou lã de rocha, sendo a sua espessura diretamente dependente do seu tamanho.

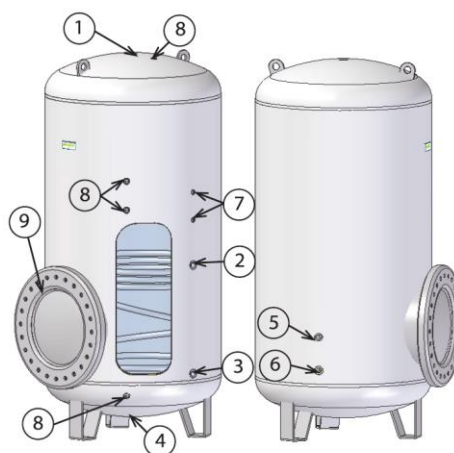


Figura 3 – Termoacumulador em espiral (Mecalia, 2012)

2.3.4. Tubagem

As tubagens têm como função o transporte do fluído, neste caso água, por toda a instalação. Devido a existirem três circuitos independentes, o primário, o circuito de AQS e o circuito de água dos tanques, o tipo de material em cada um deles deve ser selecionado mediante as temperaturas que lá se fazem notar.

O circuito principal é composto pela tubagem que faz a recirculação da água quente proveniente das caldeiras, água esta que sai da caldeira a aproximadamente 70°C, e retorna para reaquecimento a cerca de 50°C. Este é um circuito fechado, sendo que este fluido nunca se mistura com a água de consumo, seja ela para aquecimento da água dos tanques ou para aquecimento de AQS. Logo, para esta tubagem foi selecionado um material que suporta temperaturas elevadas, sendo o aço inox AISI 316L o escolhido para o circuito principal.

No circuito de AQS, no qual a temperatura é próxima dos 50°C, também foi selecionado um aço inox. Esta tubagem é das maiores do edifício abrangendo grande parte dos níveis 1 e 2 do edifício.

Para o circuito de água dos tanques foi selecionada uma tubagem em PVC, pois a temperatura da água deste circuito é de apenas 30°C. Esta tubagem encontra-se maioritariamente no nível 1, onde é feita toda a distribuição de água nos tanques.

2.3.5. Isolamento das Tubagens

É um constituinte de extrema relevância em todo o circuito térmico, sendo fundamental para o seu bom funcionamento. O isolamento deve ser de baixa condutividade térmica e deve conseguir suportar a temperatura de funcionamento mais elevada possível. No caso de ser aplicado no exterior, deve ser protegido mecanicamente, contra a radiação *Ultravioleta* (UV), as intempéries e a corrosão da água, através de uma cobertura metálica (vd. figura 4).



Figura 4 - Isolamento das tubagens

De acordo com o Anexo III do DL n.º 79/2006 de 4 de Abril, são especificadas as espessuras mínimas de isolamento de tubagens para fluido interior quente e para o fluido interior frio, apresentadas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Espessuras mínimas de isolamento - fluido interior quente

Diâmetro exterior [mm]	Temperatura do fluido [°C]			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

Tabela 2 - Espessuras mínimas de isolamento - fluido interior frio

Diâmetro exterior [mm]	Temperatura do fluido [°C]			
	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
$D \leq 35$	40	30	20	20
$35 < D \leq 60$	50	40	30	20
$60 < D \leq 90$	50	40	30	30
$90 < D \leq 140$	60	50	40	30
$140 < D$	60	50	40	30

2.3.6. Acessórios e Dispositivos de Segurança

2.3.6.1. Bomba Circuladora

Quando falamos em bombas circuladoras temos como de diferenciar os dois principais tipos, bombas circuladoras de rotor imerso e as bombas circuladoras de rotor seco, que podem ser utilizados em sistemas do tipo aquecimento ou arrefecimento central, aquecimento de águas sanitárias, sistemas com caldeiras, bombas de calor, sistemas solares, entre outros.

Estas devem sempre ser instaladas com o eixo principal na posição horizontal, garantindo-se assim, que os rolamentos do motor sejam adequadamente lubrificados e refrigerados, favorecendo-se, conseqüentemente, o aumento do seu ciclo de vida. As bombas de rotor imerso são simples, estanques e o preço de compra é relativamente baixo relativamente às bombas de rotor seco, no entanto, têm um tempo de vida comparativamente curto e uma eficiência energética baixa. Para além disso, as bombas de rotor imerso são sensíveis a resíduos no líquido da bomba e não conseguem trabalhar com meios agressivos.

Para um bom funcionamento do sistema é primordial evitar o fenómeno da cavitação. Trata-se de um fenómeno hidráulico associado à formação de bolhas de vapor ou ar no líquido, o que levará à degradação de alguns dos componentes das bombas circuladoras. Essas bolhas

formam-se quando a pressão estática local do líquido em movimento diminui até atingir o valor igual ou inferior ao da pressão de vapor desse mesmo líquido a uma determinada temperatura.

A figura 5 ilustra os vários componentes que constituem uma bomba circuladora de rotor imerso:

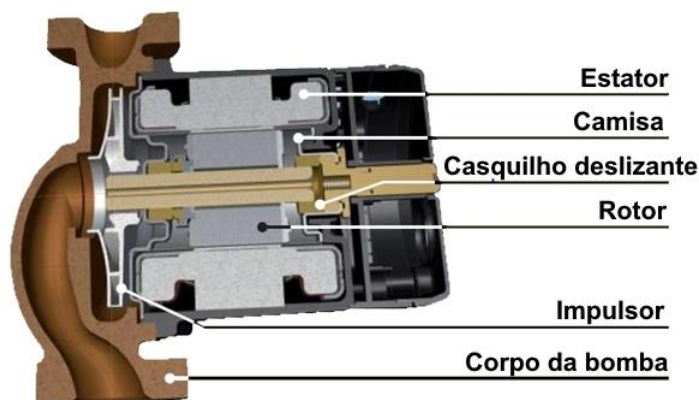


Figura 5 - Componentes bomba circuladora

2.3.6.2. Purgador de Ar

Os purgadores de linha permitem a evacuação do ar de forma automática. O purgador deve ser instalado na posição vertical e em locais da instalação onde poderá haver acumulação de ar. Tem como função proteger as instalações hidráulicas e os elementos que a constituem. A pressão de descarga da válvula de segurança tem de ser inferior à pressão máxima admitida pelo elemento mais sensível do circuito.

O ar que normalmente se forma no interior das tubagens de aquecimento deve ser eliminado de forma rápida para evitar:

- Fenómenos de corrosão;
- Diminuição da distribuição térmica e da eficiência hidráulica;
- Sobreaquecimentos localizados;
- Ruídos devidos à passagem das bolhas de ar;
- Perigo de desgaste da bomba circuladora.

2.3.6.3. Válvula de Segurança

Os sistemas que trabalham com fluidos a elevadas temperaturas, têm que estar munidos com uma válvula de segurança com um *Diâmetro Nominal* (DN) mínimo DN 15, na secção de entrada. Esta válvula é regulada em termos de pressão, em que quando a pressão é excedida a

válvula abre permitindo o escoamento do fluido de transferência térmica para um depósito coletor (vd. figura 6).



Figura 6 - Válvula de segurança

2.3.6.4. Vaso de Expansão

Este dispositivo de segurança tem como principal objetivo absorver as dilatações que se fazem assinalar nas tubagens devido à elevada temperatura da água, e como tal este deve ser suficiente para suportar a expansão do fluido.

Trata-se de um recipiente em metal fechado onde existe na sua parte central uma membrana flexível que separa dois meios: o azoto a uma pressão pré-estabelecida ou ar comprimido e o fluido de transferência térmica que entra no vaso de expansão quando aquecido. Em termos de instalação, este dispositivo deve estar situado no circuito de retorno, visto que nele as temperaturas são manifestamente mais reduzidas que no circuito primário.

São dispositivos destinados a compensar o aumento do volume da água provocado pela subida da temperatura, quer nas instalações de aquecimento quer nas de produção de água quente sanitária. Como é de conhecimento geral quando aquecemos um corpo ele dilata ao dilatar faz aumentar a pressão dentro do circuito. Como os circuitos são fechados esse aumento da pressão pode originar rupturas na tubagem entre outros problemas que podem danificar os circuitos. Isto pode acontecer sempre que a sua dilatação atinja valores superiores às condições normais de funcionamento. As situações mais extremas verificam-se nos sistemas solares, quando ocorre a vaporização do fluido térmico nos colectores, devida à elevada radiação térmica, durante períodos extensos de tempo. Os vasos de expansão minimizam estes problemas e possibilitam também a acumulação de alguma reserva de fluido térmico. Este fluido é introduzido no circuito primário, sempre que houver libertação de fluido térmico pelas válvulas de segurança.

Para se obter o volume aconselhável do vaso, basta multiplicar o conteúdo total de água da instalação, em litros, pelo valor indicado na tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de cálculo do vaso de expansão

Pressão de regulação da válvula de segurança [bar]	Pressão de pré-carga [bar]											
	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	
2,25	0,091	0,106	0,134	0,175	0,253	--	--	--	--	--	--	
2,50	0,082	0,094	0,111	0,136	0,175	0,245	--	--	--	--	--	
2,70	0,076	0,086	0,100	0,118	0,144	0,185	0,259	--	--	--	--	
3,00	0,070	0,078	0,088	0,100	0,117	0,140	0,175	0,233	--	--	--	
3,50	0,063	0,068	0,075	0,083	0,093	0,105	0,121	0,143	0,175	0,225	--	
4,00	0,058	0,063	0,067	0,073	0,080	0,088	0,097	0,109	0,125	0,146	0,175	
4,50	0,550	0,058	0,062	0,066	0,071	0,077	0,084	0,092	0,101	0,113	0,128	
5,00	0,052	0,055	0,058	0,062	0,066	0,070	0,075	0,081	0,088	0,095	0,105	
5,40	0,051	0,053	0,056	0,059	0,062	0,066	0,070	0,075	0,080	0,086	0,093	
6,00	0,049	0,051	0,053	0,056	0,058	0,061	0,064	0,068	0,072	0,077	0,082	

2.4. Componentes do Sistema de Tratamento de Ar

2.4.1. Unidade de Tratamento de Ar

Uma unidade de tratamento de ar (UTA) é um dispositivo usado para condicionamento, seja este arrefecimento ou aquecimento, e circulação de ar. Normalmente, uma UTA consiste numa grande caixa metálica que contém um ventilador mecânico, elementos de aquecimento e arrefecimento, elementos de filtragem, atenuadores de ruído e grelhas de admissão e saída. Existem vários tipos de UTA's, compactas, modulares, residenciais, de baixo perfil (normalmente instalada em tetos falsos), ou *Rooftop* (habitualmente instalada nas coberturas dos edifícios), mas todas cumprem a mesma função.

Normalmente, as unidades de tratamento de ar estão ligadas às condutas de AVAC, que tanto distribuem o ar condicionado pelo edifício como fazem extração do ar de volta às unidades de tratamento de ar. Contudo, em alguns casos, uma UTA poderá insuflar e extrair o ar para o espaço a ventilar, diretamente sem passar por condutas.

Típicamente as UTA's empregam um grande ventilador centrífugo, acionado por um motor elétrico de corrente alterna, para movimentar o ar. O ventilador pode operar a uma única velocidade, a várias velocidades pré-estabelecidas ou poderá conter um variador de velocidade, permitindo um maior controlo e uma maior variedade de caudais. O caudal de ar também pode ser controlado através do uso de grelhas reguláveis. Em unidades industriais, poderá existir múltiplos ventiladores, normalmente colocados na conduta de extração e outro na conduta de insuflação.

Os ventiladores podem produzir vibrações substanciais e ruídos, que se propagam para o resto do edifício através das condutas. De modo a evitar este fenómeno, normalmente são incorporados isoladores de vibrações nas condutas posteriores e anteriores à UTA, bem como

na ligação entre o compartimento do ventilador e o resto da UTA. Normalmente são construídos em borracha ou outros materiais flexíveis.

Dependendo da necessidade da instalação, uma UTA poderá fornecer aquecimento ou arrefecimento ou ambos no ar a ser tratado. As unidades mais pequenas podem incluir um aquecedor a combustível ou um evaporador de refrigeração colocado diretamente no fluxo de ar, e também podem ser utilizadas resistências eléctricas ou bombas de calor. Em grandes unidades utilizam-se serpentinas para troca de calor, que fazem circular água, vapor ou ar quente para aquecimento ou água fria para arrefecimento. As serpentinas são tipicamente compostas por tubos de cobre e por alhetas de cobre ou alumínio de forma a facilitar a permuta. As serpentinas para arrefecimento empregam tabuleiros para recolha e drenagem dos condensados.

A filtragem do ar é um elemento que está sempre presente, de forma a ser fornecido ar limpo e sem partículas ao interior de um edifício. A filtragem pode ser efetuada através de filtros electrostáticos, filtros de partículas de alta eficiência, ou de filtros que conjugam várias técnicas, onde também podem ser empregues tratamentos por ionização ou por ação ultravioleta. Os filtros são tipicamente instalados junto à entrada de ar na UTA, de forma a manter todos os seus restantes componentes limpos. Geralmente são instalados aos pares, com um pré-filtro para filtrar as partículas grossas e um filtro rígido para filtrar as partículas mais finas. São instalados nesta disposição pois os filtros de partículas grossas são de substituição mais económica e destinam-se a proteger os filtros rígidos, mais sensíveis e dispendiosos.

Em climas mais frios, a humedificação do ar é frequentemente necessária, onde o aquecimento contínuo torna o ar mais seco, o que resulta numa qualidade do ar interior desconfortável e no aumento de electricidade estática. Numa UTA podem ser utilizados vários tipos de humidificadores entre eles os evaporativos, vaporizadores, pulverizadores, ultrassónicos, ou de meio molhado. Em grandes unidades é comum a utilização de vaporizadores, que utiliza o vapor de uma caldeira soprando diretamente no ar.

Além da introdução de ar novo e extração do ar interior de um edifício, a maioria das UTA's podem reaproveitar parte do ar retirado do interior do edifício, fazendo-o recircular. Em climas temperados, pode ser realizada uma mistura adequada de ar fresco exterior com ar recirculado mais quente vindo do interior com o fim de colocar o ar de insuflação a uma temperatura adequada. É então usado um módulo de mistura, equipado com grelhas que controlam a razão da mistura entre o ar novo e o ar recirculado.

É também necessário um sistema de controlo de AVAC para regular todos os parâmetros do funcionamento de uma UTA, como o caudal de ar, a temperatura do ar de insuflação, a

temperatura do ar misturado, a humidade e a qualidade do ar. Um sistema destes pode ser tão simples como um termostato de desligar/ligar ou tão complexo como um sistema informático de gestão técnica centralizada de um edifício. Para este tipo de controlo é típico encontrar sensores de temperatura, de humidade, interruptores, atuadores, motores e controladores.

2.4.2. Unidade de Tratamento de Ar Novo

As unidades de tratamento de ar novo (UTAN), são em grande parte muito semelhantes às UTA's, onde a sua principal diferença está no aproveitamento do ar. As UTAN's são igualmente compostas por uma caixa metálica, contendo um ventilador mecânico acionado por um motor eléctrico, podendo ou não possuir elementos de arrefecimento ou aquecimento, mas ao contrário das UTA's, apenas utilizam ar 100% novo.

Típicamente possuem um ou mais ventiladores, acionados por motores eléctricos de corrente alternada de grande potência, instalados na conduta de extração e insuflação, no entanto não possuem módulo de mistura, visto que apenas usam ar novo. Igualmente utilizam filtros de ar, um pré-filtro para partículas grossas e um filtro rígido para partículas mais finas.

São utilizadas principalmente na ventilação de balneários ou instalações sanitárias, onde os maus odores e acumulação de vapor são maiores. Dito sito, produzem um grande caudal de ar na insuflação e igualmente na extração, com o objetivo de renovar o máximo de ar possível no espaço a ventilar.

2.5. Gestão e Manutenção

A Diretiva CNQ 23/93, define “piscina” como *“uma parte ou um conjunto de construções e instalações que inclua um ou mais tanques artificiais apetrechados para fins balneares e atividades recreativas, formativas ou desportivas aquáticas”*. Faz ainda a distinção entre “piscina” e “piscina de uso público”, referindo-se à ultima como, *“as piscinas e os estabelecimentos de recreação aquática que podem ser utilizados pelo público em geral, independentemente da sua titularidade ou forma de ingresso, e estejam ou não integradas em espaços públicos municipais, clubes desportivos, escolas, parques de campismo, hotéis, complexos turísticos”*.

Nesta norma, são atribuídas diferentes classificações de acordo com vários parâmetros, seja a nível de funcionalidade ou tipologia construtiva como apresentado na tabela 4.

Tabela 4 - Critérios de classificação das piscinas - Diretiva CNQ 23/93

Ambiente ou Tipologia Construtiva	Ar livre
	Cobertas
	Combinadas
	Convertíveis
	Desportivas
Valência ou Tipologia Funcional	Desportivas para saltos
	Aprendizagem e recreio
	Infantis ou Chapinheiros
	Recreio e Diversão
	Polifuncionais

As piscinas “cobertas” são definidas pela Diretiva CNQ 23/93 como “*um ou mais tanques artificiais confinados em ambientes constituídos por estruturas fixas e permanentes*”, sendo esta a qual o COPM se enquadra. Refere também que, no que toca à gestão e ao controlo do funcionamento das piscinas e dos estabelecimentos aquáticos, os proprietários das mesmas devem dispor de pessoal técnico devidamente habilitado para o seu bom funcionamento.

Uma piscina municipal é uma infraestrua exigente em vários níveis, pelo que é importante cumprir os diversos aspectos normativos, desde a sua concepção até à própria gestão, de forma a garantir a segurança e conforto dos seus utilizadores.

Neste âmbito, a Diretiva CNQ 23/93 aconselha valores de temperatura da água, conforme a tipologia do tanque, apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Relação tipologia-temperatura

Tipologia do Tanque	Temperatura [°C]
Desportivos	24 a 26
Desportivos para saltos	26 a 28
Aprendizagem e recreio	26 a 28
Infantis ou Chapinheiros	28 a 30
Recreio e diversão	26 a 28
Polifuncionais	26 a 28

Diferentes temperaturas são adoptadas para funcionalidades distintas, como no caso dos tanques “infantis ou chapinheiros”, onde a temperatura é mais elevada, pois as crianças e em particular os bebés, têm uma temperatura de conforto mais elevada comparativamente a um atleta ou um adulto.

A mesma norma refere ainda valores no que respeita a requisitos de conforto termo-higrométrico (vd. tabela 6).

Tabela 6 - Requisitos de conforto-Diretiva CNQ 23/93

Requisitos	Valores
Humidade Relativa do Ar	55 a 75%
Temperatura Seca do Ar	Superior ou igual à da água do tanque com a temperatura mais baixa, com mínimo de 24 °C
Temperatura de Bolbo Húmido	Mínima de 23 °C
Caudal de Ar Renovado por Banhista	6 l/s
Velocidade do Ar Insuflado	Inferior a 0,2 m/s

A humidade do ar tem um papel muito importante na medida em que, valores muito baixos afectam a respiração do utilizador provocando uma sensação de garganta seca, para além de, que devido à rápida evaporação da água na superfície do corpo provoca, em particular nos atletas e nos banhistas molhados, uma sensação de frio. Valores elevados de humidade originam condensações em superfícies, levando à deterioração dos materiais. A temperatura do ar também afeta diretamente o utilizador, sendo esta habitualmente dois graus superior à temperatura da água e não devendo ultrapassar os 30°C.

Como referido e em conformidade com o DL 118/2013, todos os anos são realizadas inspeções às três caldeiras existentes no edifício, de modo a detetar defeitos e a analisar os gases de escape, bem como o rendimento. Esta inspeção é importante pois são equipamentos que funcionam o ano todo e são o coração do sistema térmico do complexo. No caso do COPM, a inspeção é realizada anualmente, actualmente pela AMPS.

3. CARATERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO E DOS EQUIPAMENTOS

3.1. Caracterização do Edifício

Inaugurado a 21 de julho de 2005, o COPM é um dos melhores e mais recentes complexos do género em Portugal. Trata-se de um edifício composto por 5 andares e com várias utilidades.



Figura 7 - Vista aérea do COPM

O complexo está preparado para natação de formação e competição, incluindo provas internacionais. É composto por uma piscina olímpica de 50x25 metros, com profundidade que converge de 2 para 2,25 metros, com capacidade para 10 pistas e por uma piscina de 25x12,5 metros com profundidade que varia de 1,2 a 1,8 metros, com capacidade para 6 pistas. Na zona da piscina olímpica existem bancadas com capacidade para 670 espectadores e 505 nadadores. No complexo destacam-se ainda o ginásio, diversos balneários, salas para massagens, gabinete médico, controlo anti-doping, arbitragem, secretariado, imprensa e vários gabinetes.

O edifício tem a fachadas viradas para Norte, Sul, Este e Oeste, sendo a fachada Sul a principal coberta por envidraçado para se obter o máximo de luz natural possível.

O nível 1, designado por área técnica, está situada abaixo do nível das piscinas e é lá que está todo o sistema das linhas da rede de água, que é composto por bombas de pressurização, bombas doseadoras, filtros ultravioleta, tanques de compensação, permutadores de calor e tanques de armazenamento de água quente para os balneários. No nível 2 estão as piscinas, balneários e várias salas de apoio. No nível 3 encontra-se a bancada normalmente reservada aos atletas, área de convívio e ainda outras salas. O nível 4 é onde se situa o átrio de entrada, receção, vários

gabinetes de gestão e bancada do público. O nível 5 é outra área técnica, onde se encontram as unidades de tratamento de ar (UTA's), e as caldeiras.

Em parte do mês de agosto e setembro o COPM é encerrado para férias e para manutenção. O horário de funcionamento varia ao longo da semana, de segunda a sexta: 06h45 – 23h15, sábados: 08h00 – 19h00 e aos domingos e feriados: 08h00 – 13h15.

3.2. Perfil de Utilização

Tendo por base os dados disponíveis foram construídas tabelas e gráficos com a distribuição mensal e anual dos utentes e dos consumos de gás natural, dos anos 2013 e 2014.

Os dados sobre os utentes não incluem os participantes e acompanhantes em torneios realizados no período em análise e que foram certamente responsáveis por consumos energéticos consideráveis, dadas as exigências de qualidade da água e de climatização do espaço que essas provas impõem. A tabela 7 e o figura 8 apresentam a evolução global de utilização no COPM.

Tabela 1 - Utilização do COPM

COPM							
Mês	Dias	2013	%	Média diária	2014	%	Média diária
Janeiro	31	20,11	11,4	649	17,553	10,7	566
Fevereiro	28	17,054	9,7	609	15,966	9,7	570
Março	31	18,624	10,6	601	17,842	10,8	576
Abril	30	20,434	11,6	681	17,161	10,4	572
Maio	31	20,582	11,7	664	17,023	10,3	549
Junho	30	16,335	9,3	545	15,259	9,3	509
Julho	31	9,703	5,5	313	9,74	5,9	314
Agosto	31	2,505	1,4	81	1,879	1,1	61
Setembro	30	4,724	2,7	157	5,132	3,1	171
Outubro	31	18,794	10,7	606	17,986	10,9	580
Novembro	30	14,445	8,2	582	17,855	10,8	595
Dezembro	31	12,411	7,1	400	11,335	6,9	366
Total		175,721	100	592	164,731	100	558

A figura 8 ilustra o efeito da sazonalidade na utilização do complexo. Facilmente se detecta que nos meses de verão existe um enorme decréscimo de utilizadores devido às férias, aliado ao facto que durante mais de metade do mês de agosto as piscinas se encontrarem encerradas para manutenção de equipamentos, lavagem da piscina e conseqüente renovação total da água.

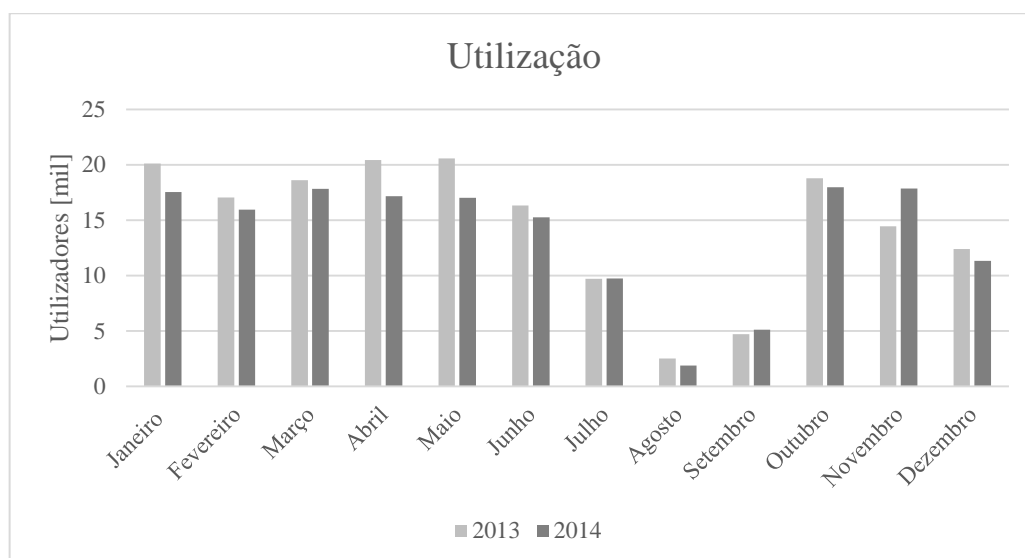


Figura 8 - Utilização anual do COPM

3.3. Descrição dos Espaços Úteis e Não Úteis

O anexo II do DL DL n° 79/2006 define a área útil como “a soma das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior das paredes, de todos os compartimentos de uma fração autónoma de um edifício, incluindo vestíbulos, circulações internas, instalações sanitárias, arrumos interiores e outros compartimentos de função similar e armários nas paredes”.

Designam-se áreas não úteis os espaços, habitualmente não ocupados, que tenham aberturas diretas com o exterior.

Nas tabelas 8 e 9 , são apresentadas as diferentes áreas e volumes que constituem o edifício.

Tabela 2 - Áreas do COPM

Nível	Área bruta [m ²]	Área útil [m ²]
1	1912,20	1824,00
2	5221,90	4906,33
3	1084,71	976,91
4	841,10	552,20
5	798,59	649,77
Total	9858,50	8909,21

Tabela 3 - Área útil por nível e nomenclatura

Nível	Designação	Área útil [m ²]	Volume [m ³]
1	BF-F 1.309	25,47	76,41
1	BF-M 1.310	25,78	77,34
1	CZ 1.311	27,95	83,85
2	B50-M 2.360	308,27	924,81
2	B50-F 2.361	314	942
2	BT-M 2.336	20,04	60,12
2	BT-F 2.335	20,04	60,12
2	B25-F 2.307	72,97	218,91
2	B25-M 2.310	77,9	233,7
2	PV25 2.317	30,14	90,42
2	PM 2.315	10,93	32,79
2	IS 2.316	4,86	14,58
2	SM 2.324	30,86	92,58
2	G25 2.322	49,04	147,12
2	IS 2.325	4,86	14,58
3	IS-D 3.317	4,84	14,52
3	IS-M 3.319	15,64	46,92
3	IS-F 3.318	14,5	43,5
3	IS-F 3.307	18,49	55,47
3	IS-M 3.306	18,49	55,47
3	IS-D 3.305	5,67	17,01
4	IS-D 4.320	4,84	14,52
4	IS-F 4.318	15,56	46,68
4	IS-M 4.317	16,2	48,6

Nomenclatura	
BF	Balneários Funcionários
CZ	Cozinha
B50	Balneários Piscina 50m
BT	Balneários Técnicos
B25	Balneários Piscina 25m
PV25	Posto Vigia Piscina 25m
PM	Posto Médico
IS	Instalações Sanitárias
SM	Sala Médica
G25	Ginásio Piscina 25m
BA	Balneários Árbitros
B	Balneários
ZT	Zona Técnica
ISM	Instalações Sanitárias Médicas
M	Masculino
F	Feminino
D	Deficiente

3.4 Consumos

Relativamente ao estudo dos consumos de gás natural é de salientar que os dados apresentados são baseados em registos manuais diários dos operadores do COPM. Desta forma optou-se por realizar uma primeira análise a nível global com os consumos recolhidos ao longo dos anos, com o objectivo de verificar a existência ou não de variações significativas. A figura 9 ilustra os resultados obtidos.

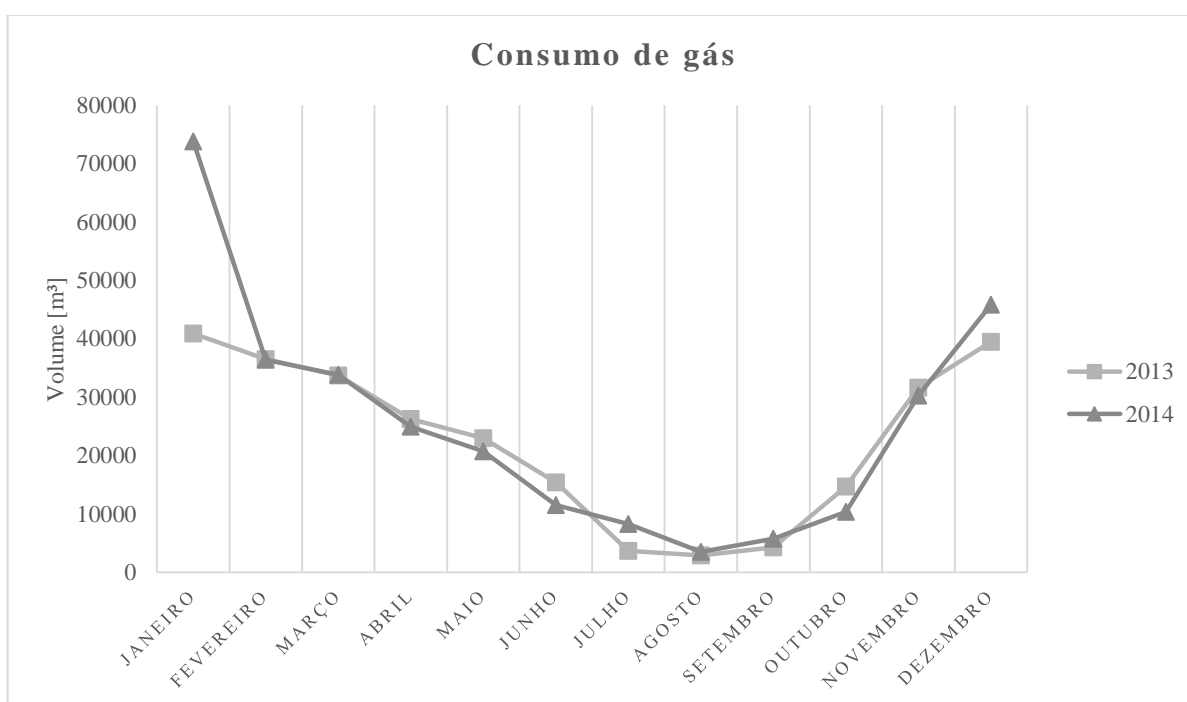


Figura 9 - Consumo de gás

São observadas pequenas variações no consumo anual de gás, que podem ser explicadas pelas diferenças de temperatura ocorridas durante os anos em análise e na consequente maior ou menor necessidade de produção de aquecimento, quer a nível da água da piscina, quer na climatização do ar da nave.

Este consumo de gás traduz-se numa potência útil (à saída da caldeira), valor esse que é traduzido pelo rendimento da caldeira. Na figura 10 e 11 mostra-se a potência convertida do gás natural e a potência útil da caldeira, respectivamente.

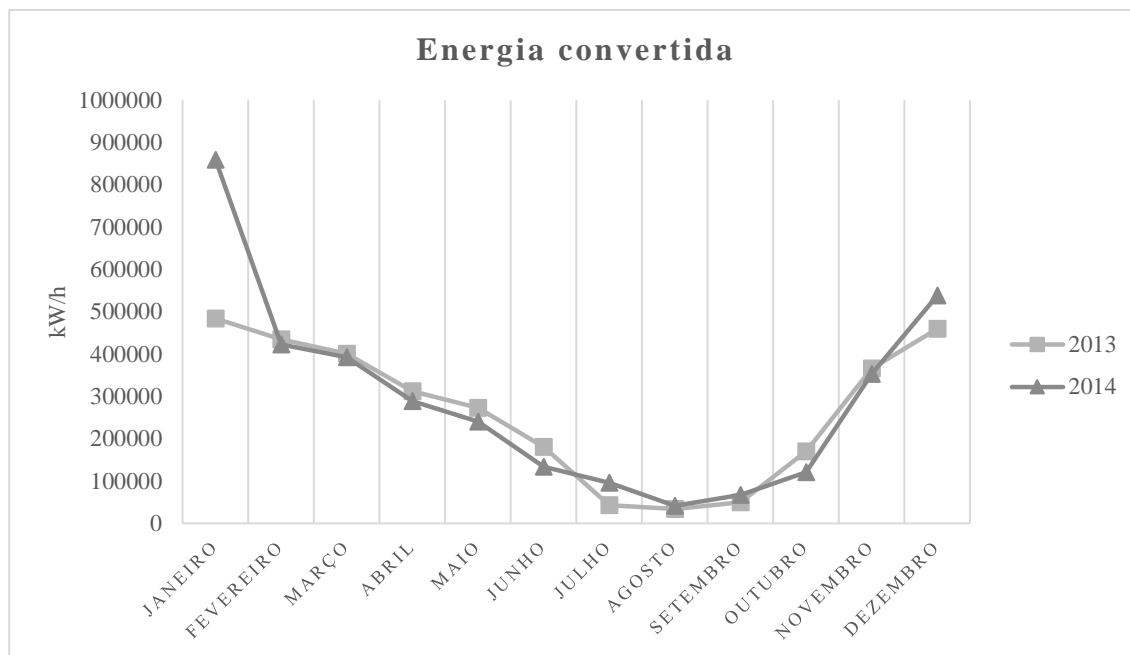


Figura 10 - Energia convertida para kW/h

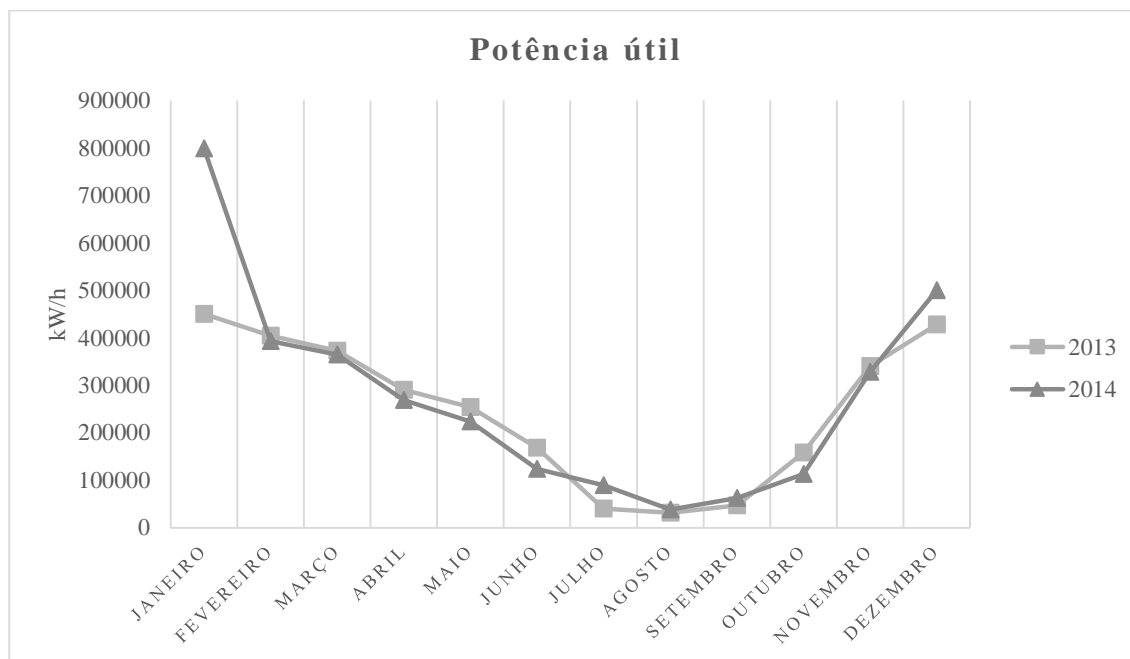


Figura 11 - Potência útil

3.5. Caracterização dos Equipamentos Existentes

Como foi referido, é no nível 1 e 5 que se encontram os equipamentos vitais para o bom funcionamento do edifício.

No nível 1 encontra-se o sistema de bombagem, filtragem e tratamento da água, bem como os vários termocumuladores e permutadores. No nível 5 estão instaladas as várias unidades de tratamento de ar e unidades exteriores de sistema de ar condicionado (split), e por questões de

segurança e manutenção, as 3 caldeiras que são o coração do sistema de aquecimento do edifício.

3.5.1 Sistema de Aquecimento

Actualmente o grupo térmico do COPM é composto por três caldeiras ROCA CPA 800, com uma potência de 951,7 kW e um rendimento térmico de 93%, valor este que como já referido foi obtido através da inspeção anual. São caldeiras monobloco pirotubulares em aço com uma camada de isolamento de lã de vidro com a espessura de 70mm, com três passagens, chama modular com funcionamento de duas etapas, que é regulada automaticamente pelo controlo interno, e vem equipada com um painel de controlo.

A tabela 10 apresenta os dados das caldeiras e as suas especificações:

Tabela 4 - Grupo de Caldeiras

Designação	Marca	Modelo	Kcal/h	kW	Rendimento	Qn [kW]	Sobrepres são câmara de combustão [mm.c.a]	Perda pressão circuito de água t=15 °C [mm.c.a]	Capacida de água [litro]
Caldeira 1	Roca	CPA 800	800 000	951,7	93,00%	1023,3	58	320	966
Caldeira 2	Roca	CPA 800	800 000	951,7	93,00%	1023,3	58	320	966
Caldeira 3	Roca	CPA 800	800 000	951,7	93,00%	1023,3	58	320	966
Queimador 1	Roca	Tecno 100 GM	--	--	--	1,8	--	--	--
Queimador 2	Roca	Tecno 100 GM	--	--	--	1,8	--	--	--
Queimador 3	Roca	Tecno 100 GM	--	--	--	1,8	--	--	--
Ventilador 1	Simel	10/6	--	--	--	1,5	--	--	--
Ventilador 2	Simel	10/6	--	--	--	1,5	--	--	--
Ventilador 3	Simel	10/6	--	--	--	1,5	--	--	--

Está ainda equipada com vários acessórios, como as ligações de ida e retorno, no coletor interno da caldeira, uma ligação de descarga, uma ligação de segurança, um seletor de funcionamento, um termostato de regulação e um de segurança de rearme manual, termómetros, uma válvula de borboleta de interceção, uma torneira de descarga e um hidrómetro de quadrante completa

com torneira de três vias tipo esfera com flanges. Para a exaustão dos gases de escape provenientes das caldeiras, existe um conjunto de condutas de fumos e chaminé, circulares em aço.

No nível 1 estão instalados os vários termoacumuladores e permutadores, responsáveis pelo sistema de AQS e aquecimento da água dos tanques. Existem actualmente nove termoacumuladores, mas apenas cinco são responsáveis pelas AQS do COPM, e os restantes quatro são responsáveis pelas AQS do Pavilhão Multidesportos Mário Mexia, sendo estes alimentados por outras duas caldeiras aí existentes, que são totalmente independentes da instalação do COPM.

A tabela 11 representa os dados específicos dos termoacumuladores instalados no edifício:

Tabela 5 - Termoacumuladores

Designação	Marca	Modelo	Capacidade [L]	Pressão máx. água quente [Mpa]	Temperatura máx. água quente [°C]	Pressão máx. água consumo [Mpa]	Temperatura máx. água consumo [°C]
TA 1	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80
TA 2	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80
TA 3	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80
TA 4	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80
TA 5	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80
TA 6	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80
TA 7	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80
TA 8	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80
TA 9	MECALIA S.L.	DPI316/I	2 000	0,7	90-70	0,6	80

Os termoacumuladores são de serpentina em espiral, fabricado em aço inoxidável AISI 316, com isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano injectado ($\lambda=0,022$ W/m°C, $\rho=50$ kg/m³) e acabamento exterior em PVC. Estes estão todos regulados com um *setpoint* de 65°C. Cada termoacumulador está equipado com uma bomba circuladora, uma válvula de segurança de 7 bar, uma válvula antirretorno, um purgador de ar e um termostato de segurança. Também de modo a ser absorvidas as variações do volume de água, também está colocado dois vasos de expansão do tipo fechado com duas câmaras separadas por uma membrana elástica, em que um dos compartimentos contém ar e o outro contém água.

Actualmente existem 2 permutadores de placas de contracorrente instalados no nível 1, o mais pequeno, que é constituído por 6 placas, é responsável pelo aquecimento da água que entra no tanque de 25m, sendo o maior, de 21 placas responsável pelo aquecimento da água do tanque de 50m.

A tabela 12 descreve as características dos permutadores acima mencionados:

Tabela 6 - Permutadores de Placas

Permutador	P50	P25
Designação	FHL-10-HJ-21	FHL-00-HJ-6
Volume [m ³]	11,2	1,35
Pot. Máx. [kW]	890,6	120,1
A sup placa [m ²]	0,2	0,2
A sup total [m ²]	4,2	1,2
Caudal [m ³ /s]	0,0083	0,0011
Perda de carga [bar]	0,85	0,9
Rendimento [%]	76	74

3.5.2. Unidade de Tratamento de Ar

Este sistema é responsável pela desumidificação, ventilação, tratamento, filtragem, aquecimento e arrefecimento do ar que entra nas duas naves do edifício. E está directamente relacionado com o sistema de aquecimento de águas, visto que utiliza uma parte da água quente proveniente das caldeiras nas baterias de aquecimento de ar na estação de Inverno.

As unidades de tratamento de ar, são do tipo modular, construídas em painel sanduiche de aço galvanizado, revestidas por dentro e por fora com pintura de poliéster, com uma estrutura de suporte em aço. Contém 3 circuitos de refrigeração com compressores scroll, filtro G3 regenerável, bateria de expansão direta com proteção em poliuretano, um condensador de água de placas soldadas desenhado para suportar a corrosividade da água da piscina, com uma bandeja de condensados em inox inclinada, um motor eléctrico e um ventilador centrífugo. Ainda no seu exterior existe uma unidade de controlo electrónico com sensor de humidade e display digital, para controlo de diferentes parâmetros, diagnóstico de falhas, alarmes e programação.

Como referido a UTA dispõe de uma permutador ar-água em que o fluido primário é água quente produzida no grupo térmico, composto pelas três caldeiras. Este dispositivo fornece a energia necessária para manter a temperatura do ar estável, em qualquer regime de funcionamento e independentemente da recuperação. O controlo é feito através de sensores e válvulas de três vias modulantes de quatro portas.

A tabela 13 ilustra os vários parâmetros dos equipamentos acima mencionados:

Tabela 7 - Especificações das UTA's

Designação	UTA - P1	UTA - P2	UTA - P3	UTA - P4
Marca	CIATESA	CIATESA	EVAC	CIATESA
Modelo	BCP-610	BCP-610	UTA 100 st	BCP-315
Potência Frigorífica [kW]	179,9	179,9	--	95,2
Potência Absorvida [kw]	217,2	217,2	280	120
Potência de desumidificação [kg/h]	126,5	126,5	--	65,5
Caudal de ar nominal [m ³ /h]	30000	30000	60000	16000
Tipo de gás	R407C	R407C	--	R407C
Quantidade [kg]	34,3	34,3	--	18,7
Ton equivalente de CO ₂	60,85	60,85	--	33,17
Peso [kg]	4050	4050	--	1155

3.5.3. Unidade de Tratamento de Ar Novo

As unidades de tratamento de ar novo são responsáveis pela renovação de ar novo e por manter a qualidade do ar nos balneários e instalações sanitárias, no entanto não possuem elementos de climatização no seu interior.

As unidades são do tipo modular, construídas em chapa de aço galvanizado, revestidas por dentro e por fora com pintura de poliéster, com uma estrutura de suporte em aço. No seu interior está instalado um motor eléctrico e um ventilador centrífugo. São simples na sua construção mas eficientes, visto que a sua única função é ventilar, e são de fácil e barata manutenção.

A tabela 14 descreve as suas características:

Tabela 8 – Especificações das UTAN's

Designação	Marca	Modelo	Potência Absorvida [kW]	Caudal de ar nominal [m ³ /h]	Potência motor [kW]
UTAN - 1	EVAC	UTA 20	48,0	4650	2,2
VEX - 1	EVAC	UV 103 st	--	5180	2,2
UTAN - B1	EVAC	UTA 40st	51,0	8450	2,2
VEX - TA	EVAC	10.10	--	3980	1,6
VEX - CT	EVAC	12.12	--	4520	2,0

4. CÁLCULO DE NECESSIDADES DE AQUECIMENTO DE ÁGUA DAS PISCINAS

4.1. Perdas de Energia numa Piscina

Os complexos desportivos que possuam piscinas, são bastante dispendiosos em termos energéticos. Sendo assim, e para se poderem fazer análises energéticas devem ter-se em conta os ganhos e as perdas associadas às piscinas (vd. Figura 12).

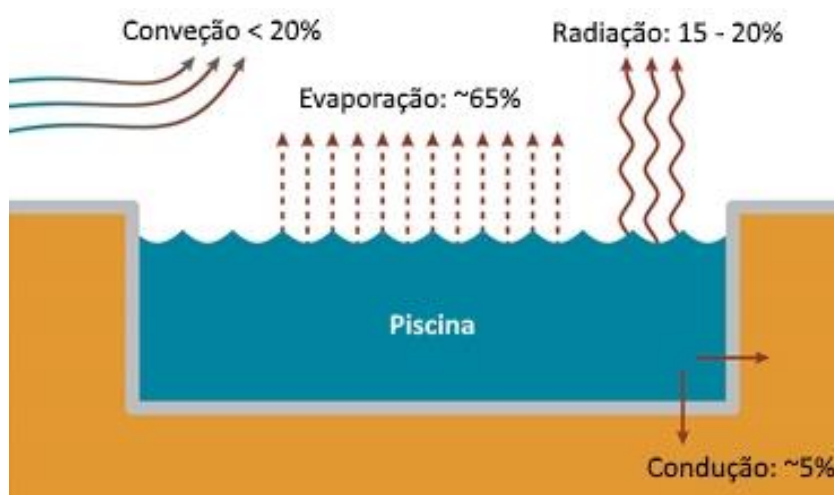


Figura 12 – Perdas energéticas associadas às piscinas

Nas piscinas temos sempre associadas quatro tipos de perdas associadas, por evaporação, convecção, radiação e condução. Destas quatro componentes energéticas, a evaporação é a forma mais significativa de perda de calor da água das piscinas.

4.2. Potência Térmica dos Equipamentos

Apesar de os equipamentos estarem a trabalhar as 24 horas por dia, as cargas a que trabalham são desconhecidas uma vez que dependem de diversos factores, tornando mais complicada a sua análise energética. No entanto, como sabemos as potências térmicas dos equipamentos é possível estimar a que percentagem da carga máxima a partir da repartição de energia térmica.

A tabela 15 apresenta a potência térmica dos equipamentos existentes no edifício e a potência excedente proveniente das três caldeiras.

Tabela 9 - Potência térmica dos equipamentos

Equipamento	Potência [kW]
Caldeiras	2855,1
UTA 1	148,7
UTA 2	148,7
UTA 3	280
UTA 4	69,5
UTAN 1	48
UTAN B1	51
Permutador P50m	890,6
Permutador P25m	120,1
Termoacumuladores AQS	469
Caldeiras - Equipamentos	629,5

4.3. Taxa de Evaporação da Água das Piscinas

Para podermos proceder ao cálculo deste valor necessitamos em primeiro lugar de recorrer a equações gerais encontradas em vários estudos sobre o comportamento em complexos com piscinas. Procede-se ao cálculo das taxas de evaporação da água da piscina recorrendo às equações simplificadas de Bernier para piscinas cobertas, para os casos de água em repouso ou de água agitada com nadadores.

$$M_{e \text{ repouso}} = 16 \times s \times (W_e - \varphi_a \times W_{as}) \quad (1)$$

$$M_{e \text{ agitada}} = 133 \times (W_e - \varphi_a \times W_{as}) \times n \quad (2)$$

Sendo:

M_e – Taxa de evaporação [kg/h];

s – Superfície de água [m²];

W_e – Humidade absoluta do ar saturado à temperatura da água da piscina [kg(ag)/kg(ar)];

W_a – Humidade absoluta do ar saturado à temperatura do ar ambiente [kg(ag)/kg(ar)];

φ_a – Humidade relativa [%];

n – Número de nadadores.

De modo a efectuar o cálculo, foi utilizada uma média diária dos utilizadores e por hora, repartida pelas duas piscinas, no qual de outro modo seria impossível de calcular visto que não

há dados para a distribuição dos utilizadores nas piscinas de 25 e 50m. Foi considerado que 65% dos utilizadores se concentraram na utilização da piscina de 50m e os restantes 35% para a piscina de 25m. Os valores de cálculo apresentam-se nas tabelas 16, 17 e 18.

Tabela 10 - Média de utentes

	Média diária	Média horária
Utentes	575	36
Piscina 50m	374	24
Piscina 25m	201	12

Tabela 11 - Parâmetros da nave e piscina

	Humidade relativa [%]	Superfície de água [m ²]	Temperatura do ar [°C]	Temperatura da água [°C]
Piscina 25m	70	312,5	30	28
Piscina 50m	65	1250	28	25

Tabela 12 - Taxa de evaporação

	M_e repouso [kg/h]	M_e agitada [kg/h]
Piscina 50m	107,91	125,74
Piscina 25m	24,16	31,87
Total	132,07	157,61

4.4. Perdas por Evaporação

Sabendo que as piscinas estão abertas com utentes durante 16 horas e em repouso durante 8 horas podemos assim calcular um total de 3578,32 m³ de água evaporada por dia em que 703,2m³ são perdidos na piscina de 25 metros (P25) e 2875,12m³ na piscina de 50 metros (P50). No entanto, o mais importante é quantificar a energia perdida pela evaporação que nos é dada através da equação 6:

$$Q_e = M_e \times c_v \quad (3)$$

onde:

Q_e – Perda térmica por evaporação [W/m²];

M_e – Taxa de evaporação [kg/h];

c_v – Calor de vaporização da água [kJ/kg.°C].

Em que: $c_v = 43.9$ [kJ/kg.°C]

4.5. Perdas por Convecção e Radiação

As perdas por convecção através do plano de água são obtidas através da seguinte equação:

$$\dot{Q}_{conv} = A_p \times s \times (T_{ág} - T_{ar}) \quad (4)$$

onde:

\dot{Q}_{conv} – Perdas térmicas por convecção [W]

s – Superfície de água [m²];

h_{conv} – Coeficiente convectivo de transmissão de calor [W/m.°C]

$T_{ág pisc}$ – Temperatura da água da piscina [°C]

T_{ar} – Temperatura do ar ambiente dentro da nave da piscina [°C]

Em que o coeficiente convectivo de transmissão de calor está diretamente relacionado com a velocidade de ar no plano de água, sendo dado pela seguinte expressão:

$$h_{conv} = 3,1 + (4,1 \times V) \quad (5)$$

onde:

V – Velocidade do ar acima do plano de água [m/s] = 0.02 m/s (medidos com anemómetro de esfera aquecida)

Analisando as temperaturas das duas naves e dos dois tanques, podemos afirmar que não há perdas por convecção do plano de água para a nave. Visto que as temperaturas do ar estão dois graus acima da temperatura da água nos tanques, temos um ganho de 9,8 kWh por convecção. Igualmente, os valores de radiação também serão nulos. Deste modo podemos considerar desprezáveis estes valores para o cálculo das perdas.

4.6. Perdas por Condução

Para o cálculo destas perdas, foi tido em consideração o facto de os tanques não se encontrarem enterrados, recorrendo ao modo de cálculo das perdas das paredes em contacto com o ar, que neste caso se encontram no nível 1.

$$Q_t = C_t \times S_c \times (T_{ág pisc} - T_{sup}) \quad (6)$$

Onde:

Q_t – Perda térmica por transmissão de calor [W/m²];

G_t – Coeficiente de transmissão de calor por condução [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$];

S_c – Superfície de contacto [m^2];

$T_{\text{ág pisc}}$ – Temperatura da água da piscina [$^\circ\text{C}$];

T_{sup} – Temperatura das superfícies exteriores [$^\circ\text{C}$].

em que:

$$G_t = 1,32 \text{ [W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C]}$$

$$T_{\text{sup}} = 22 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

4.7. Perdas Devido à Renovação e Compensação de Água

De modo a ser mantida a qualidade da água, é imposta por lei, uma renovação à mesma. Dessa forma, existem perdas associadas a essa ação bem como à compensação da água evaporada. De acordo com a Diretiva CNQ 23/93 e por questões de higiene foi considerada uma quantidade de reposição de 5% do volume total da piscina, em que a água da rede tem uma temperatura de 15°C . Para o cálculo destas perdas considera-se a seguinte equação 8:

$$\dot{Q}_{H_2O} = V_r \times \rho_{\text{ág}} \times c_p \times (T_{\text{ág pisc}} - T_{\text{ág rede}}) \quad (7)$$

sendo,

\dot{Q}_{H_2O} – Perdas térmicas devido à renovação da água [W]

V_r – Volume de água repostado [m^3];

$\rho_{\text{ág}}$ – Massa volúmica da água [kg/m^3];

c_p – Calor específico água [$\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$];

$T_{\text{ág pisc}}$ – Temperatura água da piscina [$^\circ\text{C}$];

$T_{\text{ág rede}}$ – Temperatura água da rede [$^\circ\text{C}$].

4.8. Estimativa da Energia Térmica de AQS

De acordo com o Decreto-lei nº 80/2006, cada pessoa gasta em média por banho 40 litros a 60°C . Supondo que todos os utentes das piscinas tomam banho no final de cada sessão é possível

calcular o volume de água gasta por mês em AQS. Sendo a massa volúmica da água a 60°C de 988 kg/m³, podemos calcular a massa de água pela equação:

$$m_{H_2O} = V \times \rho_{H_2O} \quad (8)$$

Onde:

m_{H_2O} - Massa de água [kg];

V - Volume de água [m³];

ρ_{H_2O} - Massa volúmica da água [kg/m³].

Em seguida procede-se ao cálculo da sua energia útil em kJ, admitindo um valor de calor específico médio de $C_p = 4,18$ kJ/kg e uma temperatura de entrada $T_1 = 15$ °C e temperatura de saída $T_2 = 60$ °C, utilizando a seguinte equação.

$$Q_{\text{útil}} = m_{H_2O} \times C_p \times (T_2 - T_1) \quad (9)$$

4.9. Resultados

Todos cálculos e respectivas equações de 1 a 9 foram efectuadas segundo o *ASHRAE Handbook*.

4.9.1. Perdas Associadas às Piscinas

Um dos objectivos propostos nesta análise era calcular as perdas térmicas associadas aos tanques das piscinas. Como já tinha sido referido em capítulos anteriores, espera-se que a maior parcela de perdas se deva à evaporação.

A perdas associadas às piscinas apresentam-se na tabela 19:

Tabela 13 - Perdas energéticas do plano de água

Perdas de energia	Piscina 50m [W]	Piscina 25m [W]	Total [W]
Evaporação	126217,77	30870,48	157088,25
Condução	10370,25	3405,60	13775,85
Renovação	83984,38	21972,66	105957,04
Perdas totais	220572,40	56248,74	276821,14

A figura 13 mostra, em termos percentuais, as perdas associadas a cada um dos mecanismos de troca de calor.

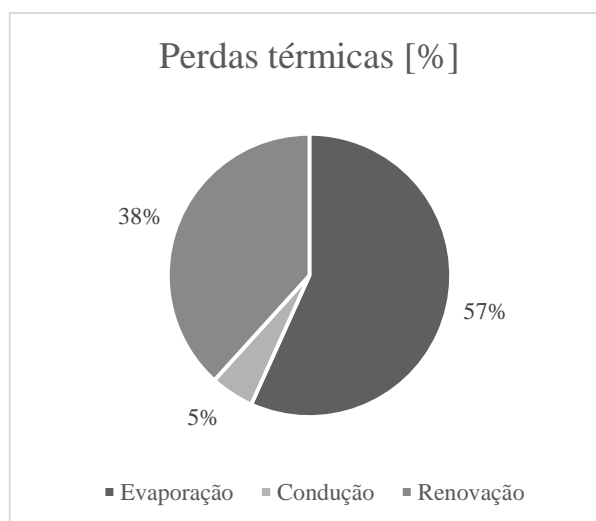


Figura 13 - Percentagem das perdas térmicas

Verifica-se que 57% das perdas térmicas se devem à evaporação de água para a nave. Também podemos notar que uma grande percentagem se deve à renovação de água, e a menor fracção por condução.

4.9.2. Energia Térmica de AQS

Outro objetivo do estudo consistia em analisar o sistema de AQS e os seus consumos energéticos. Foi realizado o cálculo da energia gasta em AQS com base nos dados de utilizadores do ano de 2014.

A tabela 20 representa essa energia gasta:

Tabela 20 - Estimativa de energia térmica para AQS

Meses	Utilizadores	AQS [L]	AQS [kg]	Energia [MJ]	Energia [MWh]
Jan	17553	702120	690183,96	129823,60	36,06
Fev	15966	638640	627783,12	118086,00	32,80
Mar	17842	713680	701547,44	131961,07	36,66
Abr	17161	686440	674770,52	126924,33	35,26
Mai	17023	680920	669344,36	125903,67	34,97
Jun	15259	610360	599983,88	112856,97	31,35
Jul	974	38960	38297,68	7203,79	2,00
Ago	1879	75160	73882,28	13897,26	3,86
Set	5132	205280	201790,24	37956,74	10,54
Out	17986	719440	707209,52	133026,11	36,95
Nov	17855	714200	702058,6	132057,22	36,68
Dez	11335	453400	445692,2	83834,70	23,29
Total	155965	6238600	6132543,8	1153531,49	320,43

O consumo de energia em AQS representa cerca de 966,4 kWh diários, o que era o esperado visto que está diretamente relacionado com o número de utentes a utilizar a infraestrutura, isto é, com o perfil de utilização.

5. MEDIÇÕES EFETUADAS

5.1. Instrumentos de Medição

No decorrer deste estudo, foi necessário recorrer a diversos instrumentos de medição, nomeadamente um termopar de contacto para a medição de temperatura de tubagens e um anemómetro de esfera aquecida para medir a velocidade do ar em vários locais.

5.1.1. Termopar

Um termopar é um sensor de temperatura formado pela junção de dois materiais condutores ou semicondutores diferentes soldados nas suas extremidades. São sensores ativos pois geram a sua própria força electro-motriz (FEM), não sendo portanto necessário alimentá-los. O conversor de sinal apenas terá como tarefa converter este valor de tensão para um valor de temperatura normalizado (vd. figura 14).

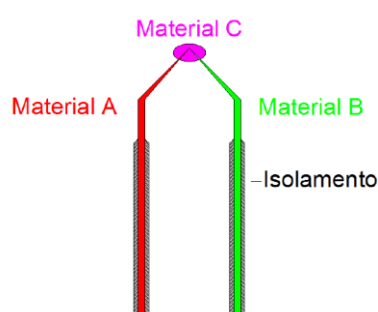


Figura 14 - Esquema de ligação

Um termopar baseia-se em algumas leis da eletricidade chamadas efeitos termoelétricos:

Efeito de Seebeck;

Efeito de Thompsom;

Efeito de Peltier.

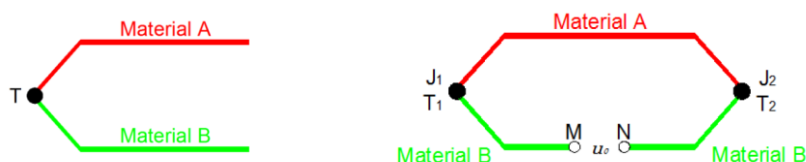


Figura 15 - Esquema de funcionamento

O efeito de Seebeck (ou de contato) consiste no aparecimento de uma f.e.m. na junção entre o material A e B, a uma temperatura uniforme T , cujo valor depende dos materiais e da sua temperatura:

$$QT = \sigma \times I \times \Delta T$$

onde:

QT – Quantidade de calor gerada/absorvida por ação da corrente I com determinada diferença de temperatura [J];

σ – Coeficiente de Joule-Thompson;

I – Corrente elétrica aplicada no material [A];

ΔT – Diferença de temperatura [°C].

A Figura 4 representa um pedaço de um condutor elétrico em que A e B se encontram às temperaturas T_1 e T_2 . Considerando R a resistência elétrica do pedaço AB e U_1 e U_2 os potenciais dos pontos A e B, tem-se:

$$I = \frac{U_1 - U_2}{R}$$

$$QT = \sigma I (T_1 - T_2)$$

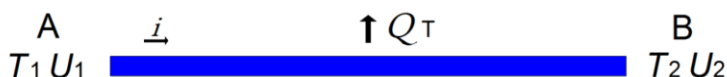


Figura 16 - Representação fio condutor

O funcionamento de um termopar tem na sua base estes três conceitos pois o efeito de Seebeck origina a FEM a partir da qual se podem estimar temperatura e é para esse efeito que entram os dois restantes métodos na absorção/criação de calor.

Nas sondas de temperatura baseadas em termopares, a junção será sempre dupla como a exemplificada na Figura 2. A temperatura T_1 será a temperatura a medir e T_2 a temperatura de referência, geralmente a 0°C. É utilizada esta configuração para evitar possíveis tensões de contacto ao ligar ao conversor de sinal uma vez que os terminais M e N são do mesmo material.

5.1.2. Dispositivo de Aquisição de Dados (*Datalogger/DAQ*)

Datalogger é um equipamento capaz de armazenar leituras de outros instrumentos de medição desde que estes transmitam a informação de alguma forma (analógica ou digital). Alguns modelos de *dataloggers*, possuem sensores internos, capazes de efetuar a medição e gravar na

memória. Os dados adquiridos são normalmente visualizados posteriormente com a utilização do dispositivo integrado a um computador e utilizando um software específico. Existem 3 componentes num dispositivo de aquisição dados para que este funcione correctamente. (National Instruments, 2014)

O condicionador de sinais, que coloca o sinal num formato adequado para a entrada num conversor analógico-digital. Este pode incluir amplificação, atenuação, filtragem e isolamento.

O conversor analógico-digital (ADC), como o nome indica, converte os sinais provenientes do sensor e converte-os em sinal digital de forma a que posteriormente possa ser manipulado por equipamentos digitais (ex: computador). É um chip que fornece a representação digital de um sinal analógico num instante do tempo. Na prática, os sinais analógicos variam continuamente ao longo do tempo e um ADC coleta valores periódicos de um sinal numa taxa predefinida.

Por fim temos o barramento do computador, que é responsável pela ligação entre o dispositivo e o computador. O barramento do computador atua como interface de comunicação entre o DAQ e o computador, para transmitir instruções e dados de medição.

O *datalogger* utilizado nas medições é um *datalogger* de temperatura, tendo este um sensor interno de temperatura que mede a temperatura atmosférica, podendo esta ser analisada posteriormente.

5.1.3. Anemómetro de Esfera Aquecida

Como todos os sensores para medição de velocidade do ar, o anemómetro de esfera aquecida é baseado na medição da transferência de calor entre um sólido aquecido e o ar ambiente, o que depende das características aerodinâmicas do ar. A calibração do instrumento antes do uso permite que esta transferência de calor seja convertida em velocidade do ar. O anemómetro consiste de uma esfera aquecida a uma temperatura muito superior à do ar ambiente. O elemento aquecido perde calor para o ambiente principalmente por convecção. As características de aquecimento do elemento, a temperatura do elemento e do ar, permitem que a velocidade do ar seja determinada através do uso do coeficiente de trocas de calor por convecção. (Roberto Lamberts, 2011)

Todos os anemómetros de elementos aquecidos devem possuir 2 sensores de temperatura, um para medir a temperatura do elemento e outro para medir a temperatura do ar ambiente.

Existem 2 maneiras de utilizar o anemómetro de esfera aquecida. Se o instrumento possuir uma potência de aquecimento constante, a medição da temperatura do elemento permite determinar

a velocidade do ar. Ou se o instrumento manter a temperatura do elemento aquecido constante, a medição da potência necessária para que ela permaneça constante permite determinar a velocidade do ar.

A principal característica do sensor de esfera aquecida é ter sensibilidade reduzida em relação à direção do fluxo, excepto para um pequeno ângulo sólido ao redor do suporte do sensor. Contudo tem as suas limitações, em que apenas consegue efectuar medições com maior exactidão para velocidades mais baixas (entre os 0,05m/s e os 5m/s).

Ao contrário de outros anemómetros o anemómetro de esfera aquecida consegue medir a velocidade do ar em qualquer direção (omnidirecional), o que faz com que seja um dos mais utilizados em instrumentação de AVAC. (vd. figura 17)



Figura 17 - Anemómetro de esfera aquecida (direita) e datalogger

5.2. Instrumentos Utilizados

Foram efectuadas medições nas tubagens de água quente de AQS à saída da tubagem dos termoacumuladores no nível 1, e nas UTA's e UTAN localizadas no nível 5. Para tal, utilizaram-se alguns instrumentos de medida, cedidos pelo Prof. Virgílio Monteiro.

Estas medições foram feitas para melhor compreender o actual funcionamento dos equipamentos, com o propósito de diagnosticar o sistema e detectar possíveis irregularidades nos mesmos. Os instrumentos utilizados nestas medições são apresentados na tabela 21.

Tabela 14 - Equipamentos utilizados

Instrumento	Marca/Modelo	Funcionalidade
Termopar de contacto	TESTO	Medição de temperatura
Anemómetro de esfera aquecida	TESTO	Medição de velocidade do ar
Datalogger	TESTO-175	Registo de dados
Instrumento de medição VAC	TESTO-445	Registo de dados
Higrómetro	TESTO	Medição de humidade do ar

5.3. AQS

No nível 1 foi colocado um termopar de contacto em contacto directo com o metal da tubagem de água quente onde se junta toda a tubagem proveniente dos termoacumuladores, tubagem esta que é responsável pela distribuição de AQS pelo edifício.

O termopar encontrava-se conetado a um *datalogger* (TESTO-175), que estava programado para registrar leituras de cinco em cinco minutos durante sete dias, o que prefaz um total de 2016 leituras de temperatura. É de se notar que este *datalogger* contém um sensor de temperatura interno que registou a temperatura ambiente no nível 1. A leitura foi iniciada no dia 22 de Julho pelas 11:22h, tendo terminado no dia 29 de Julho às 11:17h. Estes parâmetros foram escolhidos para melhor compreender a utilização normal durante uma semana.

A figura 18 apresenta os valores obtidos pelo termopar.

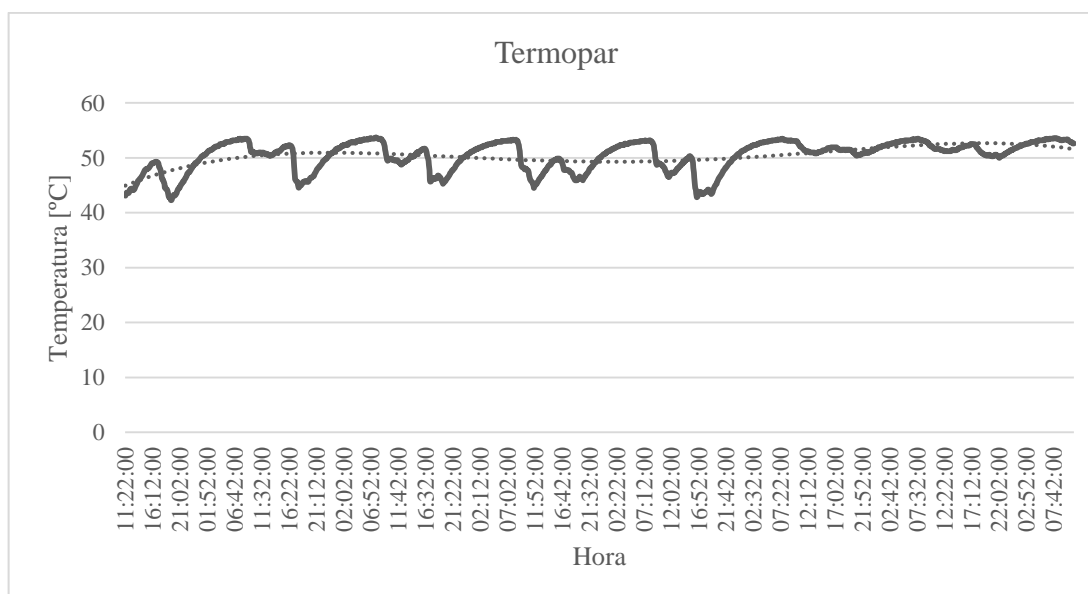


Figura 18 - Valores medidos pelo Termopar

Como podemos observar, existem oscilações na temperatura na ordem dos 10°C, onde a temperatura mais baixa registada foi de 42,3°C, e a máxima de 53,7°C, tendo uma média global de 51,2°C.

A figura 19 ilustra os valores da temperatura do ar.

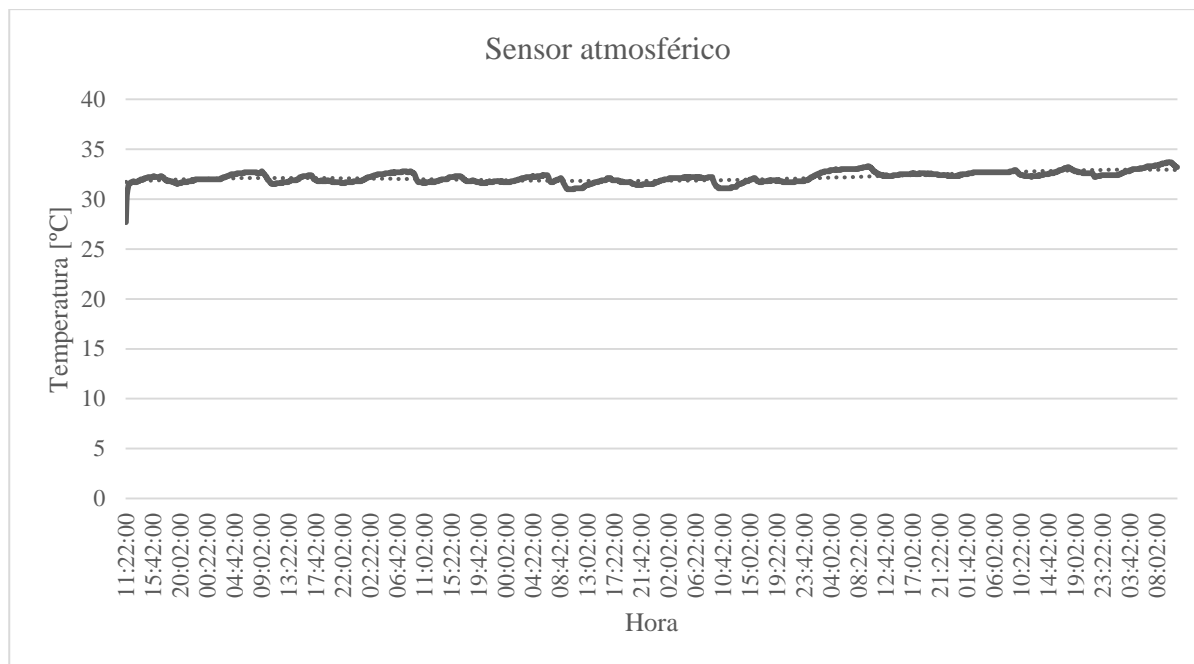


Figura 19 - Valores medidos pelo sensor interno

Como seria de esperar, também podemos observar oscilações na temperatura do local, sendo estas mais pequenas, de apenas 4°C, tendo um mínimo de 29,8°C, um máximo de 33,7°C e uma média de 32,2°C.

Ao sobrepor ambos os registos, podemos notar uma correlação entre os mesmos, quando a temperatura nos termoacumuladores aumenta, a energia dissipada para a envolvente traduz-se num aumento da temperatura ambiente.

Analisando um dia da semana em particular, podemos observar as horas de maior utilização o que põe o termoacumulador sobre um maior esforço para manter a temperatura de *setpoint* de 65°C, como representado na figura 20.

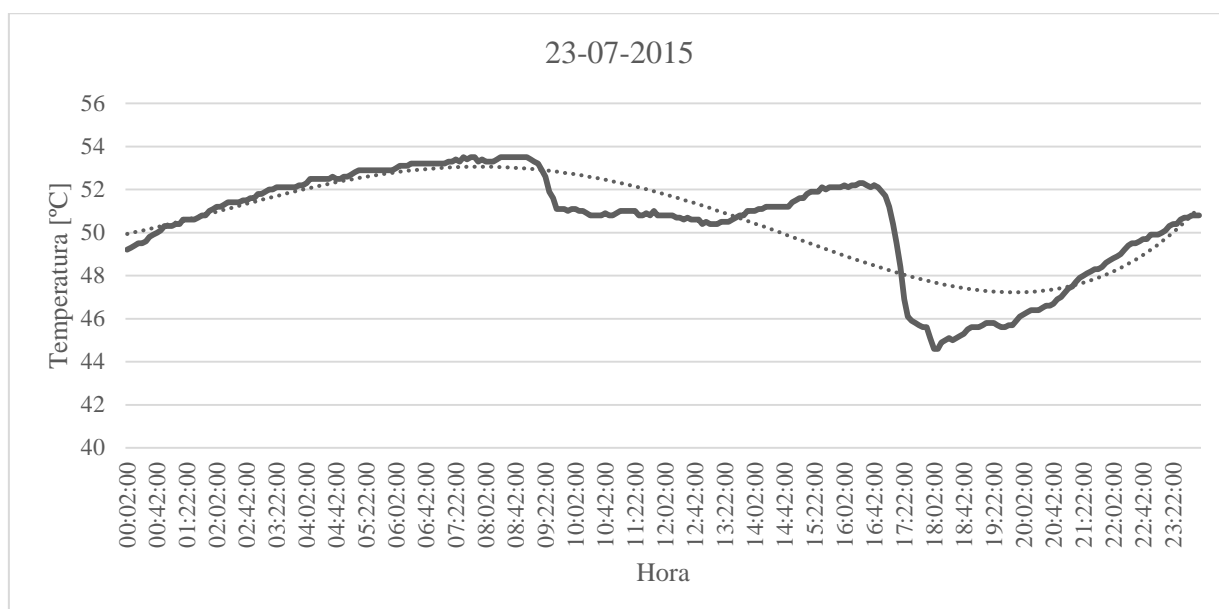


Figura 20 – Valores medidos no dia 23-07-2015

Aqui podemos observar claramente que a partir das 17h existe um declínio na temperatura da água para AQS, mantendo-se baixa até às 22h. Valores estes que surpreenderam os técnicos superiores do COPM. Podemos também observar um ligeiro declínio na parte da manhã, mas menos relevante tendo em conta que o número de utilizadores é menor. A temperatura aumenta e estabiliza durante a madrugada, mas como podemos observar, não atinge o *setpoint* programado.

5.4. UTA's e UTAN

No nível 5 as medições foram feitas colocando o anemómetro, juntamente com o higrómetro ligado ao medidor VAC (TESTO-445), no interior das unidades junto ao ventilador responsável pela insuflação do ar na nave. Este registo teve o propósito de saber a velocidade e a temperatura a que o ar era insuflado na nave, e posteriormente comparar com os dados de fábrica. Estas medições foram realizadas a pedido do Eng.º João Salustiano para melhor compreender o estado actual das unidades.

Os dados obtidos nesta medição, servirão para provar que na realidade o módulo de aquecimento das UTA's não operam em grande parte do ano, apenas pontualmente no Inverno, visto que, em grande parte, o responsável pelo aquecimento da nave se deve à taxa de evaporação de água das duas piscinas.

Na figura XX observa-se como foram feitas as medições. Foi utilizado um tripé para posicionar o anemómetro numa posição correta, encerrou-se a porta e a UTA foi posta a trabalhar (vd. figura 21).



Figura 21 - Instalação do anemómetro para medições

O medidor foi programado para registar valores de cinco em cinco minutos durante uma hora, num total de 12 medições, sendo este processo repetido nas 3 unidades.

As tabelas 22, 23 e 24 listam os dados medidos:

Tabela 22 - Valores medidos na UTA P1

	Data	Hora	Velocidade [m/s]	Temperatura [°C]	Humidade relativa [%]
1	14/07/2015	10:36:29	0,02	33,7	42,2
2	14/07/2015	10:41:29	1,98	33,8	35,8
3	14/07/2015	10:46:29	1,97	33,6	35
4	14/07/2015	10:51:29	2,02	32,8	35,3
5	14/07/2015	10:56:29	2,01	31,1	42,6
6	14/07/2015	11:01:29	2,02	29,5	46
7	14/07/2015	11:06:29	2	28,1	50,8
8	14/07/2015	11:11:29	2,01	27	56,4
9	14/07/2015	11:16:29	2,02	26,2	62,8
10	14/07/2015	11:21:29	2,04	25,3	67,8
11	14/07/2015	11:26:29	2,02	24,8	70,9
12	14/07/2015	11:31:29	2,06	24,5	73,3

Tabela 23 - Valores medidos na UTA P2

	Data	Hora	Velocidade [m/s]	Temperatura [°C]	Humidade relativa [%]
1	14/07/2015	11:41:04	1,02	30,8	42,1
2	14/07/2015	11:46:04	1,74	30	43,3
3	14/07/2015	11:51:04	1,78	28,8	47,4
4	14/07/2015	11:56:04	1,82	26,8	53,9
5	14/07/2015	12:01:04	1,8	25,8	59
6	14/07/2015	12:06:04	1,81	24,2	65,7
7	14/07/2015	12:11:04	1,78	23,8	69
8	14/07/2015	12:16:04	1,82	22,8	73,2
9	14/07/2015	12:21:04	1,8	23	73,3
10	14/07/2015	12:26:04	1,83	22,6	75,1
11	14/07/2015	12:31:04	1,8	22,5	76,4
12	14/07/2015	12:36:04	1,85	22,2	76,5

Tabela 24 - Valores medidos na UTAN

	Data	Hora	Velocidade [m/s]	Temperatura [°C]	Humidade relativa [%]
1	14/07/2015	14:08:35	0,23	32,3	43,4
2	14/07/2015	14:13:35	2,26	31,6	46
3	14/07/2015	14:18:35	2,25	31,7	43,5
4	14/07/2015	14:23:35	2,27	31,4	43,4
5	14/07/2015	14:28:35	2,3	30,7	45,9
6	14/07/2015	14:33:35	2,25	29,9	48,2
7	14/07/2015	14:38:35	2,25	29	50,5
8	14/07/2015	14:43:35	2,27	28,3	54,6
9	14/07/2015	14:48:35	2,25	27,6	59,6
10	14/07/2015	14:53:35	2,32	26,9	64,4
11	14/07/2015	14:58:35	2,28	26,4	67,4
12	14/07/2015	15:03:35	2,25	26	69,5

Com base nestes valores e consultando os valores de fábrica, repara-se que há um ligeiro défice no caudal de insuflação das duas UTA's, o que sugere uma falha tanto nas próprias UTA's, seja no motor eléctrico ou no ventilador centrífugo, ou até mesmo nas próprias condutas.

Relativamente às temperaturas de insuflação a média geral mantém-se nos 28,5°C como esperado, em que as flutuações nos dados medidos se devem aos ajustes para manter a temperatura nas naves em redor dos 28°C.

É de se notar que, no dia em que foram feitas as medições, as unidades não estavam a utilizar os módulos de aquecimento, utilizando apenas o ar proveniente do exterior ou efectuando mistura com o ar extraído da nave no módulo de mistura.

6. SOLUÇÕES PROPOSTAS

Como já referido no início desta análise, o objectivo é encontrar soluções reais e práticas de modo a aumentar a eficiência energética do sistema térmico do COPM. Sendo que o edifício foi inaugurado em 2005, será de esperar que alguns equipamentos ou acessórios já não estejam a operar correctamente, podendo ocorrer degradação e desgaste nos seus elementos.

6.1. Válvula Misturadora Electrónica

Analisando os resultados dos cálculos e os dados medidos, conclui-se que uma grande parte do consumo energético da actual instalação reside no sistema de AQS, onde temos perdas de energia para a envolvente e grande instabilidade nas temperaturas. Esta foi uma sugestão suportada pelos técnicos superiores do COPM, visto que os resultados das medições efectuadas surpreenderam a equipa técnica.

A primeira sugestão será em instalar um válvula misturadora electrónica, de modo a regular a água quente que vai para a tubagem de distribuição e regular a sua mistura no retorno. Funciona ao medir a temperatura da água que retorna do circuito de AQS para os termoacumuladores, e dependendo da sua temperatura, regula a sua abertura abrindo ou fechando mais conforme a necessidade, fazendo a mistura com a água quente proveniente do termoacumulador. Isto permite reduzir o caudal de água quente que sai do termoacumulador, mantendo a água dentro do mesmo, de forma a que alcance o *setpoint* programado, reduzindo a necessidade de aquecimento por parte das caldeiras e estabilizando o perfil de consumo. Outra vantagem é o facto de que a água que vai para a distribuição de AQS já se encontra tratada contra *Legionella* e à temperatura desejada, evitando-se perdas de energia térmica e contaminações.

Para tal foi seleccionada uma válvula *Legiomix 6000* da CALEFFI, cujas características se apresentam na tabela 25:

Tabela 25 - Legiomix 6000

Descrição:	Válvula misturadora electrónica com desinfeção térmica programável e verificação de desinfeção.
Constituição:	Válvula de esfera em aço inox de 3 vias; Servomotor; Regulador electrónico; Sonda de temperatura de ida; Sonda de temperatura de retorno.
Pressão máx:	10 bar

Possui ainda uma interface programável que permite verificar a obtenção efectiva das temperaturas e dos tempos para a desinfecção térmica e de levar a cabo as acções de correcção oportunas. Todos os parâmetros são actualizados diariamente e arquivados com registo horário das temperaturas.

6.1.1. Cálculo do Consumo com a Válvula Misturadora Eletrónica

O cálculo do caudal mássico aplicado pela válvula misturadora é dado por:

$$\dot{m}_m \times h_m = \dot{m}_q \times h_q + \dot{m}_f h_f \quad (10)$$

$$\dot{m}_q = \frac{\dot{m}_m \times h_m - \dot{m}_f \times h_f}{h_q} \quad (11)$$

Onde:

\dot{m}_q – Caudal mássico de água à temperatura de acumulação [kg/s]

\dot{m}_m – Caudal mássico de água à temperatura dos banhos [kg/s]

\dot{m}_f – Caudal mássico de água da rede [kg/s]

h_f – Entalpia específica da água da rede [kJ/kg]

h_m – Entalpia específica da água à temperatura dos banhos [kJ/kg]

h_q – Entalpia específica da água à temperatura de acumulação [kJ/kg]

Assim obtém-se um novo caudal de água quente que sai do termoacumulador igual a 0,162 kg/s, contra os 0,257 kg/s sem a válvula misturadora.

Deste modo, podemos calcular a energia necessária para elevar essa quantidade de água, desde a temperatura da água da rede até à temperatura de acumulação. A equação utilizada é a que se segue:

$$Q = \dot{m}_q \times (h_q - h_f) \quad (12)$$

Obtém-se 789,26 kWh diários, contra os 966,4 kWh diários sem a válvula misturadora, o que resulta numa redução de 18.33% do consumo de energia térmica para AQS. A tabela 25 ilustra essa estimativa para o novo consumo no circuito de AQS.

Tabela 26 - Consumo de AQS com VME

Meses	Utilizadores	AQS [L]	AQS [kg]	Energia [MJ]	Energia [MWh]
Jan	17553	573421,4	563673,2401	106026,94	29,45
Fev	15966	521577,29	512710,4741	96440,84	26,79
Mar	17842	582862,46	572953,7942	107772,61	29,94
Abr	17161	560615,55	551085,0837	103659,10	28,79
Mai	17023	556107,36	546653,5388	102825,53	28,56
Jun	15259	498481,01	490006,8348	92170,29	25,60
Jul	974	31818,632	31277,71526	5883,34	1,63
Ago	1879	61383,172	60339,65808	11349,89	3,15
Set	5132	167652,18	164802,089	30999,27	8,61
Out	17986	587566,65	577578,015	108642,42	30,18
Nov	17855	583287,14	573371,2586	107851,13	29,96
Dez	11335	370291,78	363996,8197	68467,80	19,02
Total	155965	5095064,6	5008448,521	942089,17	261,69

6.1.2. Instalação

De modo a ter o melhor aproveitamento da VME, será recomendado proceder-se à instalação da mesma o mais próximo possível dos termoacumuladores. Para tal sugere-se a instalação no ponto de junção das tubagens dos cinco termoacumuladores, com ligação ao retorno das mesmas.

A figura 5 representa o esquema de aplicação recomendado pela Caleffi:

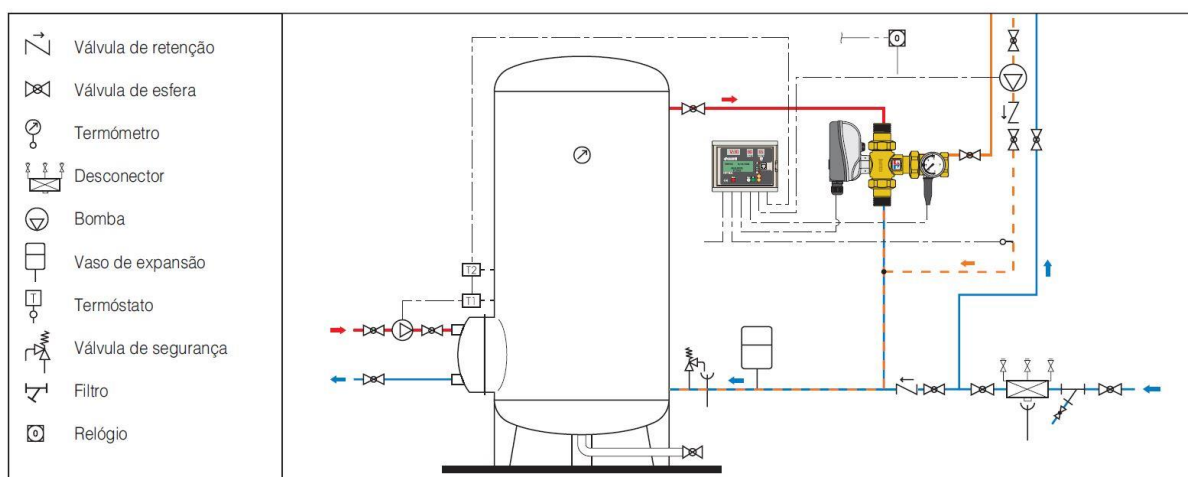


Figura 22 - Esquema de instalação da válvula misturadora (Caleffi, 2015)

A VME foi seleccionada com o software da Caleffi com os resultados que se apresentam na tabela 27:

Tabela 157 - Dimensionamento da VME

Diâmetro [pol]	1 ½"
Caudal máximo [l/s]	11,05
Campo de regulação	20-85°C
Perda de carga (misturadora) [m c.a.]	3,71

Visto que o diâmetro da tubagem de AQS é de DN 100/114, será necessário adaptar a tubagem para esta válvula. Para tal, colocar-se-á um cone de redução flangeado em cada uma das saídas da válvula, juntamente com uma válvula de segurança e uma válvula de borboleta por questões de segurança e para preservar os equipamentos. Também serão necessários cerca de seis metros de tubagem para completar o circuito, sendo que a tubagem seleccionada foi uma tubagem DN 100/114 de aço AISI 316L.

6.1.3. Orçamento

Foi também elaborado um orçamento para esta instalação, como já referido um dos objectivos desta análise é procurar soluções baratas, como tal procurou-se reduzir os custos da instalação e das peças. Depois de seleccionada a válvula, foi feita uma estimativa do comprimento de tubagem necessária para completar esta instalação, alguns acessórios de segurança, tais como válvulas antiretorno, cones de redução e válvulas de borboleta, e foi tido em conta o custo de mão de obra. Por último foi elaborado um retorno para a instalação.

O orçamento e o retorno explicitam-se nas tabelas 28 e 29:

Tabela 168 - Custo da instalação

	Descrição	Valor s/IVA [€]	Valor c/IVA [€]
Legiomix 6000	Válvula misturadora electrónica	1355,42	1667,17
AISI 316L DN 100/114	Tubagem para AQS	1098,50	1351,16
Instalação	Custo de mão de obra	425,82	523,76
Acessórios	Cones de redução e válvulas	164,80	202,70
Total		3044,54	3744,79

Tabela 29 - Retorno da instalação

Custo de gás natural por kWh fornecido [€]	0,06
Consumo actual do sistema de AQS [kWh]	320425
Custos associados ao AQS [€]	19225,5
Consumo de AQS com VME [kWh]	261691
Novos custos estimados com VME [€]	15701,46
Poupança final [€]	3524,04
Retorno da instalação [Anos]	1,06

6.2. Isolamentos

6.2.1. Tubagens

Uma outra maneira de reduzir as perdas para a envolvente, será colocar isolamento nas inúmeras válvulas que compõem o circuito térmico, assim como a instalação e substituição de isolamento nas tubagens.

Ao analisarmos o isolamento das tubagens que compõem o circuito de água quente no nível 1, reparamos que parte do mesmo está degradado ou em falta. Sendo o isolamento uma componente importante para evitar perdas energéticas, é de extrema importância que o circuito esteja corretamente isolado.

Para tal, foi medido os comprimentos das várias tubagens que compõem os circuitos e feita uma estimativa do comprimento total necessário. O isolamento escolhido foi o *Armaflex* da ARMACELL. Possui boas características de isolamento e são de fácil instalação, adaptando-se aos perfis das tubagens, necessitando apenas de um adesivo específico resistente a altas e baixas temperaturas que é colocado para unir as extremidades do isolamento.

Tabela 30 - Características Armaflex

Descrição:	Isolamento térmico flexível de célula fechada, com elevada resistência à difusão do vapor de água, baixa condutibilidade térmica de protecção antimicrobiana incorporada.
Material:	Espuma elastomérica flexível à base de borracha sintética. Fabricada segundo a norma EN 14304
Temp. máx. de trabalho:	110°C
Temp. mín. de trabalho:	-50°C
λ	$\leq 0.033 \text{ W/(m.K)}$

Igualmente, foi realizado um orçamento para o comprimento total de isolamento necessário nas tubagens apresentado na tabela 30:

Tabela 31 - Orçamento Armaflex

Armaflex						
	Isolamento	Preço [€/m]	m/caixa	Metros necessários	Valor s/IVA	Valor c/IVA
DN 150/168	AF-4	59,04	4	8	472,32	580,95
DN 50/60	AF-2	7,03	32	16	224,96	276,70
DN 80/90	AF-2	10,99	20	15	219,8	270,35
DN 100/114	AF-3	44,45	12	24	1066,8	1312,16
Adesivo 520	--	--	--	--	12,78	15,72
Total			68	63	1996,66	2455,89

Devido às irregularidades do circuito e diferentes diâmetros nas tubagens, é difícil de quantificar as perdas térmicas provocadas pela falta de isolamento. Deste modo não é possível quantificar os ganhos obtidos com esta instalação, consequentemente não é exequível criar um cálculo para o retorno de custos, no entanto é estimado que em cerca de três anos esta instalação estará paga.

6.2.2. Válvulas

No circuito de águas estão instaladas várias válvulas e acessórios que permitem regular e controlar o fluxo ao longo da tubagem. No entanto, não estão devidamente isoladas, levando a perdas térmicas nesses pontos. Uma maneira de evitar estas perdas, será em colocar isolamento nas válvulas que estão diretamente associadas ao grupo térmico, excluindo-se todas as válvulas responsáveis pelas águas frias. Outra vantagem em colocar este isolamento é conservação do acessório, protegendo-o dos elementos da envolvente, evitando corrosão.

Deste modo procedeu-se à contagem das válvulas actualmente instaladas e criou-se um inventário das mesmas.

Devido a serem acessórios que pontualmente necessitam de ser manuseados, foi escolhido uma capa de isolamento *H&V Pro* da AIS DIRECT Ltd., que é de fácil remoção e instalação, sendo capaz de suportar temperaturas até 220°C e com uma condutibilidade térmica de 0,075 W/m.°C.



Figura 23 - Capa de isolamento (AI DIRECT, 2015)

Por fim, foi criado um orçamento para as capas de isolamentos com base nos valores disponíveis em catálogo. A tabela 32 representa o orçamento realizado com base nesses valores.

Tabela 32 - Orçamento Capas de Isolamento

Acessório	Quantidade	Circuito	Unidade s/IVA [€]	Unidade c/IVA [€]	Custo final c/IVA [€]
Válv. Borboleta DN 100/114	10	AQS	42,00	51,66	516,60
Anti-vibratório DN 100/114	2	AQS	35,51	43,68	87,35
Anti-vibratório DN 150/168	2	Piscinas	48,48	59,63	119,26
Válv. anti-retorno DN 150/168	8	Piscinas	48,48	59,63	477,04
Válv. anti-retorno DN 100/114	10	AQS	35,51	43,68	436,77
Válv. Borboleta DN 150/168	8	Piscinas	53,89	66,28	530,28
Filtro DN 100/114	5	AQS	50,41	62,00	310,02
Filtro DN 150/168	4	Piscinas	64,66	79,53	318,13
Total					2795,46

Mais uma vez, devido às irregularidades do caso em análise, é complexo realizar o cálculo dos ganhos associados à instalação deste isolamento. Apesar disso, é possível estimar que tal como o isolamento *Armaflex*, esta instalação estará paga em três anos.

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1. Conclusões

A implementação de sistemas que reduzam o consumo é favorável para qualquer instalação, seja esta doméstica ou uma infraestrutura como o COPM, não só reduzindo os custos no final de cada mês, mas também contribuindo para o meio ambiente ao consumir menos gás natural e consequentemente, produzindo menos gases nocivos.

A realização da presente dissertação, teve como principal objectivo analisar as onde as perdas e gastos térmicos eram de maior relevância, e procurar uma solução barata e exequível para as mesmas.

Nesta perspectiva, e de acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A solução mais favorável para o sistema de AQS, será implementar uma válvula misturadora electrónica, o que provocará uma redução nos consumos de AQS em 18.33%;
- A instalação da VME é rentável, com um retorno estimado de 1 ano, e de fácil execução, sendo a melhor solução proposta;
- Existem grandes perdas no plano de água associadas à evaporação, na ordem dos 106 kW representado 57% das perdas;
- A implementação de isolamento nas tubagens e válvulas é um investimento favorável a longo prazo, protegendo os acessórios e evitando perdas térmicas;
- Apesar de que a instalação ter 10 anos, vários dos seus elementos e equipamentos ainda se encontram em bom estado, não sendo necessária a sua substituição nos próximos anos.

O custos totais da implementação das soluções propostas, vai em conta com um dos objectivos desta análise, sendo o custo total de 8996,14€ e o seu retorno breve.

Ao longo dos nove meses de estágio realizados nos Serviços Técnicos da Divisão de Desporto e Juventude, foram adquiridos conhecimentos em diversas áreas. Foram aprofundados conhecimentos em equipamentos de grandes dimensões e as suas diferentes configurações, ao ter o contacto directo e acompanhamento dos técnicos superiores. Aprendi a procurar soluções simples para problemas complexos. Visitar e conhecer as diferentes piscinas, ajudou a compreender melhor os vários órgãos que as gerem, os recursos humanos que implicam e os diversos elementos que as constituem.

Ao estagiar no COPM em particular, que é uma das melhores piscinas do país, obtive uma realidade diferente do que aquele de um utilizador comum. O vasto sistema que proporciona conforto e boas condições aos utilizadores, é bem mais complexo do que se espera, e manter esse sistema a funcionar requer atenção a pequenos pormenores. Também tive a oportunidade de receber formação em bombas, formação esta organizada pelo Eng.º João Salustiano e o Eng.º Paulo Rodrigues, e realizada pela empresa GRUNDFOS, aprofundando conhecimentos nos produtos existentes no mercado.

Os conhecimentos adquiridos no mestrado foram importantes em tomada de decisões e em construção de raciocínio para a realização deste trabalho, em particular as cadeiras de Redes de Fluídos e Equipamentos Térmicos, que foram fulcrais na compreensão do sistema analisado, bem como na resolução de problemas.

Numa nota final, a realização deste estágio foi numerosamente enriquecedora, com ele levo conhecimentos que espero aplicar no mercado de trabalho, e aconselho a qualquer aluno a experimentar.

7.2. Trabalho Futuros

Um estudo sobre o plano de água e possivelmente a instalação de uma cobertura na piscina de 50 e 25m levará à redução das enormes perdas associadas à evaporação, reduzindo assim a necessidade de aquecer a água dos tanques e consequentemente o consumo de gás natural.

A elaboração de um estudo das unidades de tratamento de ar, também será viável de modo a reduzir os custos eléctricos associados às mesmas, podendo até ser instalados variadores de velocidade nos motores eléctricos movimentam os ventiladores centrífugos.

Um estudo sobre a domótica do edifício permitirá uma melhor gestão e monitorização dos equipamentos presentes, sendo possível analisar cada um destes em tempo real e detectar possíveis anomalias.

A elaboração de um estudo para melhoria das redes de tubagens de água quente de modo a serem reduzidas as perdas térmicas a si associadas.

A utilização de contadores parciais em alguns dos equipamentos também poderia ser uma mais-valia, facilitando assim os cálculos necessários e torná-los mais exactos, viabilizando a mais rápida detecção de eventuais anomalias.

Por fim a elaboração de um estudo energético, de todo o complexo, com o intuito de criar um Certificado Energético.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AI DIRECT, (2015), *Insulation jackets*. In <http://www.aidirect.co.uk/insulation-jackets>
- [2] A.R. Day, M.S. Ratcliffe, K.J. Shepherd, (2003), *Heating Systems, Plant and Control*, Oxford: Blackwell Science.
- [3] Artuso, P. e Santiangeli, A. (2008), “*Energy solutions for sports facilities*”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 33, 3182-3187.
- [4] ASHRAE Handbook, (2005).
- [5] BRESCU, (1998), *Good practice case study 76, Energy efficiency in sports and recreation buildings: swimming pool covers*. In <http://www.forgeleisure.co.uk/Case%20Study.pdf>
- [6] BRESCU, (1998), *Energy Consumption Guide 78, Energy use in sports and recreation buildings*. In <http://targ.co.uk/other/guide78.pdf>
- [7] CALEFFI, (2015), *LEGIOMIX 6000 - Misturadora eletrónica com desinfeção térmica programável e verificação de desinfeção*. In <http://www.caleffi.com/portugal/pt/catalogue/legiomixr-misturadora-eletronica-com-desinfecao-termica-programavel-e-verificacao-de>
- [8] Carbon Trust, (2006), *Sports and leisure: Introducing energy saving opportunities for business*. In www.thecarbontrush.co.uk/energy
- [9] Daniele Fiaschi, Romeo Bandinelli, Silvia Conti (2012), *A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables*, *Applied Energy* 97, 101-114.
- [10] Department of the Environment, Transport and the Regions, (2013), *Energy efficiency in sports and recreation buildings: a guide for owners and energy managers, Guide 5*. In http://www.intelmeter.com/output/carbon%20trust/ecg051_recreation%20centres.pdf
- [11] DETREE, 2013, *Good practice guide 219 - Energy efficiency in swimming pools - for centre managers and operators; The Department of the Environment, Transport and the Regions' Energy Efficiency, Best Practice programme*. In http://www.swimming.org/assets/uploads/library/Energy_Efficiency_in_Swimming_Pools_219.pdf
- [12] EDP, 2015, *Equivalências energéticas*. In: <http://www.edpgasdistribuicao.pt/index.php?id=486>
- [13] João Azevedo, 2005, *Apontamentos de Permutadores de Calor – Equipamentos Térmicos*. In: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571249512/Permutadores2B.pdf>
- [14] Joaquim Ferreira, Manuel Pinheiro, 2011, *In search of better energy performance in the Portuguese buildings - The case of the Portuguese regulation*, *Energy Policy* 39, 7666-7683

- [15] Jorge Nham, 2010, *Geradores de Vapor, 4º Ano, Aula 3*. In: nhambiu.uem.mz/wp-content/uploads/2013/02/GV_Aula-3.pdf
- [16] Mecalia Energy Systems, 2012, *Intercumulador INOX 316 Serpentina em Espiral*. In: <http://www.mecalia.com/pt/2/22/produtos/depositos-de-aqs-e-circuito-fechado>
- [17] National Instruments, *Placas e dispositivos DAQ, O que é aquisição de dados?*, 2014. In: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/pt/>
- [18] Roberto Lamberts, António Augusto Xavier, Solange Goulart, Renata De Vecchi, Junho/2011, *Conforto e Stress Térmico*.
- [19] Termopares, 2013, *Construção física da termoresistência pt-100*. In: http://www.termopares.com.br/teoria_sensores_temperatura_termoresistencia_pt100_caracteristicas_fisicas_bulbo_resistencia
- [20] VM Brasil, 2014, *Trocador de calor a placas gaxetado*. In: <http://vmbrasil.com/portfolio/alfa-laval/trocador-de-calor-a-placas-gaxetado/>

LEGISLAÇÃO CONSULTADA

Circular Normativa n.º 14/DA de 21 de Agosto de 2009: *Programa de Vigilância Sanitária de Piscinas*.

Direção Geral de Saúde.

Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto, Diário da República

Decreto-Lei n.º 5/97 de 31 de Março, Diário da República.

Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, Diário da República.

Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril, Diário da República.

Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, Diário da República.

Decretos-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, Diário da República.

Diretiva CNQ n.º 23/93 (1993): *A Qualidade nas Piscinas de Uso Público*. Conselho Nacional de Qualidade.

ANEXOS

Consumos de gás natural

Consumos de Gás Natural						
	2013			2014		
Mês	Consumo [m ³]	Potência convertida [kW/h]	Potência útil [kW/h]	Consumo [m ³]	Potência convertida [kWh]	Potência útil [kWh]
Janeiro	40908	484286	450385,98	73776	859000	798870
Fevereiro	36493	434903	404459,79	36436	422415	392845,95
Março	33720	400544	372505,92	33828	392458	364985,94
Abril	26296	312202	290347,86	24970	289163	268921,59
Maio	22964	272829	253730,97	20741	240781	223926,33
Junho	15402	180903	168239,79	11520	133562	124212,66
Julho	3703	43352	40317,36	8298	96185	89452,05
Agosto	2916	33842	31473,06	3532	41366	38470,38
Setembro	4284	50239	46722,27	5756	66935	62249,55
Outubro	14710	170294	158373,42	10402	121307	112815,51
Novembro	31629	366029	340406,97	30256	353311	328579,23
Dezembro	39464	459930	427734,9	45848	538099	500432,07
TOTAIS	272489	3209353	2984698,29	305363	3554582	3305761,26

Inventário

Código de inventário	Classificação hierárquica		Localização geográfica			Potência útil												
	Pai	Filho de	Edifício	Código centro custos	Nível	Tipo	Designação	Marca	Modelo	Kcal/h	kW	Rendimento	Qn [kW]	N.º queimadores	Sobrepresão câmara de combustão [mm.c.a]	Peso [kg]	Capacidade água [litro]	S/N
1	SIM		COPM	0230104	5	Equipamento	Caldeira 1	Roca	CPA 800	800 000	951,7	93,00%	1023,3	1	58	1460	966	160137203
2	SIM		COPM	0230104	5	Equipamento	Caldeira 2	Roca	CPA 800	800 000	951,7	93,00%	1023,3	1	58	1460	966	160137204
3	SIM		COPM	0230104	5	Equipamento	Caldeira 3	Roca	CPA 800	800 000	951,7	93,00%	1023,3	1	58	1460	966	160137201
4	SIM		PMMDMM	0230106	5	Equipamento	Caldeira 1	Roca	CPA 500	500 000	581,4	90,60%	1023,3	1	41	940	503	
	SIM		PMMDMM	0230106	5	Equipamento	Caldeira 2	Roca	CPA 500	500 000	581,4	90,60%	1023,3	1	41	940	503	
	SIM		PMRA	0230103	2	Equipamento	Caldeira 1	Roca	CPA 500	500 000	581,4	90,60%	1023,3	1	41	940	503	
	SIM		PMRA	0230103	2	Equipamento	Caldeira 2	Roca	CPA 500	500 000	581,4	90,60%	1023,3	1	41	940	503	
	SIM		PMLLC	0230105	2	Equipamento	Caldeira 1	Roca	CPA 500	500 000	581,4	90,60%	1023,3	1	41	940	503	
	SIM		PMLLC	0230105	2	Equipamento	Caldeira 2	Roca	CPA 500	500 000	581,4	90,60%	1023,3	1	41	940	503	
	SIM		PMC	0230109	2	Equipamento	Caldeira 1	Roca	G100/110IE	108 300	126	93,60%	137,5	3		361	43,2	900028673
	SIM		PMC	0230109	2	Equipamento	Caldeira 2	Roca	G100/110IE	108 300	126	93,60%	137,5	3		361	43,2	
	SIM		PMC	0230109	2	Equipamento	Caldeira 3	Roca	G100/110IE	108 300	126	93,60%	137,5	3		361	43,2	

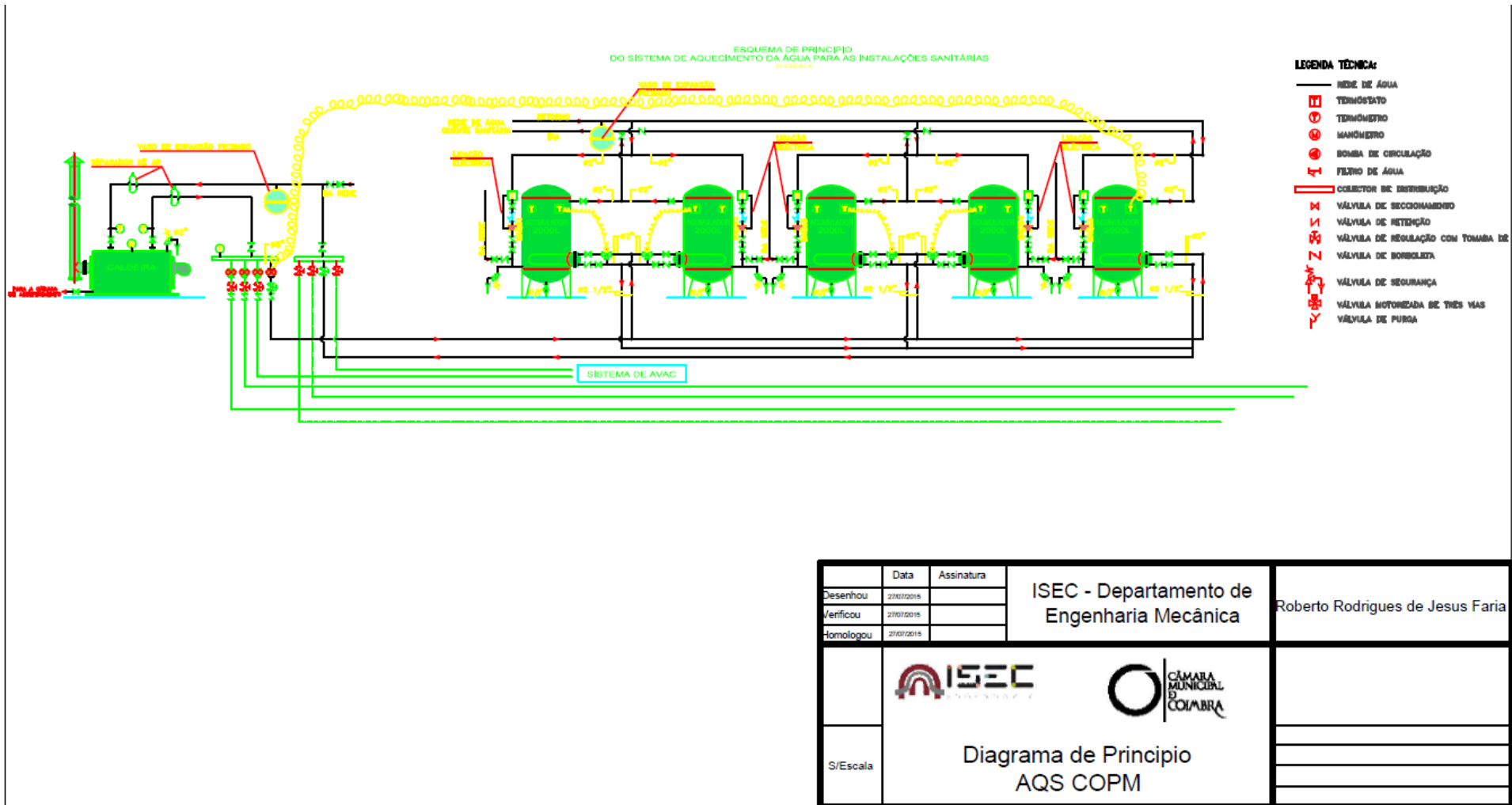


Diagrama de principio AQS

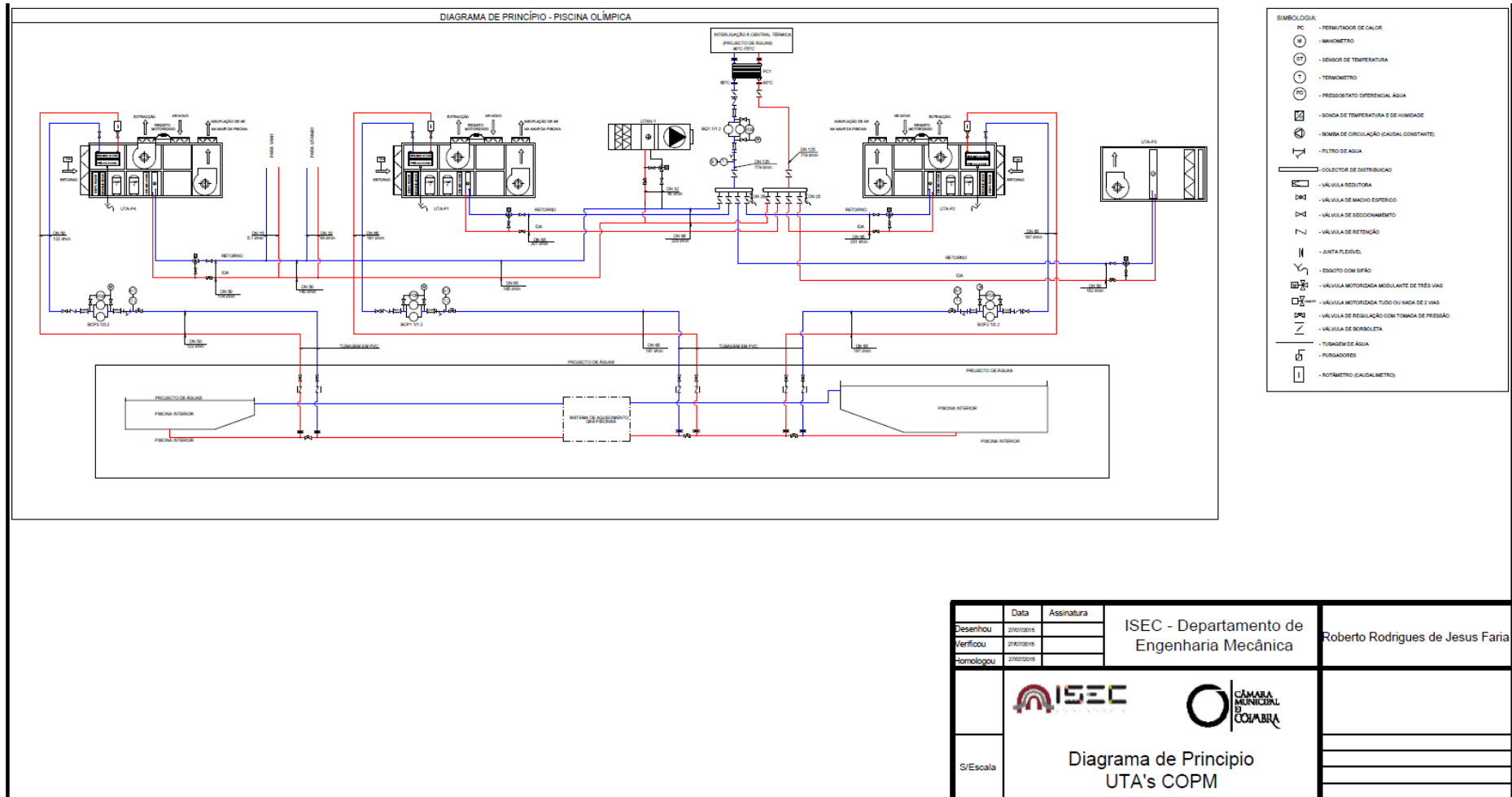
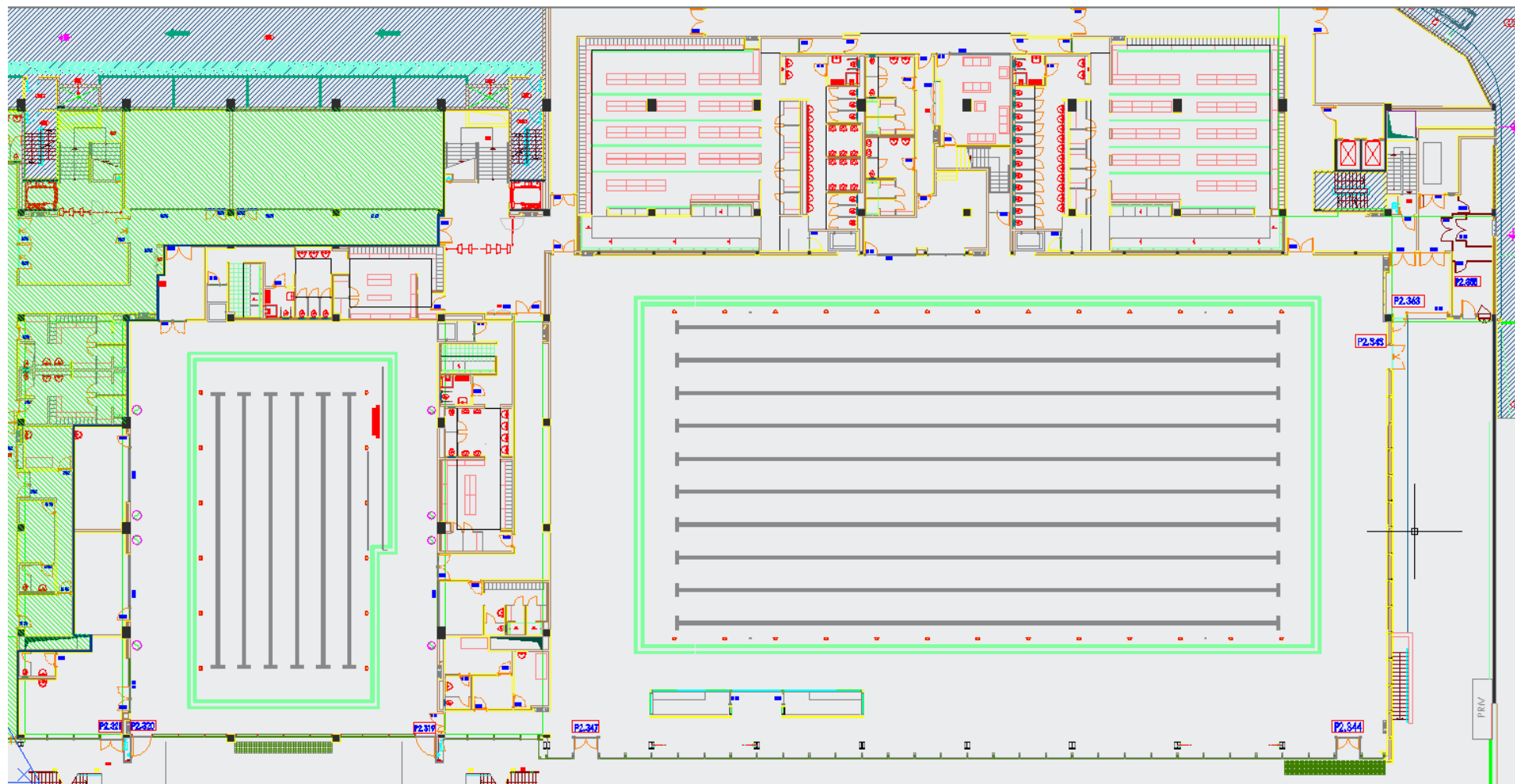


Diagrama de Principio UTA's e UTAN



Nível 2 do COPM (Piscinas de 50m e 25m)