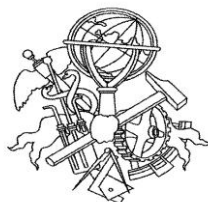


# Avaliação do Desempenho Energético e da Qualidade do Ar de uma Piscina Coberta

André Lopes Gama

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em  
Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



21 de Novembro de 2012



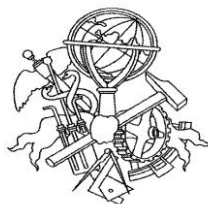
Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do Mestrado em  
Energias Sustentáveis

Candidato: André Lopes Gama, Nº 1050861, 1050861@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Christopher Silva Alves de Sá, cas@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis  
Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



21 de Novembro de 2012



*Dedico este trabalho à minha família e à minha namorada por todo o apoio...*



## *Agradecimentos*

Ao completar este trabalho e dar por fim a mais uma etapa não poderia deixar de mostrar o meu agradecimento a todos que contribuíram para o seu sucesso.

Ao Engenheiro Christopher Silva Alves de Sá, que me questionou, desafiou e orientou ao longo da realização e cumprimento dos objetivos que nos propusemos alcançar no trabalho, pela paciência e interesse demonstrados na minha evolução como profissional.

Ao Assistente Técnico Márcio Castro, ao Dr. Fernando Paulo, ao Dr. Jaime Sousa e a todos os funcionários da piscina municipal, que foram sempre simpáticos e acessíveis a todas as minhas perguntas e visitas ao local.

Ao Professor Catedrático Jorge Humberto Oliveira Seabra, um grande obrigado pelo interesse e troca de ideias quer na realização deste trabalho, quer no decorrer dos trabalhos que me tem dado a oportunidade de participar para crescer como pessoa e profissional.

Agradeço aos colegas de trabalho do CETRIB-INEGI: Beatriz Graça, Ramiro Martins, José Brandão, Luís Magalhães, Armando Campos, Jorge Castro, David Gonçalves, Tiago Cousseau, Carlos Fernandes, Pedro Marques, especialmente pela paciência demonstrada ao longo do trabalho, ouvindo e ajudando nas minhas constantes indagações, pelo clima de descontração e amizade no ambiente de serviço.

E quem melhor para me ajudar a ultrapassar os altos e baixos da vida, que as melhores pessoas que alguma vez pude conhecer, aos amigos de sempre: Célia S., Ana. I, Marcelo S. Mónica P. e André C., um grande obrigado, por cada PALAVRA, por cada GARGALHADA e por TODA A AMIZADE.

À minha melhor amiga, à minha namorada Ana Sousa, pela paciência e apoio naqueles momentos em que me senti com pouca confiança, pelas gargalhadas, pelos incentivos, pelas correções, pelas ideias, pelos carinhos, por simplesmente estar presente, que sabe o quanto importante foi, é e será para mim.

Aos meus pais e família pelo apoio e amor. A eles devo o homem que hoje sou.

Não podia esquecer-me do membro mais novo da família, o “Balú”, agradeço ao meu cão por cada momento que passou ao meu lado enquanto escrevia o documento, pelas festas e brincadeiras que me fazem rir.

A todos o meu Agradecimento...





## *Resumo*

Este trabalho teve como propósito fazer uma avaliação do desempenho energético e da qualidade do ar no interior das instalações de uma Piscina Municipal Coberta, localizada na zona norte de Portugal, sendo estabelecidos os seguintes objetivos: caracterização geral da piscina, no que respeita aos seus diferentes espaços e equipamentos, cálculo dos consumos térmicos e elétricos bem como o registo das concentrações de elementos poluentes para controlo da qualidade do ar no interior da piscina, tendo como base a legislação atualmente em vigor. A caracterização geral da piscina permitiu verificar algumas inconformidades como a temperatura da água nos tanques de natação que tem valores superiores aos recomendados e a sala de primeiros socorros que não possui acesso direto ao exterior. Acrescente-se que o pavimento nos chuveiros da casa de banho feminina e os valores de pH para água do tanque grande e pequeno não estão sempre dentro da gama de recomendação. O caudal da renovação de ar está a ser operado manualmente e quando está a funcionar a 50% da sua capacidade máxima, que acontece numa parte do dia, apenas consegue renovar 77,5% do caudal recomendado pelo RSECE. Para se obter o valor recomendado é necessário ter pelo menos 7 horas com o caudal a 100% da capacidade máxima. A avaria na UTA2 originou que 40% dos registos diários da humidade relativa interior estivessem fora da gama de valores recomendados e que esta é fortemente dependente da humidade no exterior e pode ser agravada quando as portas dos envidraçados da nave são abertas. Analisando ainda a quantidade de água removida na desumidificação do ar com a água evaporada em condições de Outono-Inverno ou Primavera-Verão, este estudo permitiu concluir que todas as combinações demonstraram a necessidade de desumidificação salvo a combinação Outono-Inverno e UTA2 a funcionar a 100% da sua capacidade máxima. Os isolamentos das tubagens na sala das caldeiras foram observados e comparados com as soluções recomendadas pelas empresas especialistas e verificou-se que alguns estão mal colocados com parcial ou total degradação, promovendo perdas térmicas. No caso das perdas caloríficas por evaporação, estas representaram cerca de 67,78% das perdas totais. Como tal, estudou-se a aplicação de uma cobertura sobre o plano de água durante o período de inatividade da piscina (8 horas) e verificou-se que o resultado seria uma poupança de 654,8 kWh/dia, na ausência de evaporação da água, mais 88,00 kWh/dia do período da UTA2 a funcionar a 50% da sua capacidade, perfazendo um total de 742,8 kWh/dia. A aplicação da cobertura permite obter um VAL de valor positivo,

uma TIR de 22,77% e sendo este valor superior ao WACC (Weight Average Cost of Capital), o projeto torna-se viável com um Pay-Back de 3,17 anos. Caracterizou-se também o consumo total diário em eletricidade, e verificou-se que as unidades de climatização, as bombas de circulação de água, a iluminação, e outros equipamentos representam, respetivamente, cerca de 67,81, 25,26, 2,68 e 3,91% da energia elétrica total consumida. Por fim, a análise à qualidade do ar no interior da nave em Maio e Setembro identificou que as concentrações de ozono apresentavam valores no limite do aceitável em Maio e superiores ao valor de emissão em Setembro. Os compostos orgânicos voláteis também apresentavam valores em Maio 4,98 vezes superior e em Setembro 6,87 vezes superior aos valores máximos exigidos pelo D.L. nº 79/2006. Houve ainda altas concentrações de radão registadas na casa dos filtros, em Maio com um valor 11,49 vezes superior, no entanto esse valor desceu em Setembro para 1,08 vezes, mesmo assim superior ao exigido pelo D.L. nº 79/2006.

### *Palavras-Chave*

QUALIDADE DO AR INTERIOR, PISCINA COBERTA, GESTÃO DE ENERGIA, ILUMINAÇÃO, VENTILAÇÃO

## *Abstract*

The present study had the purpose to make an assessment of the energy performance and air quality within the premises of a Municipal Indoor Swimming Pool located in northern Portugal, by setting the following objectives: a general characterization of the indoor swimming pool environments and equipment and comparison to current legislation, calculation of thermal and electrical consumption as well as recording the concentrations of polluting elements to control the air quality inside the pool. The general characterization of the swimming pool allow to observe some irregularities such as the water temperature in the swimming tanks that was higher than the recommendation and the first aids room that does not have direct access to the outside. Plus the pavement in women locker room showers and the pH water were not always in the acceptable range. The renovation of the air flow is manually operated and when working at 50% of full capacity, only 77.5% of the flow recommended by RSECE is achieved. It is needed at least 7 hours with the flow at 100% of the maximum capacity to achieve the recommended value. A malfunction in UTA2 contributed for 40% of the daily registers in relative humidity beyond the range of recommended values. This parameter is strongly dependent on of the outside values and can be increased if the doors of the pool are open. When analyzing removed water in the air dehumidification with evaporated water in Autumn-Winter and Spring-Summer conditions it is possible to conclude that all combinations show the necessity of dehumidification excepted Autumn-Winter and UTA2 working at 100% of its capacity. The pipe isolations were observed and compared with the specialized industrial recommend solutions and it was concluded that some were not applied correctly, showed partial or completely degradation, which promote thermal losses. The thermal losses caused by evaporation were calculated and represented 67.78% of total losses. Because of this high value it was studied the application of a cover over the water surface to put during the time of pool inactivity and this action is estimated to save 654.8 kWh/day plus 88.00 kWh /day for the time in which the UTA2 is working at 50% of its maximum capacity making a total of 742.8 kW/day. The application of the cover allows to achieve a positive Net Added Value a Internal Rate of Return of 22.77% and since it is bigger than WACC (Weight Average Cost of Capital) makes the project viable with a Pay-Back of 3.17 years. It was also made a characterization of the daily electrical consumption and was observed that climatization units, pumps for water circulation, illumination and other electric

equipments represented 67.81, 25.26, 2.68 and 3.91%, respectively, to total energy consumption. The last but not the least two analyzes of indoor air quality were made, in which the ozone levels were closed to the legally accept concentration in May and higher in September. The volatile organic compounds (VOCs) presented levels 4.98 times in May and 6.87 times in September higher than the maximum legal values. Relatively to radon, high levels were found at filters room recording in May a level 11.49 times higher than the recommended level and in September, the maximum value recorded exceeded by 1.08 times the emission value.

***Keywords***

INDOOR AIR QUALITY, INDOOR SWIMMING POOL, ENERGY MANAGEMENT, ILLUMINATION, VENTILATION

# Índice

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>NOMENCLATURA .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	4
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
2.1. GESTÃO DE PISCINAS.....	8
2.1.1. Definição e Classificação de Piscina e Piscina Coberta .....	8
2.1.2. Projeto e Manutenção de uma Piscina.....	9
2.1.3. Gestão de energia .....	13
2.1.4. Qualidade do ar no interior da piscina.....	14
2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL .....	21
2.3. ENQUADRAMENTO ENERGÉTICO.....	26
<b>3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PISCINA VS. RECOMENDAÇÕES LEGISLATIVAS.....</b>	<b>28</b>
3.1. LOCALIZAÇÃO .....	29
3.2. ORGANIGRAMA DA GESTÃO .....	30
3.3. ANÁLISE ESTRUTURAL DA PISCINA E COMPARAÇÃO COM AS RECOMENDAÇÕES LEGISLATIVAS.....	31
3.4. LOTAÇÃO.....	39
3.5. REQUISITOS DA QUALIDADE E QUANTIDADE DA ÁGUA.....	40
3.5.1. Controlo da Qualidade da Água .....	40
3.5.2. Circulação das Águas nos Tanques – Características Quantitativas.....	41
3.5.3. Caracterização do Sistema de Bombagem .....	47
3.5.4. Caracterização do Sistemas de filtração.....	47
3.5.5. Caudal de Ar de Renovação da Nave .....	48
<b>4. CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ENERGÉTICO.....</b>	<b>52</b>
4.1. CALDEIRAS.....	53
4.2. AQUECIMENTO DO AR DA NAVE.....	55
4.2.1. Unidades de Tratamento de Ar (UTAs) .....	55
4.2.2. Avaria no sistema de Desumidificação do Ar Interior .....	56
4.3. AQUECIMENTO DA ÁGUA DOS TANQUES .....	63
4.4. AQUECIMENTO DA ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS).....	64
4.5. PERDAS ENERGÉTICAS.....	65
4.5.1. Perdas por Renovação da Água dos Tanques .....	65
4.5.2. Perdas Caloríficas por Radiação na Superfície da Água dos Tanques .....	67
4.5.3. Perdas Caloríficas por Evaporação da Água .....	68

4.5.4.	Perdas ou Ganhos de Calor por Convecção .....	70
4.5.5.	Perdas e Ganhos totais de Calor.....	71
4.6.	CONSUMO DE ELETRICIDADE .....	72
4.6.1.	Iluminação .....	73
4.6.2.	Bombas de Circulação de Água.....	74
4.6.3.	Unidades de Climatização.....	74
4.6.4.	Outros Equipamentos.....	75
4.6.5.	Consumo Total em Eletricidade.....	76
4.7.	PROPOSTAS DE MELHORIAS ENERGÉTICAS .....	77
4.7.1.	Proposta para Colocação e/ou Renovação de Isolamentos Térmicos .....	77
4.7.2.	Proposta para Instalação de uma Cobertura Isotérmica .....	81
4.7.3.	Análise Financeira .....	82
<b>5.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI) .....</b>	<b>87</b>
5.1.	AUDITORIA E AMOSTRAGEM .....	88
5.2.	TRATAMENTO DE RESULTADOS.....	91
5.3.	PARÂMETROS EM AVALIAÇÃO .....	92
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>102</b>
6.1.	CONCLUSÕES.....	103
6.2.	SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS.....	105
	<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....</b>	<b>107</b>
	<b>OUTRAS REFERENCIAS CONSULTADAS .....</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXO A. TABELAS DE REGISTO DIÁRIO DE NÍVEIS DE CLORO, PH, TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA.....</b>	<b>114</b>
	<b>ANEXO B. PROPOSTA FORNECIDA PARA A APLICAÇÃO DE UMA COBERTURA SOBRE O PLANO DE ÁGUA. ....</b>	<b>124</b>
	<b>ANEXO C. DADOS FINANCEIROS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DA COBERTURA SOBRE O PLANO DE ÁGUA. ....</b>	<b>129</b>

## *Índice de Figuras*

Figura 1	- Variação da concentração de radão numa cave [35].	20
Figura 2	- Variação sazonal do radão – “Curva de radão”[35]	20
Figura 3	- Organigrama simplificado da entidade gestora das piscinas.	30
Figura 4	- Registo diário dos valores de temperatura da água do tanque grande de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	32
Figura 5	- Registo diário dos valores de pH do tanque grande de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	32
Figura 6	- Registo diário dos valores da temperatura do ar ambiente junto ao tanque grande de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	33
Figura 7	- Registo diário dos valores de temperatura da água do tanque pequeno de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	33
Figura 8	- Registo diário dos valores de pH do tanque pequeno de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	34
Figura 9	- Registo diário dos valores da temperatura do ambiente junto ao tanque pequeno de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	34
Figura 10	- Registo diário dos valores da humidade relativa do ar ambiente de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	38
Figura 11	- Registo diário dos valores da lotação de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	40
Figura 12	- Registo diário dos valores do consumo de água de compensação do tanque grande de Janeiro de 2012 a Junho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	45
Figura 13	- Registo diário dos valores do consumo de água de compensação do tanque pequeno de Janeiro de 2012 a Junho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	45
Figura 14	- Registo de consumos de água para outros afins de Janeiro de 2012 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	46
Figura 15	- Área total (STotal) contabilizada para fins de renovação de ar segundo a Diretiva CNQ 23/93 e o Anexo VI do D.L. n.º 79/2006.	48
Figura 16	- Hipotéticas combinações de operação da UTA2 a 50% (a azul) e a 100% (a vermelho) da sua capacidade e volume de ar a renovar recomendado pelo RSECE para um período de 24 horas.	50
Figura 17	- Esquema simplificado do aquecimento do ar e da água pelas caldeiras.	53
Figura 18	- Registo diário dos valores do consumo de gás natural de Janeiro de 2012 a Junho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	54
Figura 19	- Energia fornecida num dia debitada pelas caldeiras de Janeiro de 2012 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).	55

Figura 20 - Esquema simplificado da localização da insuflação (a vermelho) e extração (a azul) do ar na nave.....	56
Figura 21 - _Registo diário dos valores da temperatura ambiente na nave de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A). .....	60
Figura 22 - Registo diário dos valores da humidade relativa na nave de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A). .....	60
Figura 23 - Distribuição da gama de valores de humidade relativa do ar (às 07:00) da base de dados do SolTerm ao longo de 24 horas no exterior (a azul) e no interior da nave (a verde)..	62
Figura 24 - Distribuição da gama de valores de humidade relativa do ar (às 07:00) da base de dados do SolTerm ao longo de 1 ano no exterior (a azul) e no interior da nave (a vermelho). Realce-se a avaria do desumidificador. ....	63
Figura 25 - Esquema simplificado da degradação ou inexistência do isolamento na tubagem. ...	77
Figura 26 - Esquema representativo da (A) tubagem com isolamento, (B) tubagem sem isolamento. ....	78
Figura 27 - Esquema representativo de uma curva de 90° sem isolamento. ....	79
Figura 28 - Criação de um suporte para usar a câmara do telemóvel mais o equipamento de medição térmica. ....	79
Figura 29 - Esquema representativo de uma curva de 90° de uma tubagem sem isolamento e com distribuição térmica. ....	81
Figura 30 - Esquema simplificado dos espaços para recolha das amostras. ....	90
Figura 31 - Valores concentrações de Partículas suspensas no ar registados nos vários pontos de análise comparados com o valor máximo de referência.....	92
Figura 32 - Valores de Monóxido de Carbono registados em Maio e Setembro nos diferentes pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência.....	93
Figura 33 - Valores de Ozono registados em Maio e Setembro comparados com o valor máximo de referência. ....	93
Figura 34 - Valores de Formaldeído registados em Maio em todos os pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência.....	94
Figura 35 - Valores de Radão (222Rn) registados no mês de Maio e Setembro, em P9 em pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência. ....	95
Figura 36 - Esquema simplificado dos pontos de medição em P9 (Casa dos Filtros) em Setembro de 2012.....	95
Figura 37 - Esquema simplificado do efeito da pressão atmosférica. ....	96
Figura 38 - Valores de Dióxido de Carbono registados em Maio e Setembro, nos diferentes pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência.....	97
Figura 39 - Valores de Compostos Orgânicos Voláteis registados nos diferentes pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência. ....	98
Figura 40 - Representação em planta da maior (vermelho) para a menor (azul-escuro) concentração de COVs em Maio (esquerda) e em Setembro (direita) de 2012.....	99



## Índice de Tabelas

Tabela 1	- Critérios de classificação das piscinas (fonte: Diretiva CNQ 23/93).....	8
Tabela 2	- Temperatura dos tanques de acordo com a sua tipologia (Diretiva CNQ 23/93) .....	10
Tabela 3	- Requisitos de conforto termo-higrométricos da nave da piscina .....	11
Tabela 4	- Alguns compostos orgânicos voláteis e suas respectivas fontes de emissão [34]......	18
Tabela 5	- Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios. ....	25
Tabela 6	- Comparação Diretiva CNQ 23/93 e Registos Diários.....	44
Tabela 7	- Resumo do consumo total diário de água.....	46
Tabela 8	- Velocidade de filtração, $m^3/h/m^2$ .....	47
Tabela 9	- Caudal volumétrico de renovação segundo a Diretiva CNQ 23/93 e o Anexo VI da D.L. 79/2006. ....	49
Tabela 10	- Comparação entre o caudal de ar a renovar recomendado e a capacidade de operação da máquina a 100% e a 50%. ....	49
Tabela 11	- Comparação entre a quantidade de água removida ( $m_{ag}$ ) com a quantidade de água evaporada ( $mE$ ) e ações de correção.....	58
Tabela 12	- Análise aos dados da base de dados do SolTerm relativamente ao número de dias em que a humidade se encontrava com o valor da humidade relativa abaixo dos 55%, acima do 75% e entre 55% e 75%. ....	61
Tabela 13	- Comparação das humidades relativas entre a base de dados do SolTerm e os registos dentro da nave às 07:00 de um dia do ano. ....	62
Tabela 14	-Resumo do total de perdas caloríficas.....	72
Tabela 15	- Identificação das lâmpadas e consumos elétricos diários na Piscina. ....	73
Tabela 16	- Consumo diário de eletricidade nas bombas.....	74
Tabela 17	- Consumo diário das unidades de tratamento de ar.....	75
Tabela 18	- Consumo diário de outros equipamentos.....	75
Tabela 19	- Resumo do consumo total diário em eletricidade. ....	76
Tabela 20	- Energia poupada com a aplicação de uma cobertura sobre o plano de água em 8 horas por dia.....	82
Tabela 21	- VAL, TIR e Pay-Back para as considerações assumidas. ....	85
Tabela 22	- Número mínimo de amostras por espaço de acordo com NT-SCE-02.....	89

# *Nomenclatura*

## **Caracteres Romanos**

$\Delta t_i$	– Período de tempo de amostragem no ponto $E_i$
$A_i$	– Área da zona $i$
$A_j$	– Área da zona $j$
$C_E$	– Concentração do poluente gasoso no ponto de amostragem $E_i$ durante o tempo $t_i$
$C_{pl}$	– Calor específico da água
$E$	– Energia consumida total
$f$	– Fator de ocupação específica
$F_A$	– Fator dependente da frequência do banhista e tipo de piscina
$H$	– Profundidade média do tanque
$h_y, h_x, h_i$	– Coeficientes de convecção
$j$	– Índice de numeração do piso
$k$	– Fator de rendimento do sistema de tratamento
$k_A, k_B, k_t$	– Coeficientes de condução de calor
$K_c$	– Coeficiente médio de transferência de calor
$m_E$	– Quantidade de água evaporada
$M_p$	– Caudal mássico de água de compensação
$N$	– Número de dispositivos

$N_i$	– N° de pontos de medida na zona i ( $N_i \geq 1$ )
$N_j$	– N° mínimo de pontos de medida no piso de índice j
$P_{ci}$	– Poder calorífico do gás natural
$P_E, P_p, P_c, P_r, P_t, P_{PC},$ $P_{AB}, P_G, P,$	– Potências
$Q$	– Caudal de recirculação mínimo
$Q_p$	– Caudal a renovar nos tanques de compensação
$R$	– Fator de recirculação
$r_1, r_2, r_3$	– Raios de circunferências
$R_{Total}$	– Resistência térmica total
$S_p$	– Área do plano de água
$T$	– Período de renovação
$T_t$	– Tempo total de medição
$t$	– Tempo
$V$	– Volume do tanque
$v$	– Velocidade
$V_g$	– Volume medido de gás na caldeira
$V_p$	– Soma dos volumes de água e do tanque de compensação
$Y_n, Y_p$	– Humidade absolutas do ar saturado à temperatura da água de tanque e do ar da nave

## Caracteres Gregos

$\rho_L$	–	Massa volúmica da água
$\theta_a, \theta_t, \theta_n, \theta_p, \theta_o$	–	Temperaturas
$\lambda$	–	Calor latente de vaporização

## Abreviaturas

APA	–	Agência Portuguesa do Ambiente
AQS	–	Água Quente Sanitária
CNQ	–	Conselho Nacional de Qualidade
CO	–	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	–	Dióxido de Carbono
COHb	–	Carboxihemoglobina
COV	–	Compostos Orgânicos Voláteis
D.L.	–	Decreto-Lei
D.R.	–	Decreto Regulamentar
Ext	–	Concentração média temporal do poluente em análise medida no exterior do edifício
HCHO	–	Formaldeído
LMD	–	Lotação Máxima Diária
LMI	–	Lotação Máxima Instantânea
LS	–	Lotação de Serviço

MaxE	– Valor máximo de todas as médias temporais obtidas para todos os espaços do edifício/fração
MaxT	– Valor máximo obtido de todos os pontos de amostragem/medição no edifício
MedT	– Média temporal das medições realizadas em cada ponto de amostragem/medição
M <sub>R</sub>	– Concentração máxima de referência para cada um dos poluentes em causa conforme referido n.º8 do artigo 29.º do RSECE
O <sub>3</sub>	– Ozono
PM <sub>10</sub>	– Partículas suspensas no ar
QAI	– Qualidade do Ar Interior
RCCTE	– Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	– Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
TG	– Tanque Grande
TP	– Tanque Pequeno
UTA	– Unidade de Tratamento de Ar



# 1. Introdução

## **1.1. Enquadramento do tema**

À medida que a sociedade se torna mais desenvolvida o consumo de energia que a sustenta aumenta, mas nem sempre de modo eficiente. Tecnicamente, a Humanidade avança de modo progressivo e os países adaptam-se de forma a tornarem-se cada vez mais competitivos, aumentando a sua eficiência energética e obtendo menores consumos de energia por unidade de produto realizado ou de serviço prestado. Portugal está a atravessar uma crise económica grave, com políticas que fizeram aumentar o IVA sobre o gás natural e a eletricidade e é, por isso, crucial a procura de soluções que reduzam, ou mesmo suprimam, os elevados consumos energéticos.

O aumento da eficiência energética nos edifícios é um importante instrumento para aliviar a dependência da importação de energia da UE e levar ao cumprimento do Protocolo de Quioto na redução das emissões de dióxido de carbono [1]. Apesar dos constantes progressos, ainda se observam lacunas relativamente ao sector dos edifícios, sobretudo no do setor terciário (onde estão incluídas as piscinas), pois o consumo de energia tem aumentado, levando a repensar a sua gestão.

Nos últimos tempos têm-se observado um acréscimo progressivo na utilização de piscinas para atividades terapêuticas, recreativas e desportivas admitindo-se que a utilização, como atividade física regular, constitui uma reconhecida medida de promoção para a saúde. No entanto, têm sido verificadas algumas deficiências ao nível da conceção e gestão, que conduzem à identificação de vários tipos de perigos associados à sua utilização, nomeadamente químicos, físicos e biológicos. É importante salientar que estes perigos podem afetar utentes, mas também os funcionários das piscinas.

As piscinas cobertas correspondem a um tipo de instalação desportiva com um elevado grau de complexidade ao nível da sua gestão e funcionamento, nomeadamente na questão energética. O gestor tem que saber reduzir os custos, sem nunca descartar a preocupação com a saúde pública dos seus utilizadores. A promoção de um ambiente confortável para utentes e funcionários e a manutenção do edifício são conseguidas com recurso a análises periódicas de vários parâmetros físicos no interior da piscina coberta (humidade relativa,



temperatura do ar no espaço interior, temperatura da água da piscina e velocidade do ar sobre a superfície da água, ...).

A Diretiva Europeia “Energy Performance of Buildings Directive” (EPBE) é uma importante ferramenta política com o objetivo de melhorar o desempenho energético de edificações. Esta foi aplicada em 27 países com ajustes à legislação nacional de cada país [2]. Em Portugal, as recomendações da ADENE e a aplicação do RSECE (D.L. n°79/2006) e do RCCTE (D.L. n°80/2006) tornaram possível executar as avaliações do Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior (QAI) de um edifício.

## **1.2. Objetivos**

O presente estudo passou por um procedimento de investigação cuidada, leitura de vários artigos científicos sobre o tema, análise de informações recolhidas numa Piscina Municipal da Região Norte de Portugal.

Este estudo tem como principais finalidades as avaliações do desempenho energético e da qualidade do ar interior de uma Piscina Coberta e a proposta de medidas para melhorar ou aperfeiçoar o seu desempenho.

O estudo baseou-se na legislação atual que regula as instalações desportivas, como piscinas, e foi atribuída atenção aos seguintes aspetos:

- Descrição detalhada da piscina em estudo:
  - Compreensão da gestão geral da piscina e dos recursos humanos envolvidos;
  - Estudo do desenho das instalações, pormenor estrutural da zona da nave, cais, tanques de natação grande e pequeno, salas de apoio, e dos equipamentos;
  - Análise dos critérios de lotação da piscina;

- Determinação dos consumos de água de compensação, de água para banhos de chuveiro e outros fins;
- Estudo energético e da qualidade do ar interior e comparação com a documentação reguladora de todas as zonas da piscina (serviços técnicos: sala das caldeiras, sala de tratamento de água e climatização; serviços anexos: átrio de entrada, sala de socorro, sala da secretaria, sala do nadador salvador, sala dos professores e balneários):
  - Análise dos requisitos térmicos e de ventilação, descrevendo os sistema de aquecimento: ar da nave, água dos tanques e água quente sanitária;
  - Descrição da utilização de energia, contabilizando perdas por: entrada da água de compensação, evaporação, radiação e convecção da superfície da água;
  - Determinação dos consumos energéticos de gás na caldeira;
  - Determinação dos consumos de eletricidade para iluminação, bombas, unidades de climatização e outros equipamentos;
  - Análise dos requisitos de iluminação: iluminação natural da piscina, iluminação sobre o cais e iluminação da zona técnica;
  - Análise da viabilidade da aplicação de uma cobertura isotérmica sobre os planos de água dos tanques.
  - Aquisição e análise das concentrações de poluentes em diferentes zonas da piscina.

### **1.3. Organização do relatório**

O presente estudo encontra-se dividido em quatro capítulos que passo a enunciar:

- O primeiro capítulo é referente à revisão da literatura, onde foi efetuada uma investigação teórica sobre o tema em estudo, procurando o enquadramento das diferentes matérias. No primeiro ponto foca-se a gestão de piscinas cobertas. No ponto dois é feito um enquadramento da legislação em vigor à regulação destes espaços e no ponto três é feito um enquadramento energético e da sua sustentabilidade.
- No segundo capítulo é feita uma caracterização geral da piscina versus as recomendações legislativas, é descrito o modo como o estudo foi realizado, a sua principal finalidade.
- No terceiro capítulo é apresentada a caracterização e o estudo energéticos da piscina assim como uma proposta de aplicação de uma cobertura na superfície da água para evitar perdas por evaporação.
- No quinto capítulo é mostrada a caracterização da qualidade do ar interior (QAI), é indicada a forma como se processa a auditoria, os parâmetros de avaliação, amostragem e o tratamento de resultados.
- No sexto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas assim como a sugestão de trabalhos futuros.

Todo o processo envolveu a consulta de referências documentais diversas que se encontram referenciadas na parte final do trabalho.



## 2. Revisão da Literatura

## 2.1. Gestão de Piscinas

### 2.1.1. Definição e Classificação de Piscina e Piscina Coberta

De acordo com a Diretiva CNQ 23/93, do Concelho Nacional da Qualidade, o termo “piscina” é definido como *“uma parte ou um conjunto de construções e instalações que incluem um ou mais tanques artificiais apetrechados para fins balneares e actividades recreativas, formativas ou desportivas aquáticas”*. Esse documento faz-se ainda a distinção entre as definições de “piscina” e “piscina de uso público”, abrangendo a última *“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”*.

De acordo com a mesma Diretiva, as características morfológicas e funcionais dos tanques de uma piscina podem ser classificadas em várias categorias conforme se pode ver na Tabela 1. A “piscina coberta” é uma dessas categorias e define-se como uma instalação que comporta *“um ou mais tanques artificiais confinados em ambientes constituídos por estruturas fixas e permanentes”*.

**Tabela 1 - Critérios de classificação das piscinas (fonte: Diretiva CNQ 23/93)**

<b>Tipologia construtiva</b>	<b>Tipologia funcional</b>
<b>Ar livre</b>	Desportivos
<b>Cobertas</b>	Aprendizagem e recreio
<b>Combinadas</b>	Infantis ou Chapinheiros
<b>Convertíveis</b>	Recreio e diversão
<b>Desportivos</b>	Polifuncionais

O Decreto Regulamentar nº 5/97 é um documento legislativo mais recente e, que também classifica as piscinas consoante a valência funcional dominante: piscinas infantis ou chapinheiros, piscinas de diversão, polivalentes ou mesmo piscinas de ondas.

### **2.1.2. Projeto e Manutenção de uma Piscina**

A gestão é uma ferramenta de grande importância para o desporto e seu desenvolvimento, contudo não poderá ser assumida *standard*, uma vez que depende do ambiente económico, político, social e tecnológico do local da sua aplicação. Uma infraestrutura como uma piscina municipal revela ser um desafio de grande complexidade, desde o momento do seu projeto até ao seu funcionamento [5]. Por exemplo Peng Sun [8] admite que a piscina deve promover um ambiente confortável para os utentes, trabalhadores e ao mesmo tempo ter regras e procedimentos que visem a proteção e integridade da estrutura do edifício.

Segundo Gallardo e a sua equipa de investigação [6], o projeto de uma piscina deverá ser funcional, reunindo as dimensões e localização corretas. A Diretiva CNQ 23/93 considera que a localização e implantação das instalações “*devem reunir as melhores condições de exposição aos raios solares, de protecção contra os ventos dominantes, de afastamento e de protecção relativamente a fontes de poluição atmosférica, hídrica e sonora*”. Salientam ainda que é fundamental a capacidade de adoção de soluções construtivas que não originem impactes ambientais negativos.

Após construção, a qualidade na piscina está garantida se o gestor assegurar o uso dos equipamentos técnicos de acordo com as normas e a manutenção rotineira e periódica. A boa gestão permite oferecer serviços de qualidade mas também uma redução de custos [6]. De acordo com Beleza e os seus colaboradores [7], todo o pessoal funcionário deve “*conhecer os riscos sanitários deste tipo de instalações e da sua obrigação de cumprir e fazer cumprir os regulamentos aprovados*”. Os parâmetros ambientais do interior da piscina coberta a serem analisados são: humidade relativa, temperatura do ar no espaço interior, a temperatura da água da piscina e velocidade do ar sobre a superfície da água. Soares [9] refere também que a temperatura, a humidade e a taxa de renovação do ar são os fatores que mais influenciam o conforto dos utentes, a conservação da instalação e os custos de exploração.

Em relação à temperatura da água, tem que se considerar os programas aquáticos dos vários grupos populacionais (bebés, crianças, grávidas, adultos, idosos, pessoas com deficiências ou mesmo em reabilitação física), que exigem diferentes necessidades de temperatura da água dos tanques [10]. A Diretiva CNQ 23/93 aconselha os seguintes valores da temperatura da água, de acordo com a tipologia do tanque (ver Tabela 2).

**Tabela 2 - Temperatura dos tanques de acordo com a sua tipologia (Diretiva CNQ 23/93)**

<b>Tipologia do Tanque</b>	<b>Intervalo de Temperatura</b>
<b>Desportivo</b>	24° a 26° C
<b>Desportivo para saltos</b>	26° a 28° C
<b>Aprendizagem e recreio</b>	26° a 28° C
<b>Infantil ou chapinheiro</b>	28° a 30° C
<b>Recreio e diversão</b>	26° a 28° C
<b>Polifuncional</b>	26° a 28° C

Há diferentes atividades a serem realizadas na mesma piscina coberta, conforme se pode observar aquando de uma visita, e Vallejo e seus colaboradores [10] dizem que por este motivo é difícil classificá-la. Beleza e a sua equipa [7] referem, por exemplo, que as crianças de tenra idade e idosos gostam de temperaturas entre os 30 e os 35°C e obviamente os nadadores de competição preferem temperaturas mais baixas. Ora, a solução a adotar é da responsabilidade do gestor, que arranja um equilíbrio entre o aumento da temperatura, com a consequência de um maior consumo de combustível para aquecimento e os custos de operação. No entanto, uma diminuição da temperatura poderá levar a um aumento de queixas e/ou a uma diminuição da afluência e receitas de exploração. Neste balanço que ajuda o gestor a definir a temperatura da água deve-se ainda ter em atenção, que as temperaturas mais elevadas dão origem a maior formação de compostos indesejáveis na água (por reação dos contaminantes orgânicos ou compostos azotados com o cloro ou o bromo), que por sua vez são transportados para a atmosfera afetando a saúde dos banhistas e, em especial, a dos funcionários das instalações.



Na mesma linha de pensamento Rabi e a sua equipa de investigação [11] referem que quanto maior estiver a temperatura maior será a estimulação bacteriológica, que é também um risco para a saúde publica.

Outro aspeto a ter em consideração é o odor ou os compostos gasosos existentes no ar de uma piscina coberta. Segundo Beleza e os seus colaboradores [7], estes compostos podem ter origem em essências libertadas pelos organismos vivos (algas, fungos, entre outros) ou como consequência do tratamento da água, pois o emprego de cloro e seus derivados reagem com a matéria orgânica e azotada existentes na água dando origem a cloraminas e organoclorados [12]. Para salvaguardar o bem-estar dos utentes e colaboradores da piscina é necessário uma renovação adequada da água e do ar.

Os requisitos de conforto termo-higrométrico da nave de uma piscina coberta são referidos no ponto 3, capítulo 10, da Diretiva CNQ 23/93 e são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Requisitos de conforto termo-higrométricos da nave da piscina**

Requisitos de conforto	Valores
<b>Humidade relativa</b>	55 a 75 %
<b>Temperatura (seca) do ar</b>	Superior ou igual à da água do tanque com a menor temperatura (mínimo de 24°C)
<b>Temperatura do bolbo húmido</b>	Mínima 23 °C
<b>Caudal de ar renovado</b>	6 L/(banhista.s)
<b>Velocidade do ar insuflado</b>	Inferior a 0,2 m/s

De acordo com Vallejo e seus colaboradores [10] é aconselhável que a temperatura do ar se encontre dois a três graus acima da temperatura da água, não devendo ultrapassar os 30°C. Beleza e os seus colaboradores [7] referem que a humidade relativa deve ser aproximadamente 65% por duas razões fundamentais: a primeira para evitar que os banhistas quando saem da água tenham a sensação de frio, a segunda passa pela existência de uma relação direta entre a água evaporada da piscina, as condições de temperatura e a humidade no ar ambiente, já que quanto maior for a taxa de evaporação, maior será a perda térmica e os custos para a sua correção.

O receio em contrair alguma doença numa piscina é manifestado por muitas pessoas, pois as “condições de temperatura e humidade são favoráveis para o rápido desenvolvimento de microrganismos (bactérias, fungos, vírus, etc.) tanto na água da piscina como em todas as zonas de apoio (balneários, plataformas ou cais, instalação de tratamento do ar, chuveiros, etc.)” [7]. De acordo com a Circular Normativa nº14/DA os perigos podem estar associados à utilização das piscinas e por isso é necessário: “a vigilância epidemiológica de eventos adversos para a saúde associados à frequência de piscinas ou dos trabalhadores desses locais, a vigilância sanitária da qualidade da água dos tanques e da água para consumo humano e a verificação dos métodos de controlo da qualidade do ar em piscinas cobertas”.

O suor, a urina, as fezes, as secreções das vias respiratórias, cosméticos (perfumes, cremes, óleos, etc.) contribuem para a contaminação química e bacteriológica da água pelo que o banhista é o principal responsável pela contaminação do sistema [7][13][14]. No momento da filtração estas substâncias dissolvidas ou suspensas na água podem ser captadas, com ou sem a aplicação de um floculante [7]. De acordo com Beleza, o melhor “combate à proliferação de microrganismos começa, exatamente, por reduzir ou eliminar as fontes de contaminação”.

Para ajudar o tratamento introduz-se na água o cloro, que é um desinfetante, barato e eficaz [7][15][16], pois inativa os microrganismos patogénicos. A radiação ultravioleta de acordo com Beleza e os seus colaboradores [7] proporciona uma redução de odores, sabores e concentrações de cloraminas. Esta técnica quando combinada com o cloro ou o bromo encarece o custo total, mas os benefícios justificam a solução. Weng e os seus colaboradores [17] referem que a radiação ultravioleta e o cloro complementam-se como desinfetantes, contudo os efeitos na composição química da água são ainda desconhecidos.

Os valores de *pH* podem oscilar devido ao tratamento da água. De acordo com a Diretiva CNQ 23/93, os valores a utilizar dependem ou fazem depender a concentração de cloro existente e sugere valores entre 7,4 e 7,6.

Por fim, convém referir que a formação de todos os colaboradores é essencial para o correto funcionamento, da piscina.

### 2.1.3. Gestão de energia

O consumo energético nas instalações desportivas difere significativamente de acordo com sua a localização, tipo e uso que lhe são dadas [13][14]. As piscinas, nomeadamente as cobertas, revelam um elevado grau de consumo energético (José Lopes *in* prefácio de Beleza *et al.* 2007). A quantidade de energia necessária para controlar parâmetros como temperatura, humidade relativa e temperaturas do ar e da água dos tanques de natação é considerável [8].

#### Perdas de energia sob a forma de calor

Em piscinas, com necessidades de aquecimento, torna-se imprescindível contabilizar as perdas de energia sob a forma de calor. Há vários fatores que contribuem para estas perdas como: diferença de temperatura entre água e ar ambiente, área do plano de água dos tanques, humidade relativa do ar ambiente e exterior, velocidade do ar na nave e, não menos importante, a localização geográfica da instalação [5][7].

As perdas de calor podem ser por radiação, convecção, condução e evaporação [7]:

- As perdas por radiação surgem quando há dois corpos com diferentes temperaturas de superfície [7] e neste caso o plano de água, que está a determinada temperatura, transmite calor para o ar e teto ou vice-versa.
- As perdas ou ganhos de calor por convecção podem ser obtidos pela diferença de temperaturas entre o ar ambiente e a água.
- As perdas de calor por condução ocorrem através dos diferentes elementos arquitetónicos de uma piscina (paredes, coberturas, pavimento, envidraçados, etc.) [7], sujeitos a diferentes temperaturas nas suas superfícies.
- O fenómeno de evaporação da água exige grandes consumos de calor para compensar as perdas por mudança de fase de acordo com Beleza e os seus colaboradores [7] é “*uma das parcelas mais importantes na factura energética*”. Os mesmos autores referem que a evaporação é a principal responsável pelo aumento

da humidade do ar obrigando a uma permanente desumidificação. O correto dimensionamento das unidades de climatização é, por isso, fundamental para obter baixos consumos energéticos [20][21].

Segundo Shah [20], o fenómeno de evaporação tende a aumentar com o aumento de área de transferência de massa (banhistas e cais molhados, salpicos, ondulações) em exposição ao ar [22]. De acordo com este autor também a velocidade e direção do ar são importantes, embora variem ao longo dos três eixos [23], quanto maior for a velocidade do ar sobre o plano de água, maior será a taxa de evaporação [22]. A temperatura da água é o fator que mais afeta a taxa de evaporação nas piscinas [22] [24].

### **Cobertura do plano de água**

O significativo impacto das perdas de calor de uma piscina por efeito de evaporação originou o aparecimento de coberturas para colocar sobre o plano de água [26]. As coberturas reduzem a evaporação da água e transporte de substâncias voláteis da água para o ar, nomeadamente do cloro. Os *“custos energéticos do aquecimento da água podem ser reduzidos até cerca de 70 %”* [7] refere Beleza e a sua equipa de investigação pois para além da energia poupada no aquecimento da água, também se verifica uma poupança no equipamento de desumidificação e aquecimento do ar, que durante esse período pode ser desativado. A redução da humidade no ar implica menos necessidade de desumidificar, de repor água [26], e menor consumo de combustíveis ou emissões de CO<sub>2</sub> (por exemplo: de caldeiras alimentadas a gás).

#### **2.1.4. Qualidade do ar no interior da piscina**

De acordo com Bluysen [3][4], a qualidade do ar interior (QAI) pode ser definida segundo três pontos de vista: o humano, o do ar interior e o das fontes que contribuem para a poluição do ar interior. Do ponto de vista humano, a QAI é uma medida do efeito físico-

químico dos constituintes do ar nas pessoas e está relacionada com o que as mesmas experimentam nestes ambientes. Do ponto de vista do ar interior, a QAI é por vezes expressa por taxa de ventilação (em L/s por pessoa ou L/s por m<sup>2</sup> de área útil) ou em concentrações de compostos específicos. Estas concentrações são influenciadas pelas fontes presentes ou provenientes do exterior, pelo que a QAI também pode ser expressa de acordo com as fontes de poluição.

As barreiras entre as ações que permitem melhores desempenhos da qualidade do ar interior e energéticos são de tal modo delicadas, que uma redução da taxa de ventilação pode representar uma poupança de energia significativa [30]. Segundo Laverge e os seus colaboradores [30], a mesma redução da taxa de ventilação pode ocasionar uma deterioração da QAI, promovendo aumento de patologias respiratórias [31][12] e baixo desempenho em utentes e trabalhadores [32].

Segundo Beleza e os seus colaboradores [7], as condições térmicas e higrométricas do ar ambiente numa piscina coberta são de grande importância, no entanto o seu controlo representa investimento e custo de operação elevados. O contacto do ar ambiente com a água da piscina é inevitável, estabelecendo-se trocas de energia [7][8][20][27] e de matéria entre as duas fases, dando origem a aumentos da humidade e da concentração de compostos químicos no ar, dos quais os mais importantes são o cloro, a tricloramina e o clorofórmio [7][28][29]. Se a temperatura e a humidade afetam o conforto dos banhistas então a presença de substâncias químicas na atmosfera, dada a sua capacidade tóxica, podem afetar a saúde dos utentes [7][12].

## **Poluentes**

A contaminação do ar interior em edifícios tem origem na ocupação humana, na libertação de contaminantes dos revestimentos interiores, mobiliário, equipamentos de combustão e determinadas atividades, ao qual acresce a contaminação proveniente do ar exterior. No Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), Decreto-Lei n.º79/2006 de 4 de Abril, são referidos os valores máximos dos principais contaminantes do ar interior em edifícios como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de

carbono (CO), Ozono (O<sub>3</sub>), formaldeído (CH<sub>0</sub>), partículas suspensas no ar (PM<sub>10</sub>), compostos orgânicos voláteis (COVs), ou do inglês VOCs), microrganismos, material radioativo, vírus e alergogéneos.

Numa publicação sobre QAI os autores Adriano e Racine [33] fazem uma descrição de alguns dos principais contaminantes do ar interior em edifícios enunciando-os em seguida.

### ***Dióxido de Carbono***

*“O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um gás incolor, inodoro e não inflamável, que é produzido por um processo de combustão completa de combustíveis fósseis e também por processos metabólicos”, “fogões a gás, aquecedores não ventilados que utilizem algum processo de combustão, seres humanos e animais de estimação estão entre as principais fontes internas de CO<sub>2</sub>”, “um aumento da concentração interna de dióxido de carbono aumenta a acidez no sangue e provoca um aumento na taxa e na profundidade da respiração”.*

Ao comparar-se registos de concentrações em diferentes zonas de distribuição de ar é possível identificar e diagnosticar as várias deficiências na ventilação. De acordo com o D.L. n°79/2006, o valor de concentração máxima de referência para dióxido de carbono corresponde a 1800 mg/m<sup>3</sup> ou 1000 ppm.

### ***Monóxido de Carbono***

*“O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor, inodoro e insípido. É um subproduto da combustão de materiais que contenham carbono em local com deficiência de oxigénio (combustão incompleta). As principais fontes de CO são: exaustões de veículos automotores e processos industriais que envolvem a queima de combustíveis orgânicos”. “O monóxido de carbono possui uma afinidade com a hemoglobina cerca de 250 vezes maior que o oxigénio”, “quando a carboxihemoglobina (COHb) é formada, a capacidade que os glóbulos vermelhos possuem de transportar oxigénio aos tecidos é reduzida. As células privadas de oxigénio morrem por inanição”.*

O monóxido de carbono comporta-se como um agente asfíxiante. As partes do corpo mais afetadas são as que mais necessitam de oxigénio como o cérebro e coração. As *“pessoas mais idosas, crianças ou pessoas com problemas cardiovasculares ou doenças pulmonares são particularmente sensíveis a elevadas concentrações desse gás”*. De acordo com o D.L.

nº79/2006 o valor de concentração máxima de referência para monóxido de carbono corresponde a 12,5 mg/m<sup>3</sup> ou 8,6 ppm.

### ***Ozono***

De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), o ozono (O<sub>3</sub>) é um gás instável que ocorre naturalmente no ambiente formando-se na estratosfera através da ação dos raios ultravioleta, sendo a sua concentração é variada e dependente da altitude. As fontes interiores de ozono (por exemplo geradores de ozono, purificadores de ar electroestáticos, fotocopiadoras e impressoras a laser) podem ser responsáveis pelas elevadas concentrações, no entanto o ozono exterior costuma ser a principal fonte de contaminação. A APA [34] refere ainda que este gás é extremamente oxidante e reativo sendo um poluente perigoso para a saúde, que em concentrações relativamente baixas pode causar dores de peito, tosse, respiração acelerada e irritação na garganta. *“O ozono pode também piorar doenças respiratórias crónicas, tais como a asma e comprometer a capacidade do corpo de combater infeções respiratórias, pessoas saudáveis, assim como as com dificuldades respiratórias podem sofrer de problemas respiratórios aquando expostos ao ozono”* [34]. De acordo com o D.L. nº79/2006 o valor de concentração máxima de referência para o ozono corresponde a 0,20 mg/m<sup>3</sup> ou 0,10 ppm.

### ***Formaldeído***

*“O formaldeído é um importante produto químico industrial usado para fazer outros químicos, materiais de construção e de limpeza. É um composto pertencente ao grupo químico dos aldeídos, que inclui em uma grande “família química” chamada de compostos orgânicos voláteis (COVs). O termo volátil significa que o composto volatiliza-se (torna-se num gás) à temperatura ambiente”, “É incolor em temperatura ambiente, tem um odor pungente e é influenciado quimicamente pela temperatura e humidade”, “Pode ser encontrado nos três estados físicos”.* De acordo com o D.L. nº79/2006 o valor de concentração máxima de referência para formaldeído corresponde a 0,1 mg/m<sup>3</sup> ou 0,08 ppm.

### ***Compostos Orgânicos Voláteis***

*“O termo “composto orgânico” engloba todos aqueles que contenham carbono e hidrogénio. Por sua vez, compostos orgânicos voláteis são aqueles que se volatilizam à*

*temperatura ambiente*”. Na Tabela 4 estão descritos alguns dos compostos de maior importância que se podem encontrar no ambiente interno e as suas fontes.

**Tabela 4 – Alguns compostos orgânicos voláteis e suas respectivas fontes de emissão [34].**

<b>Composto</b>	<b>Fontes de emissão mais importantes</b>
<b>Acetona</b>	Tintas, revestimentos, acabamentos, solvente de tintas, diluidor, calafetagem.
<b>Hidrocarbonetos Alifáticos (octano, decanos, hexanos, etc.)</b>	Tintas, adesivos, gasolina, fontes de combustão, fotocopiadoras com processo líquido, carpetes, linóleo, componentes de calafetagem.
<b>Hidrocarbonetos Aromáticos (tolueno, xileno, etilbenzeno, benzeno)</b>	Fontes de combustão, tintas, adesivos, gasolina, linóleo, revestimento da parede
<b>Solventes clorados</b>	Artigos de limpeza ou de proteção de tapeçarias e carpetes, tintas, solvente de tintas, lacam, solventes, fluido de correção, roupas limpas a seco.
<b>Acetato de n-butilo</b>	Telha acústica do teto, linóleo, composto de calafetagem
<b>Diclorobenzo</b>	Carpetes, cristais de naftalina, refrescante de ar
<b>4-fenil ciclohexano (4-PC)</b>	Carpetes, tintas
<b>Terpenos (limoneno, <math>\alpha</math>-pineno)</b>	Desodorizantes, agentes de limpeza, polidores, tecido/decoração, tecido/decoração emoliente, cigarros

Nos edifícios existe uma grande variedade de fontes de produtos químicos, como: plásticos, produtos de limpeza e processos associados à combustão. “*Os sintomas relacionados à exposição a esses compostos incluem: cansaço, dores de cabeça, tonturas, fraqueza, sonolência, irritação dos olhos e pele. Níveis de cerca de 0,3 mg/m<sup>3</sup> produzem irritação e desconforto e podem aparecer em reposta à presença de poluentes combinados inadequados (temperatura e humidade)*”. De acordo com o D.L. nº79/2006 o valor de



concentração máxima de referência para compostos orgânicos voláteis corresponde a 0,6 mg/m<sup>3</sup>.

### ***Partículas Suspensas no Ar***

É possível encontrar partículas em suspensão no ar resultantes de vários processos como *“atritos entre partes que se movimentam ou entre peças de mobiliário e o chão produzem partículas sólidas; o ato de varrer e tirar a poeira, aspirar a vácuo facilitam a reentrada de partículas no ar; humidificadores e “sprays” produzem partículas líquidas (gotículas)”*. A presença das partículas suspensas no ar em ambientes internos, *“além de afetar a saúde humana, pode ocasionar a deterioração de materiais de precisão e obras de arte através de deposição e reação na superfície”*. De acordo com o D.L. nº79/2006 o valor de concentração máxima de referência para partículas suspensas no ar (PM<sub>10</sub>), corresponde a 0,15 mg/m<sup>3</sup>.

### ***Radão***

De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente [34], o radão (<sup>222</sup>Rn) é um gás quimicamente inerte, não reagindo com os tecidos do corpo humano. Enuncia mesmo que embora o radão inalado se dissolva nos fluidos corporais a concentração daí resultante é tão baixa que a dose é desprezada e que na verdade são os produtos de decaimento do radão que quando respirados causam os efeitos nocivos à saúde. Quanto maior for a concentração de radão no ar, maior será o potencial para desenvolver cancro nos pulmões, uma vez que mais partículas-filhas serão produzidas podendo estas serem inaladas e retidas nos pulmões [34].

Os níveis de radão mostram frequentemente variações significativas ao longo dia [34], pois tratando-se de um gás, está sujeito a variações da pressão atmosférica que afetam a sua emissão do solo e a sua acumulação no ar do edifício. Também os hábitos comportamentais dos ocupantes contribuem significativamente para a concentração de radão, uma vez que durante o dia janelas e portas abertas contribuem para uma diminuição das concentrações, enquanto à noite (normalmente), com as mesmas fechadas, as concentrações aumentam (ver Figura 1).

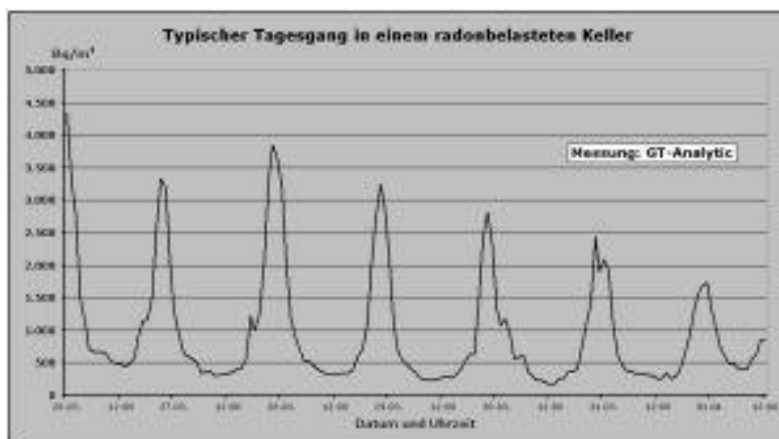


Figura 1 - Variação da concentração de radão numa cave [35].

Para além das mudanças diárias, os níveis de radão são influenciados pelas mudanças sazonais, sendo estes níveis superiores no inverno [35], como se pode observar na Figura 2.

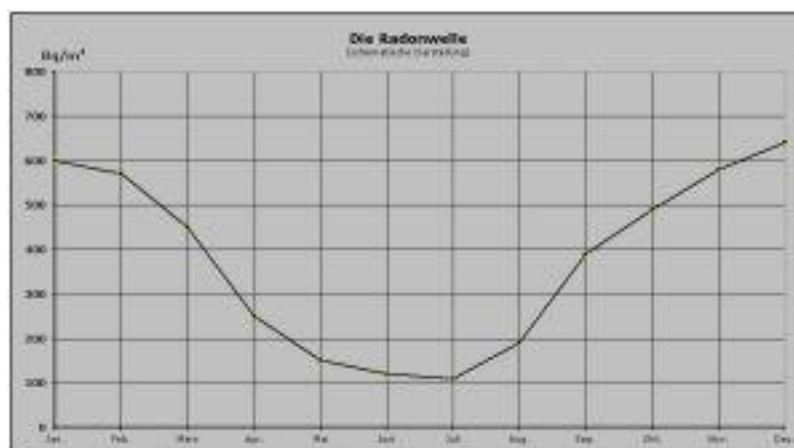


Figura 2 - Variação sazonal do radão – “Curva de radão”[35] .

De acordo com o D.L. n.º79/2006 o valor de concentração máxima de referência para radão, corresponde a  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

## 2.2. Enquadramento Legal

### Diretiva CNQ 23/93

Durante vários anos a construção e manutenção das piscinas públicas em Portugal usou como referência a Diretiva publicada pelo Conselho Nacional de Qualidade (CNQ) em 1993 sobre “A Qualidade nas Piscinas de Uso Público”. Esta Diretiva CNQ 23/93 faz referência a um conjunto de recomendações e cuidados relativamente à segurança, higiene, funcionalidade e aos fatores responsáveis pela qualidade nas piscinas de uso público não familiares. A Diretiva tem como objetivo *“fixar, com carácter geral, as disposições de segurança, higiénico-sanitárias, técnicas e funcionais que devem ser observadas nas piscinas e nos estabelecimentos dedicados a actividades recreativas aquáticas correlacionadas de uso público”*. Contudo é de salientar que a aplicação desta Diretiva não engloba as *“piscinas de uso familiar, ou para uso de condomínios ou de unidades de vizinhança até um máximo de vinte unidades de habitação permanentes. São igualmente excluídas da aplicação da presente Diretiva as piscinas para usos exclusivamente terapêuticos ou termais, nas quais se desenvolvem actividades submetidas a um controlo sanitário específico”*.

Segundo o ponto 1 desta Diretiva, a localização e implantação das piscinas, deve garantir a capacidade para que as soluções construtivas adotadas não se traduzam em impactes ambientais negativos, reunindo boas condições de exposição aos raios solares, de proteção contra os ventos dominantes, de afastamento e de proteção relativamente a fontes de poluição atmosférica, hídrica e sonora. É ainda mencionado que aquando da instalação das piscinas, estas devem reunir condições de acesso às diferentes redes de infraestruturas e serviços urbanos, designadamente redes de abastecimento e distribuição de água potável, condução de esgotos pluviais e domésticos, distribuição de energia elétrica, distribuição de gás e de serviços de recolha de resíduos sólidos. No entanto esta Diretiva não contempla a gestão energética.

### **Decreto-Lei n.º 65/97**

Com o intuito de efetuar a regulação da instalação e funcionamento dos recintos com diversões aquáticas surgiu o Decreto-Lei nº65/97 em 31 de Março de 1997. Este faz referência a um conjunto de recomendações no que diz respeito à localização, licenciamento do funcionamento, fiscalização e sanções, reforçando a segurança e a instalação destes equipamentos desportivos em Portugal. Contudo, no Capítulo I artigo 2º retira do seu âmbito as piscinas públicas, particularmente, aquelas que são destinadas à prática de natação, de competição, de lazer ou recreação. Pelo que as piscinas de uso público não estão enquadradas neste documento.

### **Decreto Regulamentar n.º 5/97**

O Regulamento das Condições Técnicas e de Segurança dos Recintos com Diversões Aquáticas sob a forma de Decreto Regulamentar n.º 5/97 de 31 de Março traduz especificações ao nível de segurança nos tanques, requisitos da qualidade e tratamento de água, condições hígieno-sanitárias, funcionamento dos recintos e registos. É contemplado nos seus anexos a classificação e caracterização dos espaços das atividades aquáticas, os parâmetros do controlo sanitário da água, os requisitos dos equipamentos de filtração de água e a sinalização indicadora do uso das atividades, das suas proibições e limitações.

No anexo I artigo 4º, “classificação e caracterização dos espaços de atividades aquáticas”, é referida a inclusão das piscinas para atividades natatórias e derivadas, classificando as piscinas infantis ou chapinheiros, piscinas de diversão, piscinas polivalentes e piscinas de ondas. A piscina do nosso estudo é enquadrada nas piscinas polivalentes, uma vez que esta está destinada a diferentes atividades e de tipo de alunos.

### **Circular Normativa n.º 14/DA**

A Direcção-Geral da Saúde desenvolveu a Circular Normativa n.º14/DA em 21 de Agosto de 2009, criando o Programa de Vigilância Sanitária de Piscinas (PVSP) de modo a salvaguardar os utentes destas instalações. Esta Circular tem como objectivos gerais:

*“uniformizar procedimentos relativos à vigilância sanitária de piscinas, a adoptar pelos serviços de saúde pública, apresentando esquematicamente as várias ações a empreender no âmbito desse programa”* assim como, *“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”*.

É incluído no âmbito do seu programa de vigilância sanitária as piscinas de tipo 1 (públicas) e de tipo 2 (semi-públicas), excluindo as de tipo 3 (uso privado) uma vez que são de uso familiar e têm um funcionamento reduzido, exceto no caso em que sejam fonte provável de contaminação e que ponham em causa a saúde pública. É ainda referido no ponto 5.1.2 desta normativa que deverá ser organizado um cadastro das piscinas abrangidas pela unidade local de saúde pública. Neste cadastro deverão estar incluídos os elementos de identificação e designação da piscina: endereço, telefone, entidade que regula o controlo da água, registo dos caudais de ventilação, temperatura do ar e água e ainda a humidade relativa do ar.

### **Decreto-Lei n.º 306/2007**

Segundo Beleza e os seus colaboradores [7] a *“água a usar em piscinas públicas deve satisfazer os requisitos exigidos no Decreto-lei nº 306/2007 de 27 de Agosto que se aplica a águas de consumo humano”*. De acordo com o Decreto-Lei nº5/97 Capítulo III, Secção I, Artigo 31º *“Água para consumo nas atividades aquáticas”*, a água de abastecimento ao tanque de compensação *“tem de ser potável, devendo ser proveniente de uma rede pública de abastecimento”*. O controlo da qualidade dessa água deverá ser feito em paralelo com o da água da piscina e a frequência de análise segundo o Anexo II do Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto, que é função do consumo [7].

### **Decreto-Lei n.º 78, 79, 80/2006**

A Diretiva 2002/91/CE da Comissão Europeia e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativamente ao desempenho energético dos edifícios considera que o sector *“terciário, a maior parte do qual constituído por edifícios, absorve mais de 40% do consumo final de*

*energia da Comunidade*”, como é também enunciado por Laverge e seus colaboradores [30], que salientam ainda que *“as medidas destinadas a melhorar o desempenho energético dos edifícios deverão ter em conta as condições climáticas e locais, bem como o ambiente interior e a rentabilidade económica”*.

Esta Diretiva estabelece que os estados membros devem implementar um sistema de certificação energética e esta exigência refletiu-se a nível nacional nos Decretos-Lei 78, 79 e 80 de 4 de Abril de 2006. Com o objetivo de esclarecer, fortalecer e alargar o âmbito da Diretiva, bem como reduzir grandes diferenças praticadas entre os estados membros no sector da construção, surgiu a Diretiva 2010/31/EU de 19 de Maio de 2010. No entanto, continuam a considerar-se os princípios da anterior Diretiva.

Segundo o Decreto-Lei nº78/2006, o sistema de certificação energética deve abranger *“todos os grandes edifícios públicos e edifícios frequentemente visitados pelo público”*, desta forma durante o funcionamento normal do edifício, a certificação energética permitirá *“aos futuros utentes obter informação sobre os consumos de energia”* e avaliar os consumos energéticos reais. Saliente-se que nos edifícios existentes *“a certificação energética destina-se a proporcionar informação sobre as medidas de melhoria de desempenho com viabilidade económica, que o proprietário pode implementar para reduzir as suas despesas energéticas e, simultaneamente melhorar a eficiência energética do edifício”*.

A regulamentação dos sistemas energéticos de climatização em edifícios surge sobre a forma do Decreto-Lei nº79/2006, que aplica regras a todos os edifícios ou frações autónomas cuja área útil seja superior aos limites mínimos (definidos no artigo 27º). De acordo com o ponto 2 e 7 deste artigo, as piscinas aquecidas cobertas, com um limite mínimo de área útil de 500 m<sup>2</sup>, estão incluídas.

Na qualidade do ar interior, *“as concentrações máximas de referência de poluentes no interior”* a ter em consideração são as referidas no D.L. nº 79/2006, ponto 8 do artigo 29º e Tabelas 5 do Anexo V e VII do mesmo decreto (ver Tabela 5).

**Tabela 5 – Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios.**

Tipo	Parâmetros	Concentrações máximas de referência	
		mg/m <sup>3</sup>	ppm
<b>Físico-químicos</b>	Partículas suspensas no ar (PM10)	0,15	-
	Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	1800	984
	Monóxido de Carbono (CO)	12,5	10,5
	Ozono (O <sub>3</sub> )	0,2	0,1
	Formaldeído (HCHO)	0,1	0,08
	Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	0,6	0,26 (isobutileno) 0,16 (tolueno)
	Radão	400 Bq/m <sup>3</sup>	
	<b>Microbiológicos</b>	Bactérias	500 UFC/m <sup>3</sup>
Fungos		500 UFC/m <sup>3</sup>	
<i>Legionella</i>		100 UFC/L água	

Os requisitos de manutenção, segundo o artigo 33º do mesmo decreto dizem que é necessária a realização de auditorias QAI com a periodicidade de “*dois em dois anos no caso de edifícios ou locais que funcionem como estabelecimentos de ensino ou de qualquer tipo de formação, desportivos*”, como piscinas e, segundo Beleza e os seus colaboradores [7], “*é obrigatório, além da verificação da qualidade do ar, a avaliação das condições higiénicas das instalações de tratamento de ar, incluindo condutas e filtros*”.

A periodicidade das inspeções a caldeiras e equipamentos de ar condicionado, segundo o artigo 36º, devem ser realizadas de acordo com a potência e tipo de combustível. Assim para um desempenho energético com a procura da máxima eficiência energética, os Decretos-Lei 78, 79, 80/2006 com inspeções no âmbito da certificação garantem uma boa qualidade do ar interior ao reduzir os riscos de problemas.

## 2.3. Enquadramento Energético

### A Energia e a sua Sustentabilidade

A Terra é o planeta onde habitamos, trabalhamos e desfrutamos, que sempre nos facultou a energia para podermos desenvolver o que entendermos. Para podermos sobreviver sempre usamos os recursos energéticos como: a madeira, o carvão, o petróleo e o gás. São fontes de energia, mas estão limitados no tempo e a sua exploração provoca problemas na saúde e no meio ambiente, comprometendo o futuro. Segundo António Andrade [36], o *“século XX foi caracterizado por uma forte evolução tecnológica, económica e humana, intimamente associada a consumos crescentes de energia. Para dar resposta a este aumento de consumo de energia, desenvolveram-se normalmente soluções baseada em energias fósseis, dado existirem grandes reservas e o seu custo ser normalmente baixo. Mas, por outro lado, levou a uma concentração do consumo neste tipo de energia primária”*. O mesmo autor refere ainda que *“A sociedade está actualmente totalmente dependente da energia, principalmente da energia eléctrica, que caso os sistemas eléctricos de energia entrem em colapso criam um caos social e económico”*.

A Segunda Lei da Termodinâmica refere que não é possível fazer o aproveitamento de toda a energia a 100%, uma vez que a existência de perdas é um fator presente e independente dos processos usados. O contínuo aumento no custo e na procura pela energia levou, por isso, a um maior desenvolvimento e pesquisa no sentido de uma utilização mais eficiente e com menos desperdício [37]. Relativamente ao objeto de estudo, os edifícios existentes nos países da Europa podem ser o alvo pois contribuem com 40% do consumo e, o melhoramento da sua performance constitui uma importante ferramenta para aliviar a dependência energética e atingir as metas estabelecidas pelo protocolo de Quioto na redução da emissão de CO<sub>2</sub> [1]. A energia que responde às nossas necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras, chamamos energia sustentável.





### 3. Caracterização Geral da Piscina *vs.* Recomendações legislativas

Após a solicitação de autorização aos responsáveis da Piscina Municipal para a realização deste trabalho e de esta ter sido aceite iniciou-se a recolha dos dados nos diferentes equipamentos e espaços. Esta recolha juntamente com a análise da água e do ar ocorreu entre o dia 26 de Março de 2012 e 8 de Setembro de 2012.

### **3.1. Localização**

A amostra do presente estudo caracteriza-se pela realização de um trabalho numa Piscina Coberta Municipal no Distrito do Porto. A Piscina Municipal localiza-se na zona norte do país, distrito do Porto, situando-se no interior das instalações de um estabelecimento de uso público. Esta Piscina foi inaugurada no ano de 2000 e a sua localização permite que os seus utentes cheguem de vários meios de transporte: camioneta, carro e a pé.

Esta instalação encontra-se em conformidade com o ponto 1.2 da Diretiva CNQ 23/93, uma vez que o local de implementação desta piscina não está próximo das linhas elétricas de alta tensão, nem de linhas férreas. A freguesia em causa ocupa uma área geográfica de 14,42 km<sup>2</sup>, com aproximadamente 16478 habitantes e uma densidade populacional de 1142,7 habitantes/km<sup>2</sup>.

A piscina inclui as zonas da nave, serviços técnicos e serviços anexos, ocupando cerca de 1173 m<sup>2</sup> de área coberta. É frequentada por cerca de 4430 alunos mensalmente ( $\pm 30$  dias) e por uma média diária de 148 alunos.

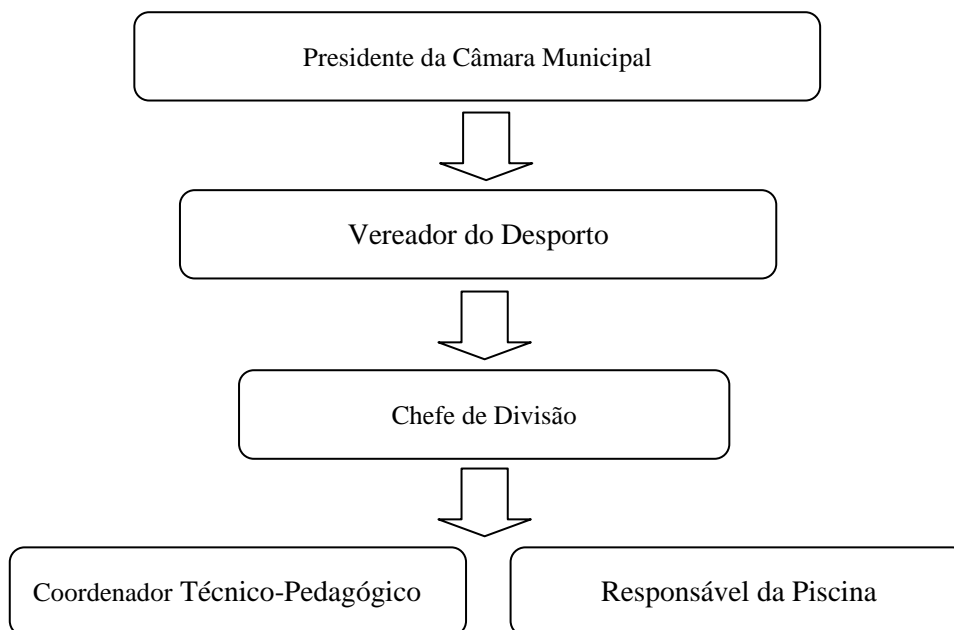
As instalações iniciam as atividades semanalmente às 8 horas e terminam pelas 22 horas e aos sábados iniciam às 8 horas e 45 minutos e terminam pelas 18 horas 30 minutos. Durante estes períodos de tempo são desenvolvidas diferentes atividades diárias como Natação na vertente competitiva, Natação para Bebés e Crianças, Natação Livre e Hidroginástica.

### 3.2. Organigrama da Gestão

A Piscina Municipal é do tipo coberta, pertencente a um conjunto de sete piscinas de utilidade pública que tem como entidade gestora a Câmara Municipal. A partir da Vereação da Divisão do Desporto, a qual é representada por um diretor que tem a competência para coordenar todas as atividades de carácter desportivo, nomeadamente as desenvolvidas nas piscinas.

Cada uma das piscinas possui um coordenador técnico-pedagógico, responsável pelos técnicos e professores/monitores das várias atividades, bem como um responsável de Piscina que tem como competência gerir os recursos humanos coordenar a receção, o atendimento e serviços de segurança, controlo e manutenção dos diversos equipamentos.

De acordo com o ponto 12.1 da Diretiva CNQ 23/93, esta piscina encontra-se em conformidade, uma vez que existe um “responsável pelo funcionamento integral das instalações e dos serviços e pelo cumprimento das normas de utilização e de manutenção das condições de qualidade do estabelecimento”. Também porque quando for necessário realizar manutenções de equipamentos há, hierarquicamente abaixo do responsável da piscina, um técnico de manutenção geral que executa todas as atividades (ver Figura 3).



**Figura 3 - Organigrama simplificado da entidade gestora das piscinas.**

### **3.3. Análise estrutural da Piscina e comparação com as Recomendações Legislativas**

Neste ponto do trabalho é feita uma análise dos diferentes espaços da piscina, mais especificamente nas zonas da nave, serviços técnicos e serviços anexos. A apresentação dos espaços tem como base de comparação as diretrizes definidas pela CNQ 23/93.

#### **Zona da Nave**

Esta zona é constituída pelos tanques de natação, pela área do cais que se desenvolve ao longo dos tanques e por uma zona de bancada. A zona do cais está dividida em dois espaços ligados, sendo que o primeiro engloba os tanques de natação com um pé direito médio de 6,8 m e o segundo que representa a entrada de acesso às piscinas com um pé direito de 3,0 m. O volume médio total é de 5571 m<sup>3</sup>.

#### **Cais**

O cais apresenta uma área aproximada de 490,4 m<sup>2</sup>, é revestido a tijoleira antiderrapante não permeável, **estando de acordo com o ponto 2.8 da Diretiva CNQ 23/93**. Apenas uma das paredes se encontra revestida a azulejo com 1 m de altura, pelo que não se encontra em conformidade com a alínea c do ponto 4.2 da diretiva, as restantes paredes possuem um revestimento a tinta. **Verificam-se em algumas delas colorações verdes associadas à existência de “algas”**.

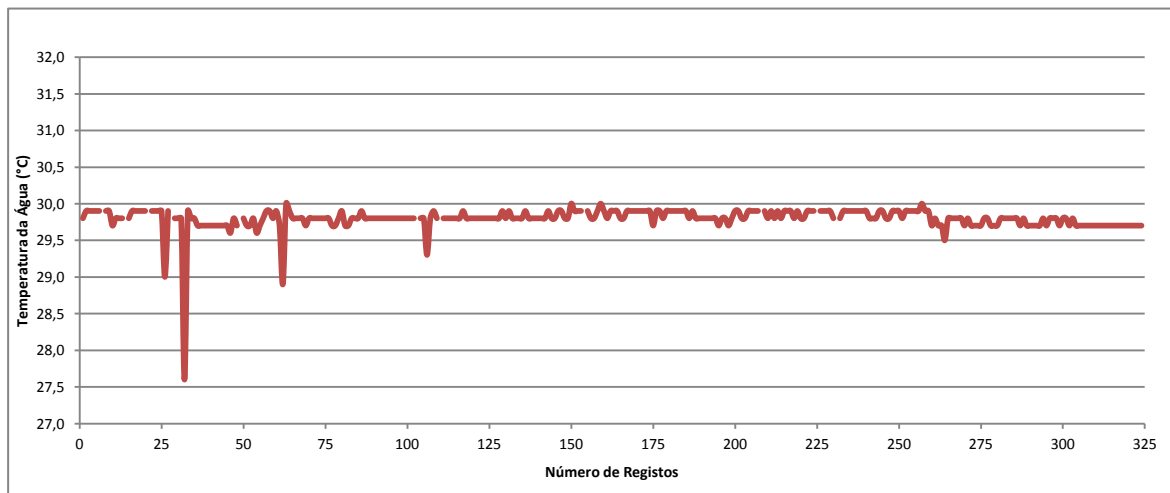
Toda a superfície envidraçada apresenta caixilharia dupla, enquanto a cobertura (teto) é em chapa dupla, apresentando isolamento térmico entre as duas. No pavimento estão instaladas 5 caleiras finlandesas, duas das quais, perfazendo um comprimento total de 50 m encontram-se ao longo do tanque grande (25+25 m) e as outras 3 ao longo do tanque pequeno (10+10+6 m) perfazendo um comprimento total de 26 m.

#### ***Tanque de Natação Grande***

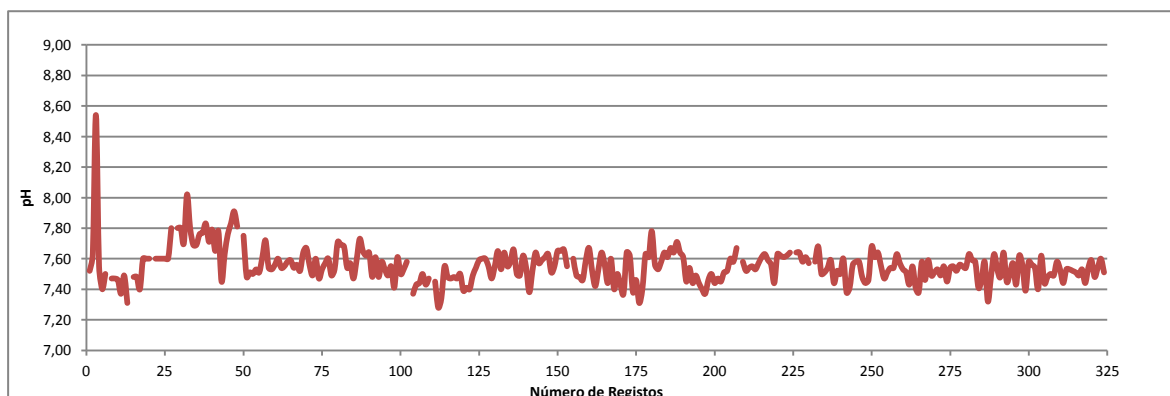
O tanque de natação grande tem as dimensões de 25 m de comprimento, 11 m de largura e uma profundidade de 1,25 a 1,90 m (média de 1,58 m), correspondendo a uma área de

plano de 275 m<sup>2</sup> e um volume de água de 433 m<sup>3</sup>. Possui duas escadas de apoio para entrada e respetiva saída no tanque, revestimento a mosaico, cor predominante azul-clara e um rebordo circundante a azul-escuro, também contém 5 pistas delimitadas na sua profundidade por mosaicos de cor azul escura e por separadores de pistas e blocos de partida. Por fim, de referir que existem bandeiras de apoio para a natação.

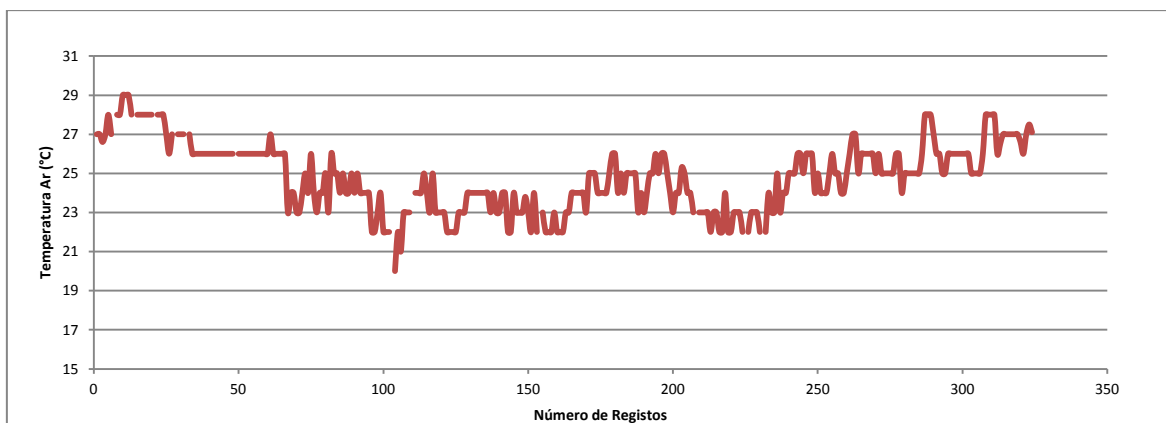
**Observando as Figuras 4, 5 e 6 com o registo diário dos valores das temperatura da água e do ar nos tanques (Agosto de 2011 a Julho 2012) da Piscina verifica-se que a temperatura da água foi mantida próxima dos 29,9°C, o pH da água variou entre 7,4 e 7,8 e a temperatura do ar ambiente entre 22 e 27°C, o que de acordo com o ponto 10.1 da Diretiva CNQ 23/93 evidencia inconformidades.**



**Figura 4 – Registo diário dos valores de temperatura da água do tanque grande de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**



**Figura 5 - Registo diário dos valores de pH do tanque grande de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**

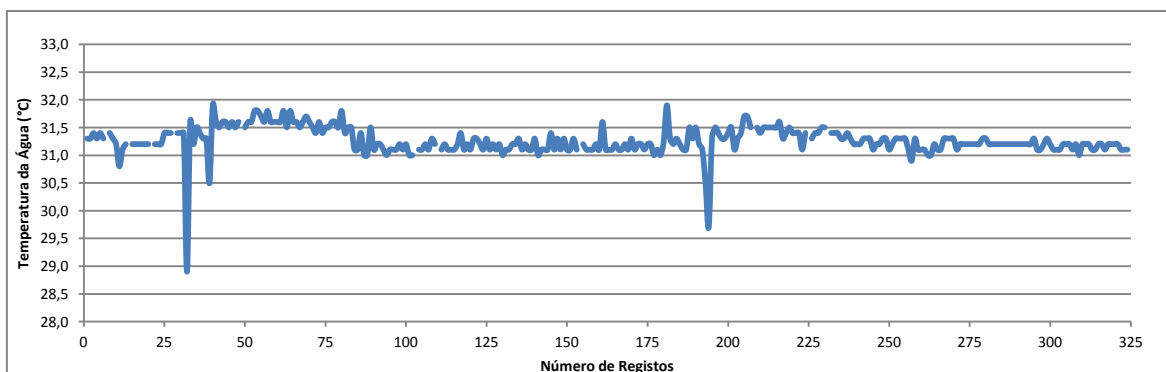


**Figura 6 - Registo diário dos valores da temperatura do ar ambiente junto ao tanque grande de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**

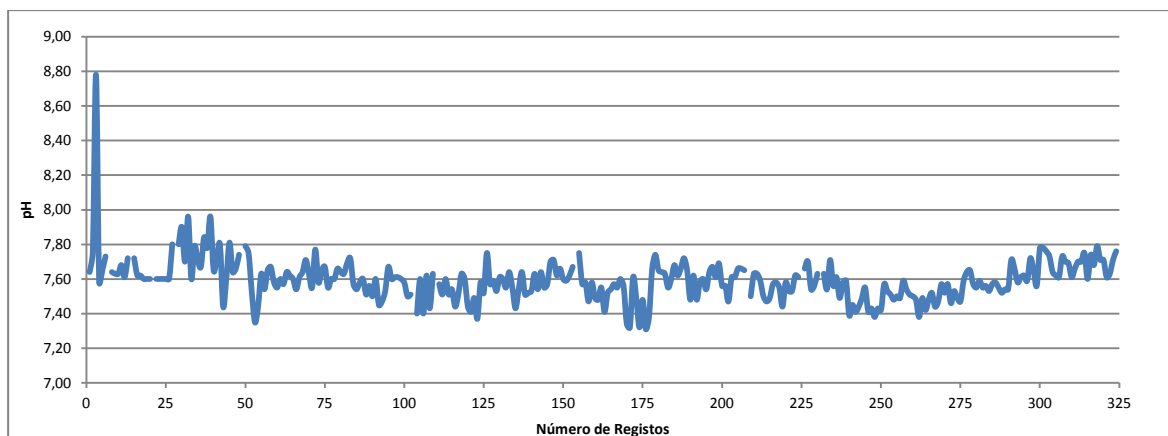
### *Tanque de Natação Pequeno*

O tanque de natação pequeno tem as dimensões de 10 m de comprimento, 6 m de largura e uma profundidade entre 0,6 a 1,1 m (média de 0,85 m), correspondendo a uma área de plano de 60 m<sup>2</sup> e um volume de água de 51 m<sup>3</sup>. O acesso ao tanque é realizado pela profundidade mais baixa da piscina, encontrando uma escada com 3,8 m de largura e uma rampa de 1,2 m de largura, o revestimento é a mosaico, cor predominante azul-clara e um rebordo circundante a azul-escuro.

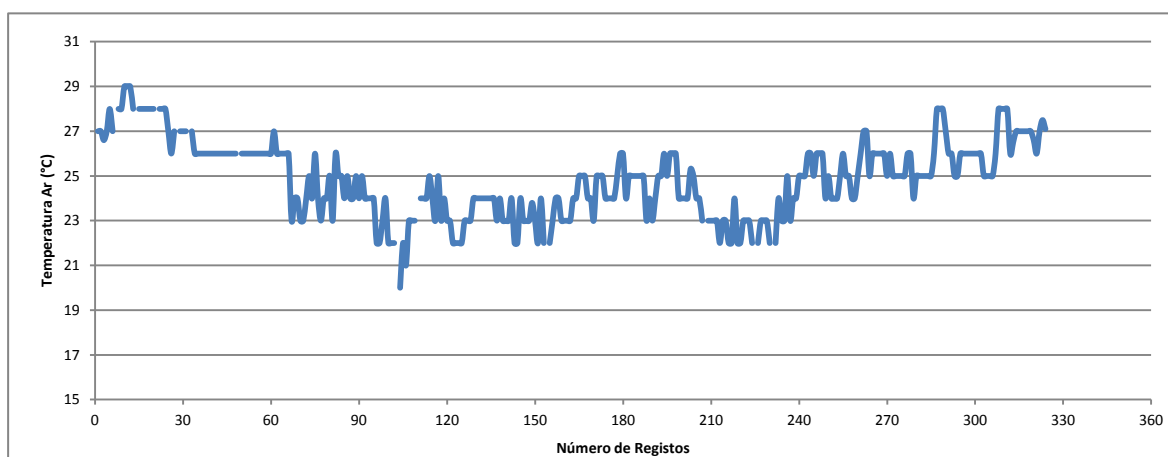
**Observando as Figuras 7, 8 e 9 verifica-se que a temperatura da água é mantida a aproximadamente 31,4°C, o pH da água varia entre 7,4 e 7,8 e os valores da temperatura ambiente entre 22 e 27°C, o que de acordo com o ponto 10.1 da Diretiva não se encontram em conformidade.**



**Figura 7 - Registo diário dos valores de temperatura da água do tanque pequeno de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**



**Figura 8 - Registo diário dos valores de pH do tanque pequeno de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**



**Figura 9 - Registo diário dos valores da temperatura do ambiente junto ao tanque pequeno de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**

### ***Bancada***

Na zona da nave existe uma bancada com, aproximadamente, 80 lugares, raramente utilizada. Entre a zona de bancada e o bar existe duas instalações sanitárias (uma masculina e uma feminina), estando de acordo com o que é enunciado na Diretiva CNQ 23/93, “Nas piscinas em que admitam visitantes-espectadores, estes disporão de instalações sanitárias próprias, dimensionadas na base de 1 instalação sanitária e 1 lavatório, para cada sexo, por cada 100 lugares de público ou fração”.

### **Zona de Material Didático**

Na zona do cais existe um espaço onde está colocado o material didático de apoio às diferentes atividades realizadas na piscina.



Neste local existem cerca de 85 pranchas de natação de duas cores, 20 braçadeiras de espuma com elástico, 1 mão flutuante, 1 pé flutuante, 1 fantasma flutuante, 1 “oito” flutuante, 3 placas de duas cores, 11 bonecos, 23 bolas de duas cores, 14 bocados de esponja, 17 uniões batata frita, 55 batata frita, 17 arcos de profundidade de tamanho e cor variado, 3 bases de balizas, 16 submergíveis diversos, 20 ovnis, 3 bolas de polo, 1 cesto de basquete, 9 tapetes flutuantes de tamanho variado, 8 pistas de competição com corta ondas grandes e pequenas, 1 serpente flutuante, 30 pull-buoys monobloco, 74 halteres triangulares, 80 foot-gim (caneleiras), 45 pares de barbatanas tamanhos variados, 1 escorrega, 1 pau monitor em triângulo.

## **Zona dos Serviços Anexos**

### ***Átrio de Entrada***

A instalação desportiva da piscina possui um átrio de entrada com a área de 25,91 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,978m. Este átrio faz a ligação entre a secretaria, gabinete de coordenação e os balneários (masculino e feminino). **Neste átrio localiza-se ainda 2 quadros de informações gerais, com afixação do regulamento geral análises à água, horários e informações gerais de acordo com a Directiva CNQ 23/93, capítulo 12, ponto 4.**

O acesso a este átrio é efetuado através de uma porta com vidro duplo que dispõe de uma área de 6,75m<sup>2</sup>.

### ***Sala de Primeiros Socorros***

O espaço designado para a sala de primeiros socorros, tem uma área de 5,61 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,98 m. **Está localizado dentro da sala do nadador salvador, não possuindo um acesso direto ao exterior, não respeitando as normas presente no ponto 13 do Capítulo 4 da Directiva CNQ 23/93.**

Esta sala dispõe ainda de uma casa de banho com 1,57 m<sup>2</sup>, 1 lavatório, 1 marquesa, armário de primeiros socorros, secretária e cadeiras, chão é revestido a tijoleira de cor azul claro, parede pintadas de cor creme e uma delas pintada com cor verde-claro, dois candeeiros de barra de 1,2 m de 36 W cada, o espaço apresenta boa iluminação natural, facultada através de uma claraboia.

### ***Sala da Coordenação/Professores***

A sala de coordenação/professores situa-se junto da sala do nadador salvador, contém uma área de 10,33 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,98 m. Esta sala está destinada à coordenação da piscina, receber pais e alunos, possuindo no seu interior armários para colocação de capas e livros, capas, painéis e uma secretária com duas cadeiras, 2 candeeiros de barra de 1,2m de 36W cada, 1 computador mais ecrã, 1 ventoinha 45W, 1 amplificador 500 W, 1 mesa de mistura 50 W, 1 aparelho para CDs.

### ***Sala da Secretaria***

A secretaria é uma sala com uma área 17,07 m<sup>2</sup> e um pé direito 2,98 m. Está situada junto ao corredor que faz ligação entre o átrio de entrada e a sala de coordenação/professores. Esta última dispõe de secretária para atendimento aos alunos, controlo de entradas e saídas, controlo de pagamentos, cadeiras, armários e chaves dos armários nos balneários.

De referir ainda que o corredor que faz a ligação entre o átrio, as 2 salas e duas casas de banho, é revestido com tijoleira cor azul claro no chão, tendo 19,49m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,98 m. Contem ainda 3 candeeiros de barra de 1,2m de 36 W cada e as casas de banho no conjunto possuem 2 candeeiros de barra de 0,6 m de 18 W cada, 2 secadores de 110 W cada.

### ***Balneários Femininos***

A instalação tem 2 balneários femininos, sendo que o primeiro possui 33,54 m<sup>2</sup> e o segundo 22,01 m<sup>2</sup>. Ambos os balneários têm um pé direito de 2,98 m e têm uma zona em comum que possui 8 chuveiros com torneira temporizadora, 2 casas de banho, 3 lavatórios e 3 espelhos, no total os dois balneários femininos possuem 81 cacifos e 14 candeeiros de barra com lâmpada de 1,2 m de 36 W cada, e 11 candeeiros de barra com lâmpada de 0,6 m de 18 W.

Os balneários femininos dispõem de chuveiro lava-pés ativado por sensor de movimento, que dá acesso à piscina. **Estes não estão de acordo com o ponto 2 do capítulo 4 da Directiva CNQ 23/93, o pavimento da zona dos chuveiros não se encontra em conformidade. De salientar que múltiplos chuveiros apresentam falta de limpeza.**

### ***Balneários Masculinos***

A instalação tem 2 balneários masculinos, sendo que o primeiro possui 33,54m<sup>2</sup> e o segundo 22,01m<sup>2</sup>. Ambos os balneários têm um pé direito de 2,98 m e têm uma zona em comum que possui 8 chuveiros com torneira temporizadora, 2 casas de banho, 2 lavatórios, 2 espelhos e 4 urinóis, no total os dois balneários possuem 81 cacifos. **Os balneários dispõem de chuveiro lava-pés ativado por sensor de movimento, que dá acesso à piscina. De salientar que múltiplos chuveiros apresentam falta de limpeza.**

### ***Sala do Nadador Salvador***

A sala do nadador salvador em conjunto com a sala de primeiros socorros, dispõe de uma área de 7,46 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,98 m e situa-se em frente ao espaço da nave e ao lado da sala de coordenação/professores, neste espaço possui o que já foi anteriormente referido na descrição da sala de primeiros socorros, mais 1 secretária, 1 armário que contem, capas com diferentes registos necessários realizar diariamente e 1 quadro com mapas de serviços. Esta sala dispõe de 2 entradas de serviço, sendo que uma delas pela diretamente da nave e a outra pela sala de coordenação/professor.

### **Zona dos Serviços Técnicos**

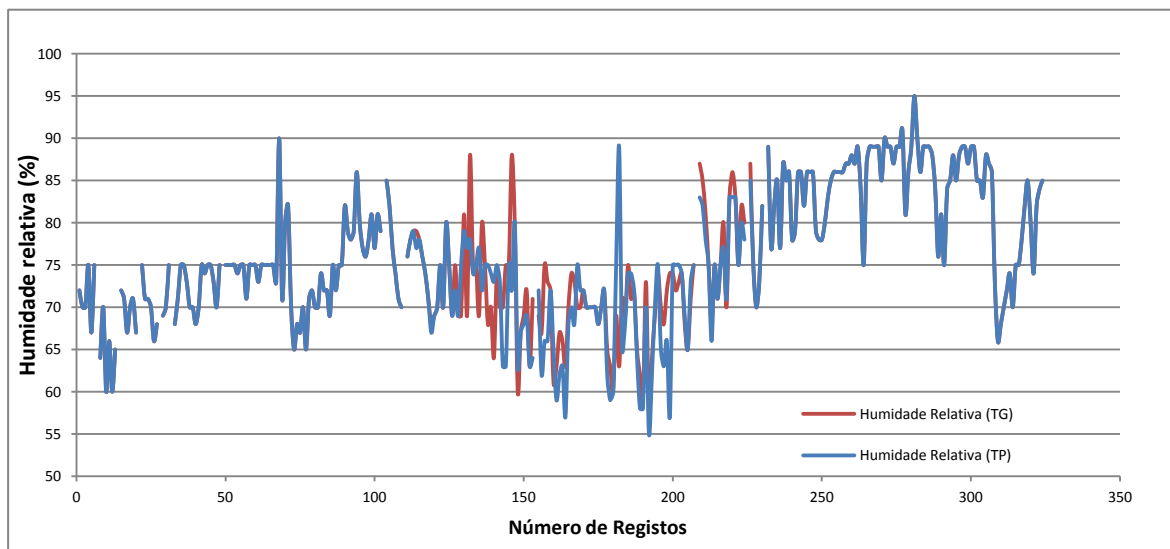
**A zona de serviços técnicos está dividida em dois espaços anexos e próximos da piscina.** No primeiro espaço estão as instalações de tratamento de água, aquecimento e climatização no segundo espaço estão as unidades de filtração, bombagem, tratamento de água e outros equipamentos.

A iluminação artificial dispõe de um número total de 47 lâmpadas de 36 W cada, com um consumo médio diário de 3 horas, 16 lâmpadas de 18W cada, com um consumo médio diário de 3 horas, fornecendo assim a visibilidade necessária ao desenvolvimento das atividades neste espaço. **Os balneários e vestiários conseguem ter um fator médio de luz diurna de 2% relativamente às áreas construídas, e estão de acordo com a Diretiva CNQ 23/93.**

### *Sala das caldeiras e climatização*

Esta sala situa-se no mesmo piso da zona da nave e tem uma área de 47,10 m<sup>2</sup> com um pé direito de 2,95 m. A partir desta sala é efetuada a climatização da piscina por uma Unidade de Tratamento de Ar com capacidade de desumidificação, designada de UTA 2, marca DANOTHERM, modelo DANX – XWP 7/14 (22 kW).

**Esta unidade não está a desumidificar devido a uma avaria que ocorreu em Novembro de 2011**, e isso pode ser observado na figura 10 com 40% dos registos diários dos valores de humidade relativa fora da gama de valores recomendada pela Diretiva CNQ 23/93, ponto 10.3. Sobre este assunto voltar-se-á a falar mais à frente neste documento.



**Figura 10 - Registo diário dos valores da humidade relativa do ar ambiente de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**

Esta sala dispõe ainda de 2 caldeiras a gás natural marca FERROLI, modelos PREXHERM N 180 e PREXHERM N 240 com queimadores atmosféricos EcoFlam, modelos Max Gás 170 P (min. 55, máx. 175 kW) e BLU350 P MC TL (min. 147, máx. 350 kW), respetivamente. Há ainda um termoacumulador marca SICC, modelo ACCUMILATORE D'ACQUA CALDA de água quente com a capacidade de 2000 L, assim como todas as bombas de recirculação de águas e respetivas tubagens.

Por fim, esta sala faz ligação através das tubagens com a sala de tratamento de água e climatização.

### *Sala de tratamento de água*

Esta sala tem uma área total de 47,10 m<sup>2</sup> e um pé direito de 5,90 m e inclui as instalações de tratamento de águas dos tanques grande e pequeno. As unidades de filtros, encontram-se, montadas em paralelo e aos pares, duas para o tanque grande e duas para o pequeno. As tubagens encontram-se instaladas de modo a que não deixem de funcionar, caso haja necessidade de reparação ou lavagens.

O sistema de filtração de águas do tanque grande tem 2 filtros de 1850 mm de diâmetro, 3 bombas de circulação de água cujos motores elétricos têm a potência de 3 kW, **no entanto apenas uma bomba está a funcionar a maior parte do tempo, ligando-se uma segunda como apoio.**

No sistema de filtração de águas do tanque pequeno há 2 filtros de 1100 mm de diâmetro, 3 bombas de circulação de água cujos motores elétricos têm a potência de 1,5 kW, **apenas uma bomba está a funcionar na maior parte do tempo, pois está uma segunda como reserva e a terceira possui uma avaria.**

### **3.4. Lotação**

Segundo a Diretiva CNQ 23/93 a lotação máxima instantânea deve ser 1 banhista por cada 2 m<sup>2</sup> do plano de água e a lotação máxima diária não deve ser superior a 4 vezes a lotação máxima instantânea. Nessa Diretiva a lotação de serviço é definida como o número médio de banhistas admissível por hora que, multiplicado pelo número de horas de funcionamento, não deverá ser superior ao valor definido para a lotação máxima diária.

Na presente piscina, a lotação máxima instantânea é: 168 banhistas ((275+60 m<sup>2</sup>) x 1 banh./2 m<sup>2</sup>), a lotação máxima diária é igual a 670 banhistas (168x4) e a lotação de serviço é de 49 banhistas por hora (670/nº de horas de funcionamento=670/14).

**É possível observar a partir dos registos diários que a lotação na Figura 11, que a recomendação imposta pela diretiva encontra-se em conformidade.**

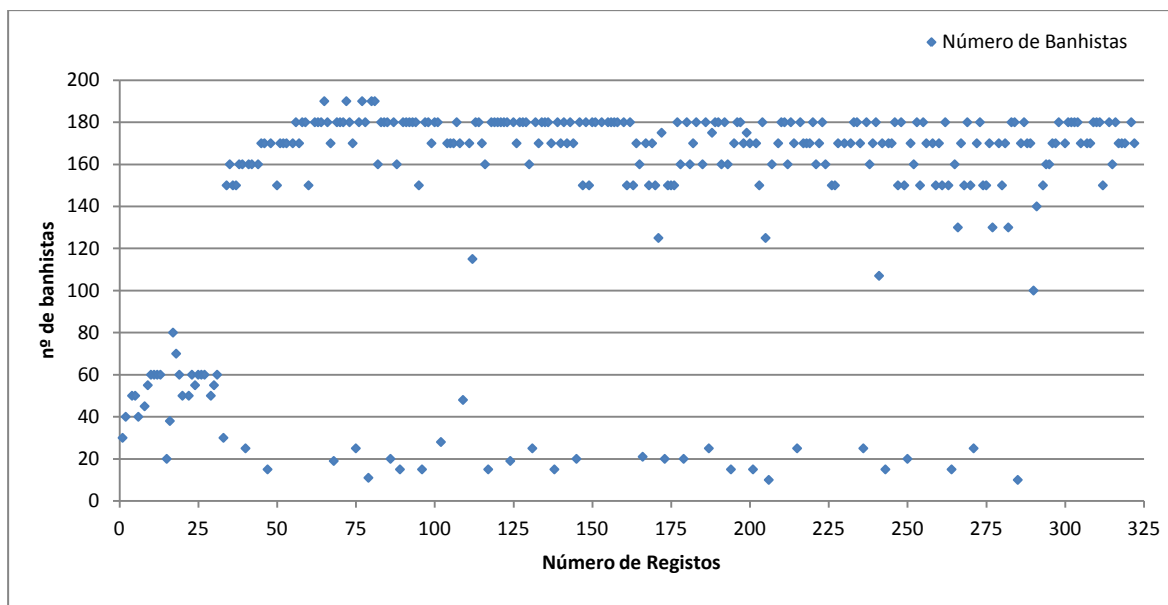


Figura 11 - Registo diário dos valores da lotação de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).

### 3.5. Requisitos da Qualidade e Quantidade da Água

#### 3.5.1. Controlo da Qualidade da Água

As águas em circulação nos tanques das piscinas são periodicamente inspeccionadas pelos operadores e professores presentes. As águas são analisadas de manhã, tarde e noite, de acordo com o “Plano de Monitorização das Condições Ambientais”, existente nas instalações.

O intervalo ótimo de pH deve-se situar entre os valores de 7,4 a 7,6 mas, a partir dos registos no tanque grande e pequeno, **verificou-se que em 31% e 46% dos dias, respetivamente, os valores não se encontraram em conformidade com os definidos pela Directiva CNQ 23/93.**

A desinfecção é realizada pela adição de hipoclorito de sódio, que não deve ser adicionado diretamente nos tanques de natação de acordo com a Diretiva CNQ 23/93. A piscina dispõe de um sistema de doseamento e controlo de adição da solução de hipoclorito de sódio.

### 3.5.2. Circulação das Águas nos Tanques – Características Quantitativas

#### Tanque grande e pequeno

A circulação da água na Piscina ocorre do seguinte modo: a água entra nos tanques de natação através dos bicos injetores colocados nas paredes laterais (10 para o TG e 4 para o TP), saindo posteriormente por cima ao longo das caleiras; esta água entra em seguida no tanque de compensação e posteriormente é tratada e aquecida, para novamente entrar pelos bicos injetores.

A piscina possui um tratamento do tipo I (Floculação + Filtração + Desinfecção), pelo que de acordo com os dados fornecidos pela Directiva CNQ 23/93, capítulo 9, ponto 4, o caudal de circulação ou recirculação mínimo a assegurar deve ser idêntico a:

$$Q = \frac{V}{R.H} \quad (1)$$

Em que:

Q - caudal de circulação ou recirculação mínimo, m<sup>3</sup>/h;

V - capacidade do tanque, m<sup>3</sup>;

H - profundidade média do tanque, m;

R - fator de recirculação, h/m.

O fator de recirculação, R, depende das condições de ocupação e de exposição dos tanques e da eficácia do sistema de tratamento adotado, pelo que é calculado pela seguinte expressão:

$$R = k.f \quad (2)$$

Em que:

k - fator de rendimento do sistema de tratamento, banhista/m<sup>3</sup> ;

f - fator de ocupação específica, m<sup>2</sup>.h/banhista.

Para a piscina em estudo os fatores k e f, tomam os seguintes valores:

$$k = 0,5 \text{ banhista}/m^3 \qquad f = 4,0 \text{ m}^2 \cdot h/\text{banhista}$$

Substituindo na equação 2:

$$R = 0,5 \times 4,0 = 2 \text{ h}/m$$

Este valor substituído na equação 1 para ambos os tanques permite calcular o caudal de recirculação ou circulação de água:

<u>Tanque Grande</u>	<u>Tanque Pequeno</u>
$Q = \frac{433}{2,0 \times 1,58}$	$Q = \frac{51}{2,0 \times 0,85}$
$Q = 137,5 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q = 30,0 \text{ m}^3/\text{h}$

O período de renovação, T (horas), é dado pela relação:

$$T = \frac{V}{Q} = R \cdot H \quad (3)$$

E para ambos os tanques tem-se:



Tanque Grande

$$T = \frac{433}{137,5}$$

$$T = 3,15 \text{ horas}$$

Tanque Pequeno

$$T = \frac{51}{30,0}$$

$$T = 1,7 \text{ horas}$$

### Tanque de Compensação

O tanque de compensação do TG apresenta uma área total de 18,48 m<sup>2</sup> e um volume de água de 25,87 m<sup>3</sup>, o do TP apresenta uma área total de 8,4 m<sup>2</sup> e um volume de água de 11,76 m<sup>3</sup>. Os valores mínimos de referência indicados pela Directiva CNQ 23/93, capítulo 9, ponto 7, são 0,08 m<sup>3</sup> por cada 1 m<sup>2</sup> de plano de água, perfazendo 22,0 m<sup>3</sup> para o tanque grande e 4,8 m<sup>3</sup> para o tanque pequeno. **Ambos os tanques apresentam dimensões ligeiramente superiores às de referência, pelo que cumprem o decreto.**

O consumo diário de água na Piscina serve para compensar as perdas por evaporação, lavagens dos filtros, salpicos e água removida pelos banhistas ou purga. A Directiva CNQ 23/93, no Capítulo 9, ponto 5, indica que a reposição diária da água de compensação tem de ser garantida na proporção mínima de 30 litros/dia/banhista e com o mínimo absoluto de 2% do volume dos tanques de natação. Os tanques são frequentados diariamente por uma média de 148 banhistas e como não é feita a contagem por tanque foi admitido 30% para o tanque pequeno e os restantes 70% para o tanque grande. Sendo assim tem-se:

Tanque Grande

Tanque Pequeno

$$Qp = 30 \times 104$$

$$Qp = 30 \times 44$$

$$Qp = 3120 \text{ L/dia}$$

$$Qp = 1320 \text{ L/dia}$$

$$Qp = 3,12 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Qp = 1,32 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Relativamente ao volume dos tanques os consumos representam:

Tanque Grande

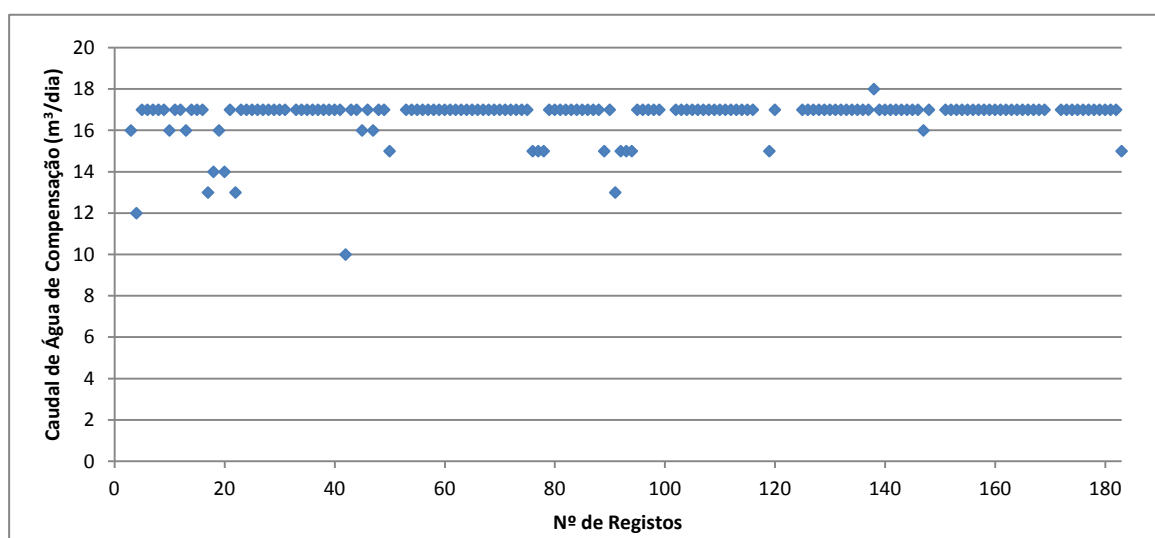
Tanque Pequeno

$$\frac{3,12}{433} \times 100 = 0,72 \% \quad \frac{1,32}{51} \times 100 = 2,59 \%$$

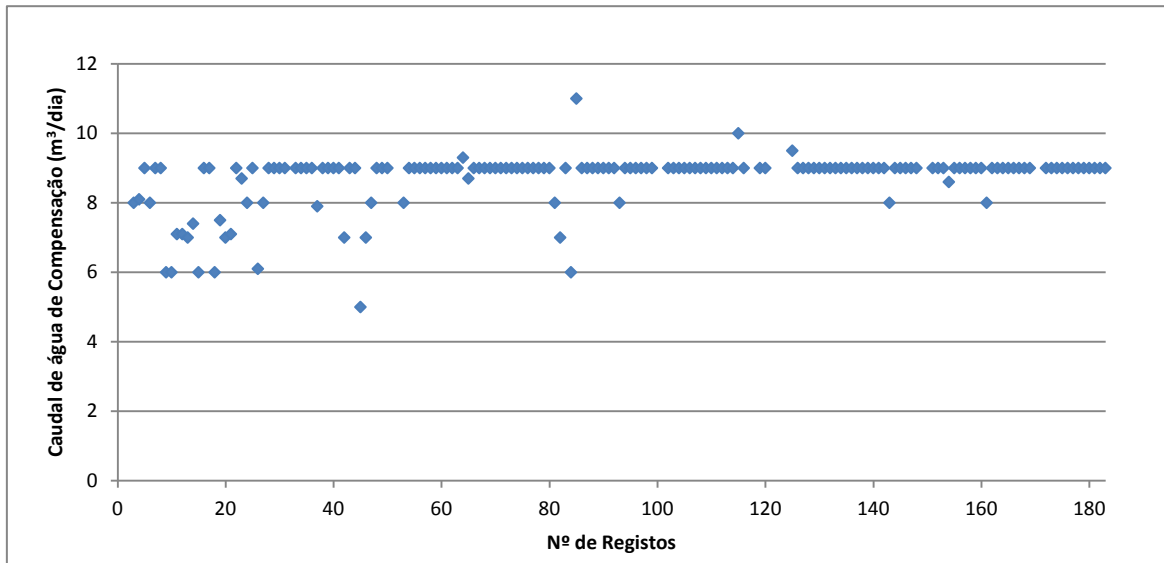
De acordo com a proporção, o valor de 3,12 m<sup>3</sup>/dia representa 0,72% do volume total do tanque grande, e é inferior ao valor mínimo absoluto de 2% (Qp=7 m<sup>3</sup>/dia). Para uma melhor qualidade da água, o técnico está a tentar aumentar o valor do caudal de água de compensação para um mínimo de 5% do volume do tanque (Qp=17,5 m<sup>3</sup>/dia). Estes valores dos caudais de água de compensação na Piscina e na Diretiva CNQ23/93 podem ser comparados na Tabela 6 e Figuras 12 e 13.

**Tabela 6 – Comparação Diretiva CNQ 23/93 e Registos Diários.**

		Tanque Grande	Tanque Pequeno
	30 L/dia/banhista	3,12 m <sup>3</sup> /dia	1,32 m <sup>3</sup> /dia
<b>Diretiva CNQ 23/93</b>	Mínimo de 2% do volume do tanque	7,00 m <sup>3</sup> /dia	1,02 m <sup>3</sup> /dia
	Mínimo de 5% do volume do tanque	17,5 m <sup>3</sup> /dia	2,55 m <sup>3</sup> /dia
<b>Pelo registo da piscina</b>		17 m <sup>3</sup> /dia	9 m <sup>3</sup> /dia



**Figura 12 - Registo diário dos valores do consumo de água de compensação do tanque grande de Janeiro de 2012 a Junho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**



**Figura 13 - Registo diário dos valores do consumo de água de compensação do tanque pequeno de Janeiro de 2012 a Junho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**

Com uma média de 148 banhistas por dia, a reposição de água com base nos pressupostos e diretivas assumidas corresponde a 17,5 metros cúbicos por dia para o tanque grande e a 2,55 metros cúbicos por dia para o tanque pequeno. A partir dos registos diários das instalações, constatou-se que o consumo para o tanque grande tem uma média de 17 metros cúbicos por dia e o tanque pequeno tem uma média de 9 metros cúbicos por dia.

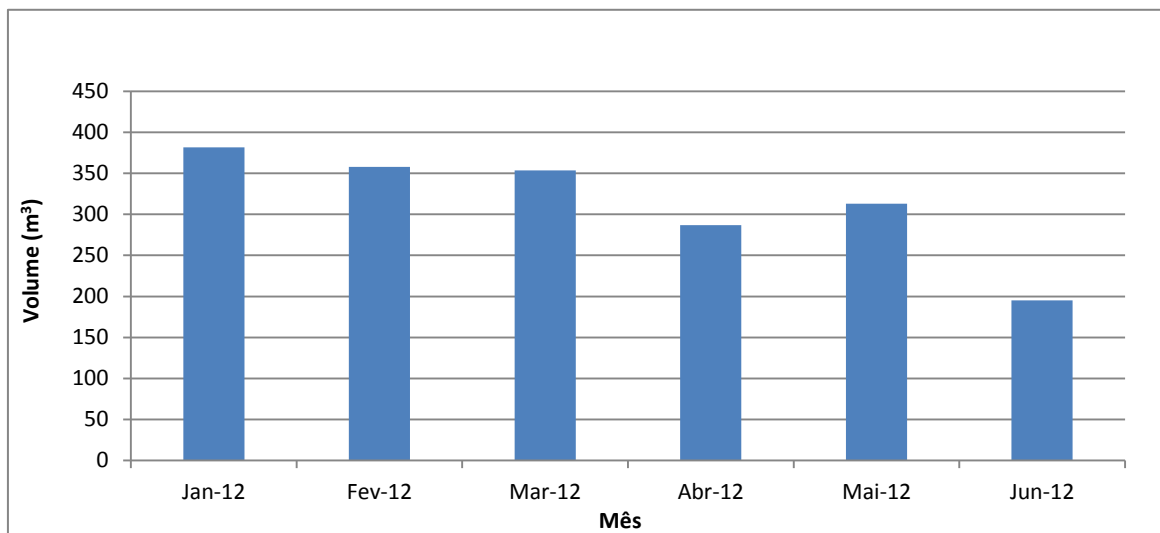
### **Banhos de Chuveiro**

O aluno na piscina toma no mínimo três banhos, dois ocorrem antes e depois de usar o tanque de natação (um sensor de presença ativa o chuveiro durante 15 segundos), o outro ocorre já nos balneários e tem geralmente uma duração de 3 minutos. O tempo total de banhos é de 3 minutos e 30 segundos com um caudal de 4 L/min. Sabendo que o número médio mensal de utentes que entram na piscina é de 4431 banhistas ou 148 banhistas/dia, o consumo total resulta em 2,07 m<sup>3</sup>/dia ou 62,16 m<sup>3</sup>/mês ( $\pm 30$  dias) de água para banhos.

### **Outros Fins**

Outros fins para a utilização de água são as descargas das sanitas, torneiras dos lavatórios, limpeza das instalações e utilização no bar. Com base nos registos do contador geral,

subtraindo o valor de renovação de água diário de ambos os tanques ( $17+9 \text{ m}^3/\text{dia}$ ) e o consumo de água para banhos de chuveiro diário, obteve-se os registos de consumo mensais para outros fins como pode-se observar na Figura 14.



**Figura 14 - Registo de consumos de água para outros afins de Janeiro de 2012 a Julho 2012**  
(tabelas mensais em anexo A)

### Total de Água

O consumo total diário de água pode ser calculado com os valores assumidos na Tabela 7.

O consumo médio de água é de cerca de  $38,27 \text{ m}^3/\text{dia}$  ou  $1148 \text{ m}^3/\text{mês}$ .

**Tabela 7 – Resumo do consumo total diário de água.**

Consumos médios	$\text{m}^3/\text{dia}$	%
<b>Água dos tanques de compensação</b>	26,00	67,9
<b>Banho do chuveiro</b>	1,78	4,7
<b>Outros fins</b>	10,49	27,4
<b>Total</b>	38,27	100

### 3.5.3. Caracterização do Sistema de Bombagem

O circuito de circulação ou recirculação da água no tanque grande dispõe de 3 bombas, em que apenas uma funciona 24 horas por dia, outra funciona para apoio (potência nominal de 3 kW) e a **terceira encontra-se avariada**. No circuito de circulação da água do tanque pequeno há também 3 bombas e só uma funciona 24 horas por dia, outra existe para apoio (potência nominal de 1,5 kW) e a **terceira também se encontra avariada**. **As bombas de apoio garantem o funcionamento da instalação no caso de avaria ou substituição de uma das bombas.**

### 3.5.4. Caracterização do Sistemas de filtração

Segundo a Directiva CNQ 23/93, capítulo 9, ponto 11, o número de unidades filtrantes é determinado em função dos caudais de serviço e não pode ser inferior a dois. Estas unidades têm de ter características idênticas, estar montadas em paralelo, fechadas (funcionamento em pressão) e com um leito filtrante em areia.

Na piscina em estudo o sistema de filtração do tanque grande tem 2 filtros de 1850 mm de diâmetro, com altura de 1 m de leito filtrante. No tanque pequeno há 2 filtros de 1100 mm de diâmetro, com uma altura de leito filtrante de 0,8 m.

A pressão à entrada e saída é medida pelo manómetro integrado. Para as dimensões registadas e caudais de recirculação calculados tem-se as seguintes velocidades de filtração registadas na Tabela 8.

**Tabela 8 – Velocidade de filtração, m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>.**

	Tanque Grande	Tanque Pequeno
<b>Área total de filtração, m<sup>2</sup></b>	5,38	1,90
<b>Caudal de Filtração, m<sup>3</sup>/h</b>	137,5	23,2
<b>Velocidade de filtração, m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup></b>	25,58	12,2

### 3.5.5. Caudal de Ar de Renovação da Nave

De modo a garantir a qualidade do ar no interior da nave (temperatura, humidade e concentração de poluentes) torna-se necessário renovar parte do ar de circulação, com ar novo. A Diretiva CNQ 23/93 recomenda, que o caudal de ar renovado por banhista seja equivalente a um caudal volumétrico de 6 L/s equivalente a  $21,6 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{banhista})$ . A mesma diretiva indica que a lotação máxima instantânea (LMI) para piscinas cobertas é de 1 banhista por cada  $2 \text{ m}^2$  de plano de água. Conclui-se que a renovação de ar da nave por banhista deve ser de  $10,8 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ .

Atendendo a que a área total ( $S_{\text{Total}}$ ) em planta da piscina é superior à do plano de água (Figura 15), o valor estipulado pela diretiva é inferior ao indicado ( $10 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ) no Anexo VI do D.L. nº 79/2006 (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) revelando ser mais exigente do que a recomendação da Diretiva CNQ 23/93.

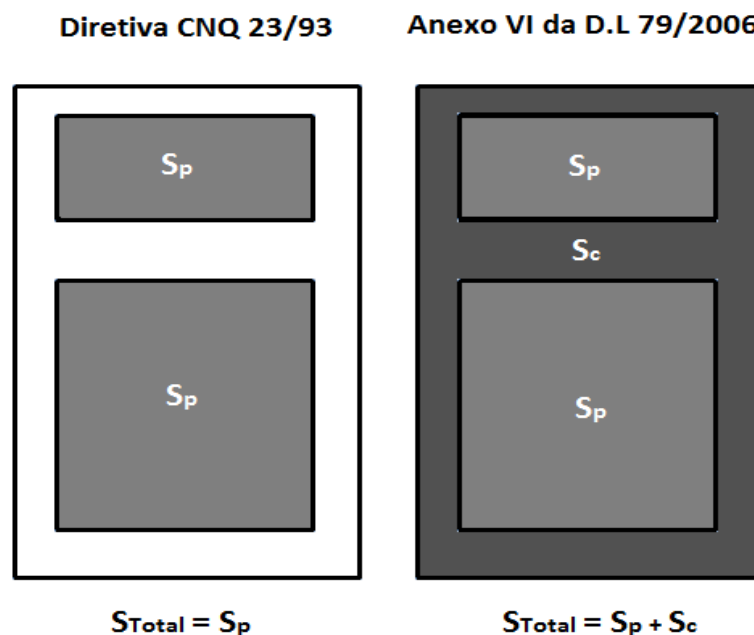


Figura 15 - Área total ( $S_{\text{Total}}$ ) contabilizada para fins de renovação de ar segundo a Diretiva CNQ 23/93 e o Anexo VI do D.L. nº 79/2006.

Quando aplicadas as duas recomendações de modo a obter o caudal volumétrico de renovação ( $Q_{\text{ARR}}, \text{m}^3/\text{h}$ ) do nosso caso de estudo, efetivamente verifica-se que a indicada

pela Diretiva CNQ 23/93 é 43,8% menos exigente que a do Anexo VI do D.L. nº 79/2006, como pode-se observar na Tabela 9.

**Tabela 9 - Caudal volumétrico de renovação segundo a Diretiva CNQ 23/93 e o Anexo VI da D.L. nº 79/2006.**

Recomendação	$Q_{ARR}, m^3/h$
<b>Diretiva CNQ 23/93</b>	$10,8 \times (275 + 60) = 3618$
<b>Anexo VI do D.L. 79/2006</b>	$10 \times (275 + 60 + 490,4) = 8254$

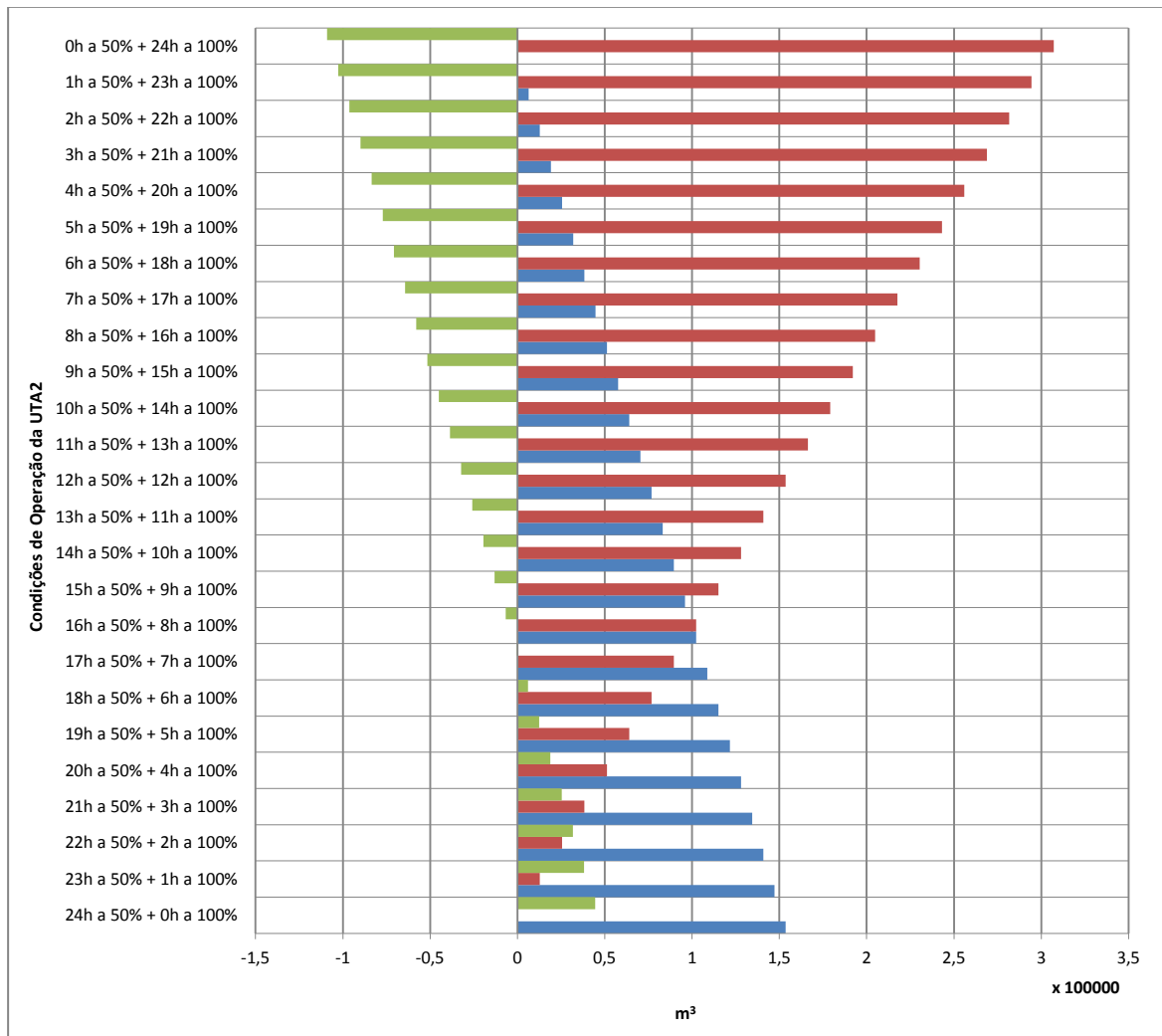
Quando se compara o  $Q_{ARR}$ , pela recomendação do Anexo VI do D.L. nº 79/2006, com a máxima capacidade de débito de caudal que a unidade de tratamento de ar (UTA2) pode operar e a mesma capacidade reduzida para metade, verifica-se a seguinte anomalia identificada na Tabela 10:

**Tabela 10 – Comparação entre o caudal de ar a renovar recomendado e a capacidade de operação da máquina a 100% e a 50%.**

	Caudal de ar, $m^3/h$	Caudal de ar, $m^3/s$
Caudal de ar a renovar	$10 \times (275 + 60 + 490,4)$	
Anexo VI do D.L. nº 79/2006	$= 8254$	2,29
Capacidade de débito da UTA2 a 100%	12800	3,56
Capacidade de débito da UTA2 a 50%	6400	1,78

**Efetivamente a UTA2 não dispõe da capacidade para efetuar a renovação de ar novo recomendada ( $8254 m^3/h$ ), a 50% da sua capacidade, conseguindo apenas renovar 77,5% do valor desejado; na realidade esta percentagem poderá ser mais baixa, devido ao rendimento do próprio equipamento.**

O volume total de ar a renovar em 24 horas corresponde a 198096 m<sup>3</sup>. Ao subtrair o somatório das possíveis combinações de tempo de operação da UTA2, a 50% e a 100% da sua capacidade, ao volume total de ar a renovar diariamente, obtém-se o resultado apresentado na Figura 16.



**Figura 16 – Hipotéticas combinações de operação da UTA2 a 50% (a azul) e a 100% (a vermelho) da sua capacidade e volume de ar a renovar recomendado pelo RSECE para um período de 24 horas.**

Na figura 16 e segundo os pressupostos anteriormente mencionados verifica-se o resultado (a verde) do Volume Total de Ar a Renovar Diário menos o Somatório da Combinação Diária da Operação da UTA2. É possível observar que são precisas pelo menos 7 h diárias com o caudal de ar a 100%. Os valores podem oscilar ligeiramente devido a determinados fatores como por exemplo se as portas na nave estão abertas.





## 4. Caracterização e Estudo Energético

## 4.1. Caldeiras

A piscina tem duas caldeiras que funcionam com um circuito fechado de água (ver Figura 17). As caldeiras fornecem calor ao permutador de calor para aquecimento de água sanitária, aquecimento das águas do tanque grande e pequeno e aos sistemas de aquecimento das unidades de tratamentos do ar (UTA1 e UTA2). As caldeiras funcionam a gás natural tendo uma potência combinada que pode variar entre 202 a 525 kW. Os registos diários de consumo de gás ao longo de seis meses podem ser observados na Figura 18. De acordo com a figura pode-se verificar o consumo diário de Janeiro a Julho de 2012, sendo o seu valor médio de 211,58 m<sup>3</sup> por dia.

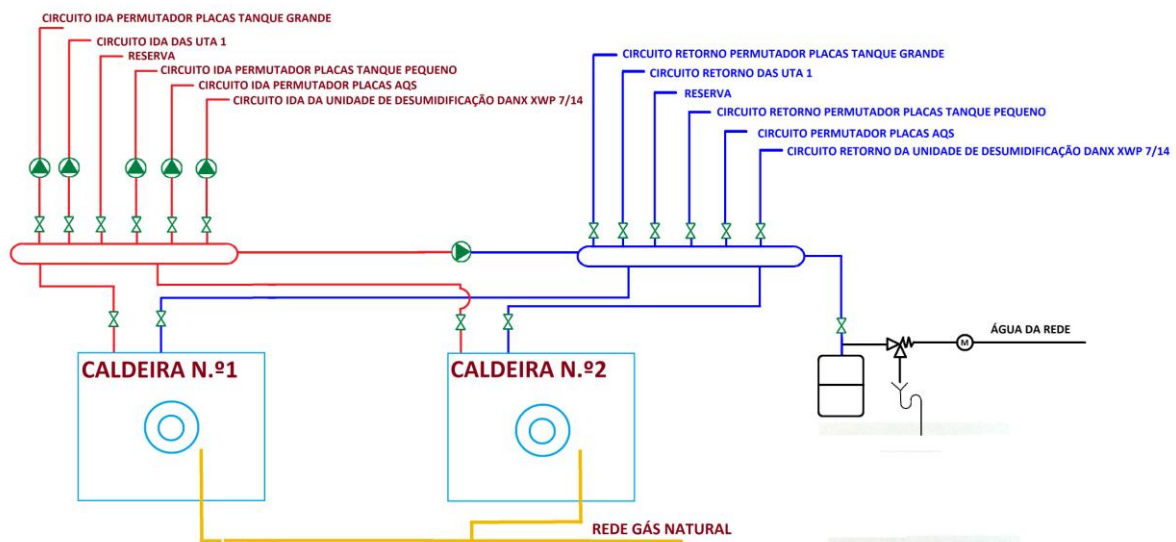
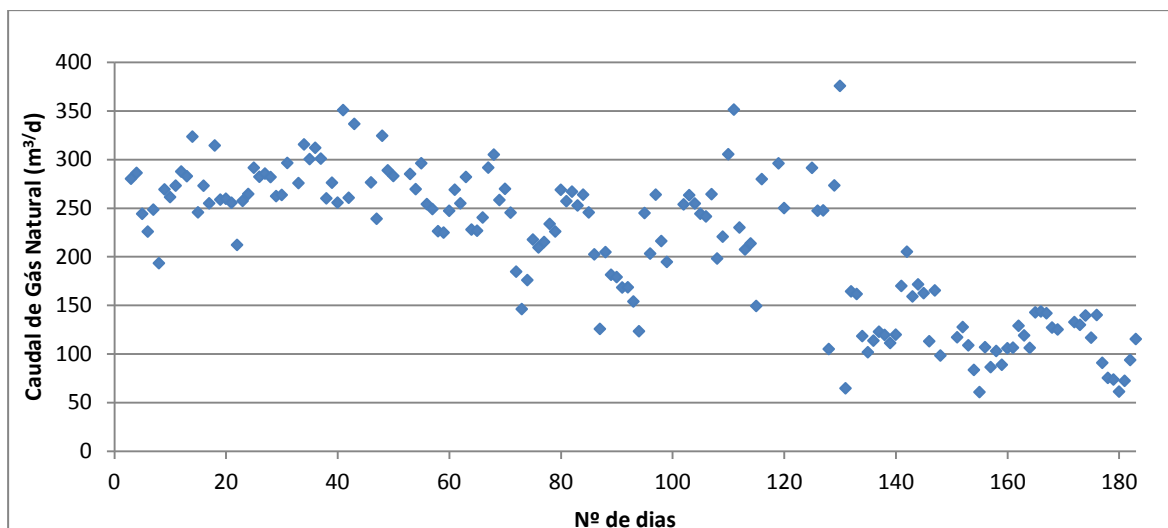


Figura 17 - Esquema simplificado do aquecimento do ar e da água pelas caldeiras.



**Figura 18 - Registo diário dos valores do consumo de gás natural de Janeiro de 2012 a Junho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**

No processo de aquecimento verifica-se que a água sai da caldeira com uma temperatura entre os 67 a 70°C, entrando de seguida num coletor geral que a distribui pelos circuitos já referidos.

A potência debitada pelas duas caldeiras existentes,  $P_E$  (kW), fornecida aos permutadores de calor para aquecimento da água do tanque grande e pequeno, bem como unidades de climatização do ar da nave e balneários pode ser calcula pela seguinte expressão:

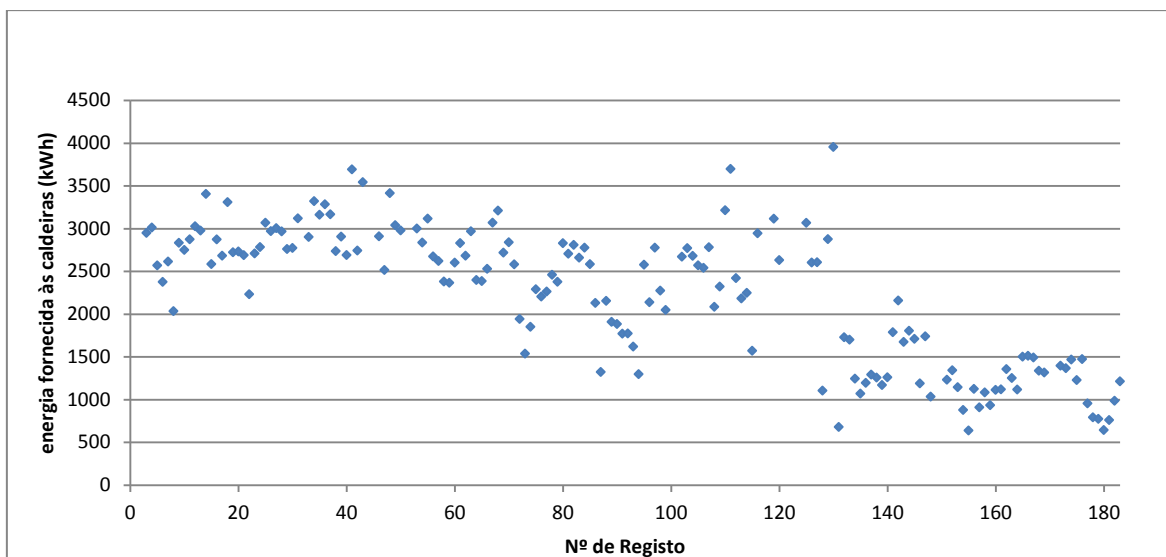
$$P_E = V_g \times P_{ci} \quad (4)$$

Em que:

$V_g$  - caudal medido de gás na caldeira,  $m^3$ /dia;

$P_{ci}$  - poder calorífico inferior do gás natural, que tem um valor de 9028 kcal/ $m^3$ .N (D.L. n° 199/2007).

Substituindo os valores na equação 4, obtém-se o seguinte gráfico (Figura 19) com o seu consumo em kWh e valor médio dos registos de 2226 kWh.

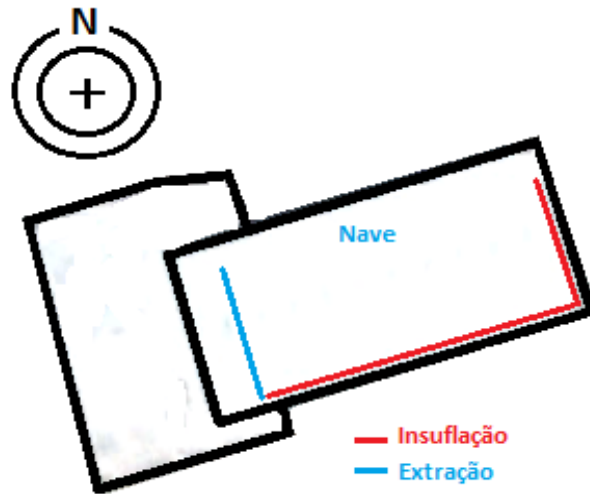


**Figura 19 - Energia fornecida num dia debitada pelas caldeiras de Janeiro de 2012 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**

## **4.2. Aquecimento do Ar da Nave**

### **4.2.1. Unidades de Tratamento de Ar (UTAs)**

Existem dois circuitos de tratamento de ar novo, sendo que o primeiro corresponde ao circuito de ar para os balneários e zonas de serviço efetuado através de duas unidades com a designação UTA1, ambas da marca Sandometal, modelos AT 9-9 (0,368 kW) e AT 12-9 (0,552 kW), respetivamente. Ambas as UTAs estão no exterior da Piscina preparadas para insuflar 100% de ar novo sendo compostas por ventilador de insuflação, filtros e bateria de aquecimento; as condutas de ar encontram-se localizadas no plano superior das divisões. O segundo circuito de tratamento de ar novo corresponde à unidade com a designação de UTA2 que faz o tratamento térmico do ar da nave (ver Figura 21).



**Figura 20 - Esquema simplificado da localização da insuflação (a vermelho) e extração (a azul) do ar na nave.**

O ar da nave é tratado e renovado através da UTA2, marca DANTHERM, modelo DANX-XWP 7/14 (22kW). A unidade está preparada para insuflar 100% de ar novo e é composta por ventilador de insuflação e extração, filtros, recuperador de calor, bateria de aquecimento, baterias de condensação e evaporação do fluido refrigerante no *chiller* (compressão mecânica) de tubos alhetados., As piscinas devem possuir sistemas de ventilação eficientes. Apesar da capacidade de desumidificação, **esta unidade está avariada desde Novembro de 2011 deixando de estar em conformidade com o que anteriormente foi descrito.**

#### **4.2.2. Avaria no sistema de Desumidificação do Ar Interior**

As entradas do ar novo estão localizadas acima da cota dos envidraçados existentes a sudeste e no plano da parede localizada a nordeste, com grelhas direcionadas para os envidraçados para evitar a condensação. A extração do ar húmido encontra-se a sudoeste num plano superior, permitindo assim a circulação do ar e promovendo o controlo dos níveis de humidade dentro da nave.

Sendo  $p$  e  $\theta_n$ , respetivamente a pressão atmosférica e a temperatura do ar na nave, o caudal mássico de ar,  $m_{ARR}$  (kg/s), é calculado a partir da expressão:

$$m_{ARR} = \frac{p \cdot Q_{ARR} \cdot M}{R \cdot T} \quad (5)$$

Em que  $M$  é a massa molar do ar, 28,9 kg/kmol,  $R$  a constante dos gases perfeitos e  $T=(\theta_n+273)$ , a temperatura absoluta do ar. Considerando  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{m}^3/(\text{kmol}\cdot\text{K})$  e  $p = 1 \text{ atm}$ :

$$m_{ARR} = \frac{352,4 \cdot Q_{ARR}}{\theta_n + 273} \quad (6)$$

Segundo a equação 6 calcula-se o valor de  $m_{ARR}$ , para o funcionamento da UTA2 a 50 e 100% da sua capacidade de operação, da seguinte forma:

$$\begin{array}{ll} \text{50 \%} & \text{100\%} \\ m_{ARR} = \frac{352,4 \times 1,78}{24,8 + 273} & m_{ARR} = \frac{352,4 \times 3,56}{24,8 + 273} \\ m_{ARR} = 2,11 \text{ kg/s} & m_{ARR} = 4,21 \text{ kg/s} \end{array}$$

Admitamos que  $Y_{ARR}$  e  $\theta_{ARR}$  são respetivamente a humidade absoluta e a temperatura do ar de renovação. A potência necessária  $P_{ARR}$ , para o aquecimento do ar de renovação, não considerando a necessidade da sua humidificação, será:

$$P_{ARR} = m_{ARR} \cdot (c_{pAR} + c_{pv} \cdot Y_{ARR}) \cdot (\theta_n - \theta_{ARR}) \quad (7)$$

Em que  $c_{pAR}$  é o calor específico do ar seco (1,005 kJ/ (kg. °C)),  $c_{pv}$  o calor específico do vapor de água (1,884 kJ/kg).

Segundo a equação 7 calcula-se o valor de  $P_{ARR}$  para o funcionamento da UTA2 a 50 e 100% da sua capacidade de operação, para uma média de valores de humidade absoluta (kg de vapor de água/kg ar seco) e temperatura do ar de renovação (Outono-Inverno e Primavera-Verão):

Outono – Inverno

Primavera – Verão

$$\underline{Y_{ARR} = 0,0061 \text{ kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{arseco}}}$$

$$\underline{Y_{ARR} = 0,0089 \text{ kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{arseco}}}$$

$$\underline{\theta_{ARR} = 9,9 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

$$\underline{\theta_{ARR} = 16,8 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

UTA2 a 50 %

UTA2 a 100%

UTA2 a 50 %

UTA2 a 100%

$$P_{ARR} = 31,96\text{kW}$$

$$P_{ARR} = 63,76\text{kW}$$

$$P_{ARR} = 17,24\text{kW}$$

$$P_{ARR} = 34,41\text{kW}$$

É imprescindível manter a humidade do ar da nave em valores confortáveis e sendo  $Y_n$  a humidade absoluta do ar da nave, a quantidade de água  $m_{ag}$  (kg/s) removida do sistema por causa da renovação do ar pode ser determinada pela seguinte relação:

$$m_{ag} = m_{ARR} \cdot (Y_n - Y_{ARR}) \quad (8)$$

Quando este valor é comparado com a quantidade de água evaporada torna-se necessário tomar determinadas medidas como as que estão indicadas na Tabela 11.

**Tabela 11 – Comparação entre a quantidade de água removida ( $m_{ag}$ ) com a quantidade de água evaporada ( $m_E$ ) e ações de correção.**

$m_{ag} > m_E$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regular a humidade do ar da nave;</li> <li>Humidificar o ar de renovação.</li> </ul>
$m_{ag} < m_E$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar o caudal de ar de renovação;</li> <li>Instalação de equipamento par desumidificação do ar da nave.</li> </ul>
$m_{ag} = m_E$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situação equilibrada, isto é, a quantidade de água evaporada é igual à quantidade de água removida.</li> </ul>



Segundo a equação 8 calcula-se o valor de  $m_{ag}$  para o funcionamento da UTA2 a 50 e 100% da sua capacidade de operação e para uma média de valores relativamente à humidade absoluta e à temperatura do ar de renovação (Outono-Inverno e Primavera-Verão) da seguinte forma:

Outono – Inverno

$$m_E = 0,034 \text{ kg/s}$$

$$Y_n = 0,015 \text{ kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{arseco}}$$

$$Y_{ARR} = 0,0061 \text{ kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{arseco}}$$

$$\theta_{ARR} = 9,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

UTA2 a 50 %

$$m_{ag50\%}$$

$$= 0,019 \text{ kg/s}$$

$$(m_{ag50\%} < m_E)$$

UTA2 a 100%

$$m_{ag100\%}$$

$$= 0,037 \text{ kg/s}$$

$$(m_{ag100\%} > m_E)$$

Primavera – Verão

$$m_E = 0,034 \text{ kg/s}$$

$$Y_n = 0,015 \text{ kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{arseco}}$$

$$Y_{ARR} = 0,0089 \text{ kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{arseco}}$$

$$\theta_{ARR} = 16,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

UTA2 a 50 %

$$m_{ag50\%}$$

$$= 0,013 \text{ kg/s}$$

$$(m_{ag50\%} < m_E)$$

UTA2 a 100%

$$m_{ag100\%}$$

$$= 0,026 \text{ kg/s}$$

$$(m_{ag100\%} < m_E)$$

Como a recuperação de calor é desejável, o ar eliminado para o exterior deve aquecer o de entrada, tendo-se o cuidado de evitar a condensação no permutador de calor. Seguindo este princípio pode-se admitir que o ar é arrefecido até à temperatura  $\theta_s$  e humidade absoluta  $Y_s=Y_n$ . Nestas circunstâncias o permutador de calor pode recuperar a potência  $P_s$  de acordo com:

$$P_S = m_{ARR} \cdot (c_{pAR} + c_{pv} \cdot Y_S) \cdot (\theta_n - \theta_S) \quad (9)$$

$$Y_n = Y_{saída} = 0,015 \text{ kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{arseco}}$$

$$\theta_{Saída} = 23^\circ\text{C}$$

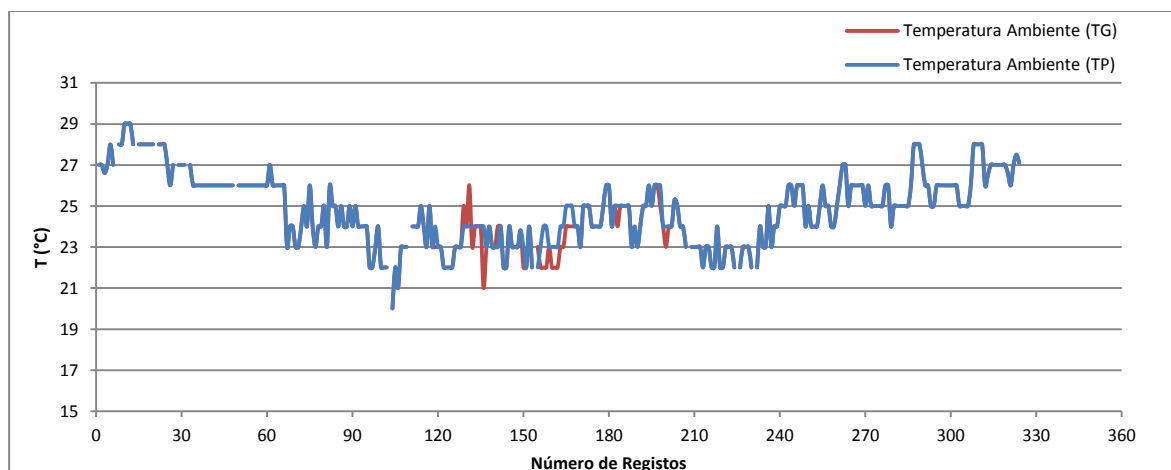
UTA2 a 50 %

$$P_s = 3,92 \text{ kW}$$

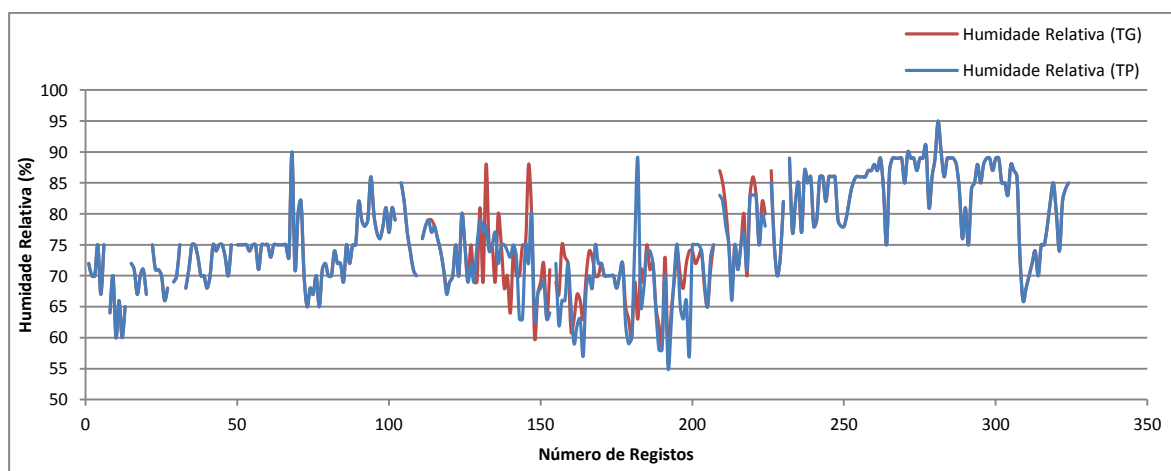
UTA2 a 100%

$$P_s = 7,83 \text{ kW}$$

A temperatura de insuflação do ar da nave é de 29°C e a temperatura de extração é, em média, de 24,8°C com uma humidade relativa média de 76% de acordo com os registos que se podem observar nas Figuras 21 e 22.



**Figura 21 - \_Registo diário dos valores da temperatura ambiente na nave de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**



**Figura 22 - Registo diário dos valores da humidade relativa na nave de Agosto de 2011 a Julho 2012 (tabelas mensais em anexo A).**

**Estes valores de humidade relativa são superiores aos de referência propostos pela Diretiva CNQ 23/93, que no capítulo 10 refere que a temperatura do ar ambiente deverá ser superior ou igual à da água do tanque, com um valor mínimo de 24°C e uma humidade relativa entre 55 a 75 %.**

Recorrendo ao *software* SolTerm, desenvolvido e distribuído pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), é um programa de análise de desempenho de sistemas solares pela simulação numérica de balanços energéticos ao longo de um ano de referência em Portugal. Possui um banco de 308 Anos Meteorológicos de Referência, um para cada concelho em Portugal.

Ao comparar os 8760 registos (365 dias x 24 horas) representativos do concelho, no qual as instalações da piscina em estudo se encontram, com os valores referenciados para a humidade relativa dentro da nave, segundo a Diretiva CNQ 23/93 que indica que estes se deverão encontrar entre 55 a 75 %, obtém-se os seguintes resultados mostrados na Tabela 12.

**Tabela 12 – Análise aos dados da base de dados do SolTerm relativamente ao número de dias em que a humidade se encontrava com o valor da humidade relativa abaixo dos 55%, acima do 75% e entre 55% e 75%.**

Registos	Horas	≈ Dias	%
<b>H.R. &lt; 55</b>	820	34	9,36%
<b>H.R. &gt; 75</b>	4907	204	56,02%
<b>55 ≤ H.R. ≤ 75</b>	3033	127	34,62%
<b>Total</b>	8760	365	100,00%

Com os fenómenos de evaporação a contribuir para o aumento do valor da humidade relativa dentro da nave, torna-se necessário como ação corretiva efetuar a desumidificação do ar de modo a baixar o seu valor. **Contudo apesar da UTA2 ter a capacidade de desumidificação, essa função encontra-se inativa devido a uma avaria que ocorrera em Novembro de 2011.**

**Os valores da humidade relativa são influenciados pelo ar novo e utilizando os dados existentes no SolTerm verifica-se que em 56,02 % dos registos os valores estão encontram-se acima de 75%.** Ao representar graficamente esses valores de humidade relativa (a azul) e os registos efetuados dentro da nave ao longo de 324 dias às 07:00 (a verde), observa-se na Figura 23 que a gama de valores revela ser muito semelhante.

Na Tabela 13, a diferença entre os valores mínimo e máximo correspondem a 3% e 5%, respetivamente.

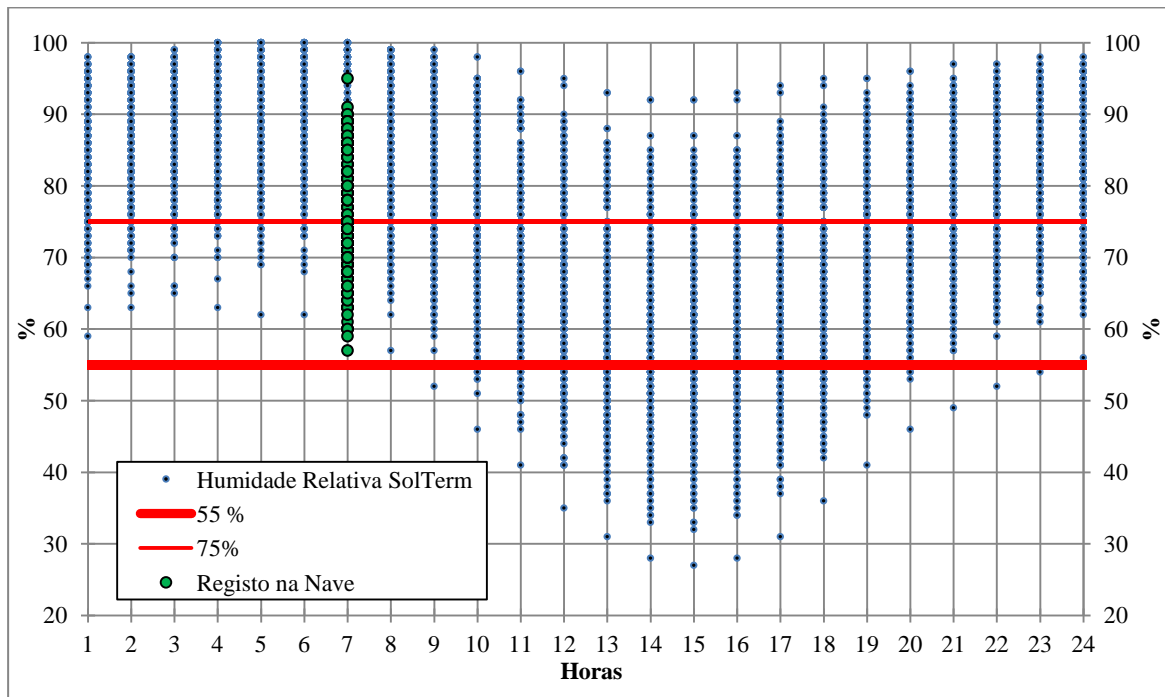
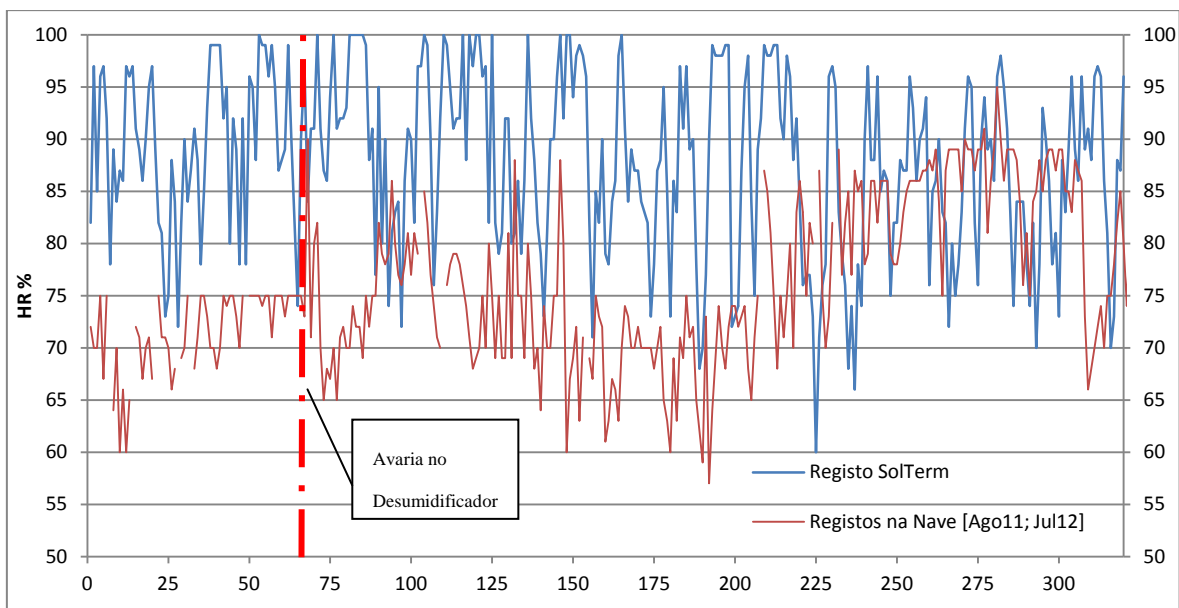


Figura 23 – Distribuição da gama de valores de humidade relativa do ar (às 07:00) da base de dados do SolTerm ao longo de 24 horas no exterior (a azul) e no interior da nave (a verde)

Tabela 13– Comparação das humidades relativas entre a base de dados do SolTerm e os registos dentro da nave às 07:00 de um dia do ano.

Humidade Relativa (%)			
Registo	SolTerm	Registos na Nave	$\Delta$
	07:00	07:00	
Mínimo	60	57	3%
Máximo	100	95	5%

De modo a compreender melhor esta aproximação dos valores de humidade no interior da nave com as do exterior, pode-se observar na Figura 24 uma análise anual.



**Figura 24 – Distribuição da gama de valores de humidade relativa do ar (às 07:00) da base de dados do SolTerm ao longo de 1 ano no exterior (a azul) e no interior da nave (a vermelho). Realce-se a avaria do desumidificador.**

**Pela Figura 24 é visível (pelo risco a tracejado a vermelho) a consequência da avaria no desumidificador da unidade de tratamento do ar (UTA2), ocorrendo uma perda do controlo na humidade relativa no interior da nave.**

**Segundo a Diretiva CNQ 23/93 as temperaturas de referência do ar são entre os 22 a 24°C e os valores obtidos para os balneários e zonas de serviço foram de 23°C e 24°C, respetivamente.**

### **4.3. Aquecimento da Água dos Tanques**

O aquecimento da água dos tanques é efetuado por dois permutadores de calor de circuito fechado. O permutador utilizado para o TG é do tipo de placas da marca Framar, modelo 1257 e para o TP é também da marca Framar.

Relativamente às temperaturas dos tanques e de acordo com os registos diários, as temperaturas do TG e o TP encontram-se em média a 29,8°C e 31,4°C, respetivamente.

**Estes valores são superiores aos valores de referência propostos pela Diretiva CNQ 23/93, que sugere a temperatura de 24 a 26°C para tanques desportivos e 28 a 30°C para tanques de infantis ou chapinheiro.**

A potência do permutador de calor é calculado com base no aquecimento de toda a água (tanques de natação e compensação) no arranque é dada pela expressão:

$$P_{PC} = 1,16 \times \frac{V_P}{T} \times (\theta_p - \theta_o) \quad (10)$$

Em que:

$V_p$  - soma dos volumes de água da bacia e do tanque de compensação, m<sup>3</sup>.

T - período de tempo de aquecimento, considera-se 48 horas

$\theta_o$ - temperatura da água fresca de entrada, com um valor de 18°C

$\theta_p$ - temperatura de água do tanque da piscina, °C.

Tanque Grande	Tanque Pequeno
$P_{PC} = 1,16 \times \frac{375,87}{48} \times (29,8 - 18)$	$P_{PC} = 1,16 \times \frac{62,76}{48} \times (31,3 - 18)$
$P_{PC} = 107,2 \text{ kW}$	$P_{PC} = 20,2 \text{ kW}$

A potência dos permutadores para aquecer todas as águas dos tanques grande e tanque pequeno, num período de previsto de aquecimento de 48 horas, é de 107,2 e 20,2 kW respetivamente.

#### **4.4. Aquecimento da Água Quente Sanitária (AQS)**

É utilizado um permutador do tipo de placas da marca Framar modelo PI/041/019/316/PI para pré-aquecer a água quente sanitária (AQS) com ajuda do circuito de água proveniente

das caldeiras. O aquecimento e acumulação final desta água são efetuados por um termoacumulador da marca SICC, modelo ACCUMULATORE D'AQUA CALDA, com a capacidade de 2000 L e temperatura máxima de 99°C. A água aquecida fica aproximadamente igual a 48°C para o utente a utilizar.

Embora a temperatura da água quente sanitária apresente um valor de aproximadamente 48°C à saída do termoacumulador, a temperatura registada nos balneários a partir do termómetro analógico incorporado nas tubagens dos chuveiros foi de 38°C. **Este valor satisfaz a alínea 2, do capítulo 10, da diretiva CNQ 23/93, que refere que esta deve estar num intervalo entre os 38 a 40°C.**

Para o cálculo da potência,  $P_{AB}$  (kW), necessária para aquecer a água dos banhos (AQS) de chuveiro. O número médio de utentes que aferem às instalações da piscina mensalmente é de 4431 banhistas, representado por uma média diária de 148 banhistas e 15 banhos por hora, com um consumo de água, à temperatura de 38 °C, de 30 litros por banhista.

$$P_{AB} = \left( \frac{15 \times 14 \times 10^{-3} \times 10^3}{3600 \times 1} \right) \times 4,18 \times (38 - 18)$$

$$P_{AB} = 4,88 \text{ kW}$$

A potência necessária para AQS da piscina traduz-se em 4,88 kW.

## 4.5. Perdas Energéticas

Apresenta-se em seguida as perdas energéticas que estão associadas ao estudo, tendo por base o que Beleza e seus colaboradores [7] referem.

### 4.5.1. Perdas por Renovação da Água dos Tanques

A água renovada dever ser aquecida para a temperatura ideal da água que se encontra no interior do tanque da piscina, pelo que se torna necessário calcular os custos energéticos

associados. De acordo com o dados recolhidos, o cálculo da potência necessária para aquecer a água de compensação,  $P_p$  (kW), é dada pela seguinte fórmula:

$$P_p = M_p \times C_{PL} \times (\theta_p - \theta_o) \quad (11)$$

Em que,

$M_p$  - caudal mássico de água de compensação, kg/s;

$\theta_o$  - temperatura da água de compensação, °C;

$\theta_p$  - temperatura fixa para a água da piscina, °C;

$C_{PL}$  - calor específico da água, kJ/(kg.°C).

Considera-se para o calor específico da água o valor de  $C_{PL} = 4,18$  kJ/(kg.°C).

$$M_p = Q_p \times \rho_L \quad (12)$$

Em que,

$Q_p$  - volume diário consumido para água de compensação, m<sup>3</sup>/dia;

$\rho_L$  - massa volúmica da água, 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Substituindo na equação 12 para ambos os tanques tem-se:

Tanque Grande	Tanque Pequeno
$M_p = Q_p \times \rho_L$	$M_p = Q_p \times \rho_L$
$M_p = 17 \times 1000$	$M_p = 9 \times 1000$
$M_p = 17000$ kg/dia	$M_p = 9000$ kg/dia
$M_p = \frac{17000}{24 \times 3600} = 0,197$ kg/s	$M_p = \frac{9000}{24 \times 3600} = 0,104$ kg/s

Substituindo os valores na equação 11 tem-se:



Tanque Grande

Tanque Pequeno

$$Pp = 0,197 \times 4,18 \times (29,9 - 18) \quad Pp = 0,104 \times 4,18 \times (31,2 - 18)$$

$$Pp = 9,705 \text{ kW}$$

$$Pp = 5,791 \text{ kW}$$

Deste modo o consumo energético calculado nas perdas caloríficas por renovação da água foi de 15,49 kW.

#### 4.5.2. Perdas Caloríficas por Radiação na Superfície da Água dos Tanques

O plano de água da piscina transmite calor ou recebe calor por radiação para ou da superfície do teto. A potência necessária para compensar as perdas por radiação,  $P_R$  (kW), pode ser calculada pela seguinte equação:

$$P_R = S_p \cdot \sigma m \cdot [(273 + \theta_p)^4 - (273 + \theta_t)^4] \times 10^{-3} \quad (13)$$

Com,

$$\sigma m = \sigma \left( \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_t} - 1} \right) = 4,93 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \quad (14)$$

Em que:

$\varepsilon_p$  e  $\varepsilon_t$  - coeficientes de absorção das superfícies do plano de água e do teto da nave e assume-se terem ambos valores de 0,93;

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$ , constante de Stefan-Boltzmann;

$\theta_t$  - temperatura da superfície do teto, °C;

$S_p$  - área do plano de água,  $\text{m}^2$ .

Para o cálculo de  $P_R$  é ainda necessário determinar a temperatura da superfície do teto ( $\theta_t$ ) e para tal admite-se que o fluxo de calor na camada de ar junto à superfície do teto é igual ao fluxo de calor através da cobertura. Sendo assim tem-se:

$$k_t(\theta_t - \theta_a) = h_i(\theta_n - \theta_t) \quad (15)$$

Sendo,

$k_t$  - coeficiente de condução de calor através da cobertura, que se admite ter o valor de  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;

$\theta_n$  - temperatura do ar da nave da piscina, que tem o valor de  $26^\circ\text{C}$ ;

$\theta_a$  - temperatura da face exterior da cobertura, aproximadamente igual à temperatura do ar exterior, que admitimos ser  $15^\circ\text{C}$  (temperatura média anual da cidade);

$h_i$  - coeficiente de convecção na camada de ar da nave junto à superfície do teto, que admitimos ter o valor de  $4,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Assim, substituindo os valores na expressão 15 tem-se:

$$\theta_t = \frac{1 \times 15 + 4 \times 24,8}{1 + 4}$$

$$\theta_t = 22,84 \text{ }^\circ\text{C}$$

Deste modo, substituindo os valores obtidos na equação 13 obtém-se:

Tanque Grande	Tanque Pequeno
$P_R = 275 \times 4,93 \times 10^{-8}[(273 + 29,9)^4 - (273 + 23,8)^4] \times 10^{-3}$	$P_R = 60 \times 4,93 \times 10^{-8}[(273 + 31,2)^4 - (273 + 23,8)^4] \times 10^{-3}$
$P_R = 10,12 \text{ kW}$	$P_R = 2,70 \text{ kW}$

### 4.5.3. Perdas Caloríficas por Evaporação da Água

De modo a determinar a quantidade de água evaporada,  $m_E$ , kg/s, aplicou-se a seguinte equação:

$$m_E = (0,0070 + 0,0053 \cdot v) \cdot Sp \cdot (Y_p - Y_n) \cdot F_A \quad (16)$$

Em que:

$v$  - velocidade de ar junto do plano de água em m/s;

$Y_p$  e  $Y_n$  - humidade absolutas do ar saturado à temperatura da água do tanque e do ar da nave;

$F_A$  - fator que depende da frequência de banhistas e do tipo de piscina e que assumirá um valor de 1,06 valor, este usado para a maioria das piscinas de uso público.

A quantidade de água evaporada corresponde à potência,  $P_E$ , e dada pela seguinte expressão:

$$P_E = m_E \cdot \lambda \quad (17)$$

Sendo que  $\lambda$  corresponde ao calor latente de vaporização, kJ/kg, consideram-se os valores de 24363682,4 J/kg e 2434414,7 J/kg, respetivamente, para o tanque grande e pequeno.

Assim os dados da piscina são os seguintes:

Tanque Grande	Tanque Pequeno
$v = 0,1$ m/s;	$v = 0,1$ m/s;
$S_p = 275,0$ m <sup>2</sup> ;	$S_p = 60,0$ m <sup>2</sup> ;
$F_A = 1,06$ ;	$F_A = 1,06$ ;
Temperatura da água = 29,8°C;	Temperatura da água = 31,4°C;
Temperatura ar da nave = 24,8°C;	Temperatura ar da nave = 24,8°C;
Humidade relativa ar da nave = 76%;	Humidade relativa ar da nave = 76%;
$Y_p = 0,0273$ kg <sub>água</sub> /kg <sub>ar</sub> ;	$Y_p = 0,0299$ kg <sub>água</sub> /kg <sub>ar</sub> ;
$Y_n = 0,0152$ kg <sub>H<sub>2</sub>O</sub> /kg <sub>ar</sub> ;	$Y_n = 0,0152$ kg <sub>água</sub> /kg <sub>ar</sub> ;
$\lambda = 2436382,4$ J/kg;	$\lambda = 2434414,7$ J/kg;

Recorrendo à carta psicrométrica obtiveram-se os valores de  $Y_p$  e  $Y_n$  que substituídos na equação 16 resultam em:

Tanque Grande	Tanque Pequeno
$m_E = (0,0070 + 0,0053 \times 0,1) \times 275$ $\times (0,0273 - 0,0152)$ $\times 1,06$ $m_E = 0,0266 \text{ kg/s}$	$m_E = (0,0070 + 0,0053 \times 0,1) \times 60$ $\times (0,0299 - 0,0152)$ $\times 1,06$ $m_E = 0,007 \text{ kg/s}$

Substituindo os valores anteriores na equação 17 obtém-se:

Tanque Grande	Tanque Pequeno
$P_E = 0,0266 \times 2436382,4$ $P_E = 64708,95 \text{ W}$ $P_E = 64,71 \text{ kW}$	$P_E = 0,0034 \times 2434414,7$ $P_E = 17138,15 \text{ W}$ $P_E = 17,14 \text{ kW}$

Verifica-se que as perdas caloríficas por evaporação correspondem a cerca de 81,85 kW, representando uma parte importante nos consumos energéticos.

#### 4.5.4. Perdas ou Ganhos de Calor por Convecção

Para calcular a potência equivalente às perdas ou ganhos de calor por convecção utiliza-se a seguinte fórmula:

$$P_c = S_p \cdot K_c \cdot (\theta_p - \theta_n) \quad (18)$$

Deste modo,  $P_c$  (kW) refere-se à potência calorífica perdida. O ar da nave pode ceder calor à água do tanque, se  $\theta_n > \theta_p$ , ou ganha no caso contrário.

Para os tanques da piscina há que referir os seguintes dados:

Tanque Grande	Tanque Pequeno
---------------	----------------

$$S_p=275 \text{ m}^2;$$

$$S_p=60 \text{ m}^2;$$

$K_c$  - coeficiente médio de transferência de calor assumido de  $6,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$\theta_n$  - temperatura do ar da nave de  $24,8^\circ\text{C}$ ;

$\theta_p$  - Temperatura da água =  $29,8^\circ\text{C}$ ;

$\theta_p$  - Temperatura da água =  $31,4^\circ\text{C}$ ;

Substituindo os valores na expressão 18 obtém-se:

Tanque Grande

$$P_c = 275 \times 6,0 \times (29,8 - 24,8)$$

$$P_c = 8250 \text{ W}$$

$$P_c = 8,25 \text{ kW}$$

Tanque Pequeno

$$P_c = 60 \times 6,0 \times (31,4 - 24,8)$$

$$P_c = 2340 \text{ W}$$

$$P_c = 2,34 \text{ kW}$$

Como a temperatura do ar da nave registada apresenta quase sempre uma temperatura mais baixa, relativamente à temperatura da água de ambos os tanques, então conclui-se que há perdas de calor por convecção com o valor de  $10,59 \text{ kW}$ .

#### 4.5.5. Perdas e Ganhos totais de Calor

Para calcularmos o total de perdas e ganhos de calor,  $P_t$  em kW, e desprezando as perdas através das paredes da bacia, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$P_t = P_p + P_R + P_E + P_c \quad (19)$$

Tanque Grande

$$P_t = 9,71 + 10,12 + 64,71 + 8,25$$

$$P_t = 92,78 \text{ kW}$$

Tanque Pequeno

$$P_t = 5,79 + 2,70 + 17,14 + 2,34$$

$$P_t = 27,97 \text{ kW}$$

Como se pode observar através da análise da Tabela 14 o total de perdas/ganhos de calor na água dos tanques no nosso estudo corresponde a 120,76 kW. Sendo o consumo de perdas renovação de água cerca de 12,82 %, por convecção cerca de 8,77 % e radiação com cerca de 10,62 %. As perdas por evaporação correspondem à maior fatia correspondendo a cerca de 67,78 % do consumo total.

**Tabela 14 -Resumo do total de perdas calorificas.**

Processo	Tanque Grande	Tanque Pequeno	Total	%
	kW	kW	kW	
Renovação da água	9,705	5,791	15,496	12,82
Radiação	10,119	2,704	12,823	10,62
Convecção	8,25	2,34	10,590	8,77
Evaporação	64,71	17,14	81,847	67,78
<b>Total</b>	<b>92,783</b>	<b>27,973</b>	<b>120,756</b>	<b>100,00</b>

#### 4.6. Consumo de Eletricidade

Neste ponto são calculados os consumos relativos à eletricidade na Piscina e para o seu cálculo, E, utiliza-se a equação:

$$E = \sum_i^n P_i \cdot \Delta t \quad (20)$$

Em que:

E - energia consumida total, kWh;

n - número de dispositivos;

$P_i$  - potência dos dispositivos, kW;

t - unidade de tempo, h.

#### 4.6.1. Iluminação

A partir do registo no local de todas as fontes de iluminação artificial e das múltiplas conversas com os trabalhadores foi possível traçar uma estimativa do tempo de utilização e na Tabela 14 tem-se o consumo energético por espaço.

Por exemplo o cais possui 10 projetores de iluminação de 300 W cada, 11 candeeiros de lâmpada fluorescente com 1,2 m de comprimento e 36 W de potência. Os projetores têm um consumo elétrico médio diário de 2,5 horas e as lâmpadas apenas 2 horas. Outro exemplo é a zona dos serviços técnicos que possui 47 lâmpadas de 36 W cada, com um consumo médio diário de 3 horas, 16 lâmpadas de 18W cada, com um consumo médio diário de 3 horas, fornecendo assim a visibilidade necessária ao desenvolvimento das atividades neste espaço (ver Tabela 15).

**Tabela 15 - Identificação das lâmpadas e consumos elétricos diários na Piscina.**

Localização	Designação da lâmpada	n	P(kW)	t(h)	E(kWh)
Nave	1,2m 36W	11	0,036	2,5	0,990
	300W	10	0,3	2	6,000
Casa das Máquinas (1)	1,2m 36W	6	0,036	1	0,216
Casa das Máquinas (2)	1,2m 36W	6	0,036	1	0,216
Nadador Salvador	1,2m 36W	2	0,036	3	0,216
	0,6m 18W	1	0,018	1	0,018
Sala dos Professores	1,2m 36W	2	0,036	3	0,216
Balneário Masculino	1,2m 36W	17	0,036	3	1,836
Balneário Feminino	1,2m 36W	14	0,036	3	1,512
	0,6m 18W	11	0,018	3	0,594
Bar	1,2m 36W	6	0,036	4	0,864
Recepção	1,2m 36W	4	0,036	5	0,720
WC dos Colaboradores	0,6m 18W	4	0,018	1	0,072
Corredor	1,2m 36W	3	0,036	3	0,324
Entrada	1,2m 36W	4	0,036	4	0,576
Total					14,370

Os balneários e vestiários conseguem ter um fator médio de luz diurna de 2% relativamente às áreas construídas, e estão de acordo com a Diretiva CNQ 23/93.

No entanto a instalação não está de acordo com a recomendação do ponto 11.3 da Diretiva CNQ 23/93, pois não dispõe de iluminação natural na proporção mínima de 50% das áreas do plano de água. Verifica-se que aproximadamente 50% dos envidraçados possuem uma película fosca que reduz a intensidade da iluminação natural.

#### 4.6.2. Bombas de Circulação de Água

Para a movimentação dos fluidos são utilizadas bombas, tendo estas uma componente energética significativa ao nível do consumo de eletricidade, como se verifica na Tabela 16, pois o valor diário é de 137,09 kWh.

Tabela 16 - Consumo diário de eletricidade nas bombas.

Localização	Designação	n	P(kW)	t(h)	E(kWh)
Casa das Máquinas (1)	Eletrobomba 03.PM.COVA.18.01.00.00	1	0,165	24	3,960
	Eletrobomba 03.PM.COVA.18.02.00.00	1	0,189	24	4,536
	Eletrobomba 03.PM.COVA.18.03.00.00	1	0,088	24	2,112
	Eletrobomba 03.PM.COVA.18.04.00.00	1	0,185	24	4,440
	Eletrobomba 03.PM.COVA.18.05.00.00	1	0,190	24	4,560
	Eletrobomba 03.PM.COVA.18.06.00.00	1	0,095	24	2,280
	Eletrobomba 03.PM.COVA.18.07.00.00	1	0,06	24	1,440
	Eletrobomba 03.PM.COVA.18.08.00.00	1	0,24	24	5,760
Casa das Máquinas (2)	Bomba N°1 da Piscina Grande	1	3	24	72,000
	Bomba N°3 da Piscina Pequena	1	1,5	24	36,000
Total					137,088

#### 4.6.3. Unidades de Climatização

A piscina dispõe da UTA 2 para tratamento e aquecimento do ar, estando dimensionada para a piscina com uma potência elétrica de 22 kW. Esta unidade com capacidade para realizar a desumidificação deveria estar programada para funcionar sempre que a



humidade estivesse acima do “set point”. No entanto devido a uma avaria apenas insufla ar seco com controlo manual (no horário de não utilização da piscina esta funciona a 50% da sua capacidade, no horário de funcionamento funciona geralmente a 100%), não garantindo a desumidificação da nave (ver Tabela 17).

A piscina possui outras unidades de tratamento de ar, com a designação de UTA1, preparadas para insuflar 100% de ar novo, com a potência de 0,552 e 0,368 kW, respetivamente.

**Tabela 17 - Consumo diário das unidades de tratamento de ar**

Localização	Designação	n	P(kW)	t(h)	E(kWh)
Casa das Máquinas (1)	UTA 2 (50% à noite ou quando não está a 100%)	1	11	17	187,000
	UTA 2 (100%)	1	22	7	154,000
Cobertura externa	UTA 1 (100%)	1	0,552	24	13,239
	UTA 1 (100%)	1	0,368	24	8,826
Total					363,065

#### 4.6.4. Outros Equipamentos

Foram registados outros dispositivos consumidores de energia elétrica na piscina, tais como: computadores, ventoinhas de convecção forçada, secadores, impressora, amplificador, mesa de mistura, aparelho de CDs, arcas frigoríficas e máquinas de café (ver Tabela 18).

**Tabela 18 - Consumo diário de outros equipamentos.**

Localização	Designação	n	P(kW)	t(h)	E(kWh)
Nadador Salvador	Ventoinha	1	0,045	9	0,405
Sala dos Professores	Ventoinha	1	0,045	3	0,135
	Computador	1	0,120	5	0,000
	Amplificador	1	0,500	2	1,000
	Mesa de Mistura	1	0,050	3	0,150
	Aparelho de CDs	1	0,015	2	0,030

<b>Bar</b>	Arca frigorífica	2	0,130	24	6,240
	Máquina de café	1	1,000	6	6,000
	Computador	1	0,120	6	0,720
<b>Recepção</b>	Computador	4	0,120	6	3,840
	Ventoinha	1	0,045	9	0,360
	Impressora	1	0,080	2	0,160
<b>WC dos Colaboradores</b>	Secadores	2	0,110	1	0,220
				<b>Total</b>	<b>20,910</b>

#### 4.6.5. Consumo Total em Eletricidade

Os cálculos efetuados anteriormente tornam-se relevantes uma vez que a instalação de eletricidade da piscina abrange todos os equipamentos mencionados, não havendo deste modo separação dos valores de eletricidade entre a piscina e os restantes componentes.

Como se verifica na Tabela 19 o total de consumo na eletricidade é de 535,433 kWh, sendo que as unidades de climatização representam cerca de 67,81% da energia elétrica consumida e as bombas circuladoras correspondem a cerca de 25,60%.

**Tabela 19 - Resumo do consumo total diário em eletricidade.**

<b>Designação</b>	<b>E(kWh)</b>	<b>%</b>
<b>Iluminação</b>	14,370	2,68
<b>Bombas Circuladoras</b>	137,088	25,60
<b>Unidades de Climatização</b>	363,065	67,81
<b>Outros Equipamentos</b>	20,910	3,91
<b>Total</b>	<b>535,433</b>	<b>100,00</b>

## 4.7. Propostas de Melhorias Energéticas

Nesta fase são apresentadas algumas propostas que possuem um potencial contributo para a melhoria do desempenho energético.

### 4.7.1. Proposta para Colocação e/ou Renovação de Isolamentos Térmicos

Durante as visitas às instalações da piscina verificou-se que na divisão onde se encontram as caldeiras em funcionamento, as tubagens de distribuição da água aquecida apresentavam uma degradação do seu isolamento ou mesmo a inexistência deste (ver Figuras 25 e 26), criando perdas térmicas e deficiência no aquecimento.

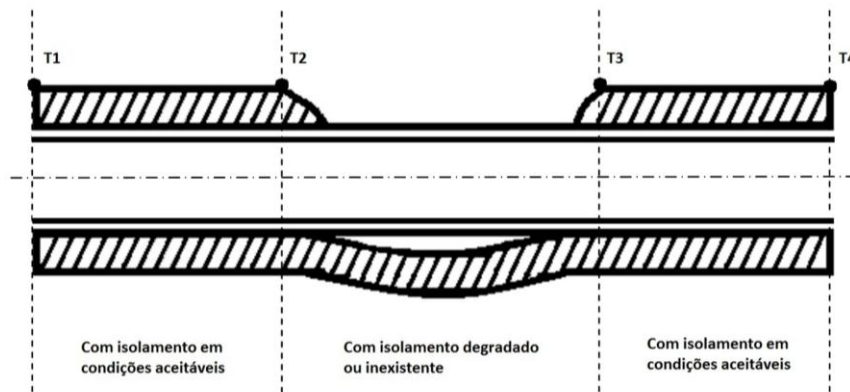


Figura 25 - Esquema simplificado da degradação ou inexistência do isolamento na tubagem.

A transferência de calor ao longo da tubagem é representada pela seguinte equação:

$$q = \frac{\Delta T}{R_{TOTAL}} \quad (21)$$

Em que:

$\Delta T$  - diferença de temperaturas entre ambiente exterior e fluido no interior da tubagem, °C

$R_{Total}$  - somatório das resistências por convecção e condução, (°C)/W

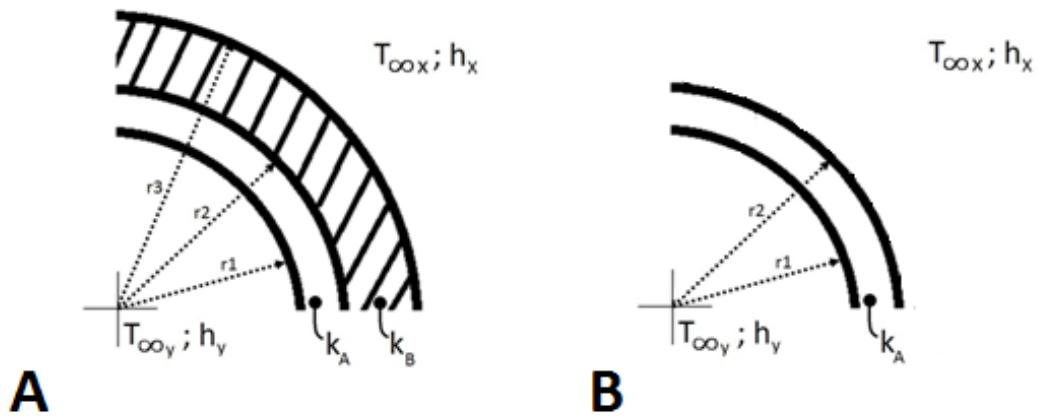


Figura 26 - Esquema representativo da (A) tubagem com isolamento, (B) tubagem sem isolamento.

Sendo que,  $R_{Total}$ , é definida pela seguinte equação:

Com Isolamento

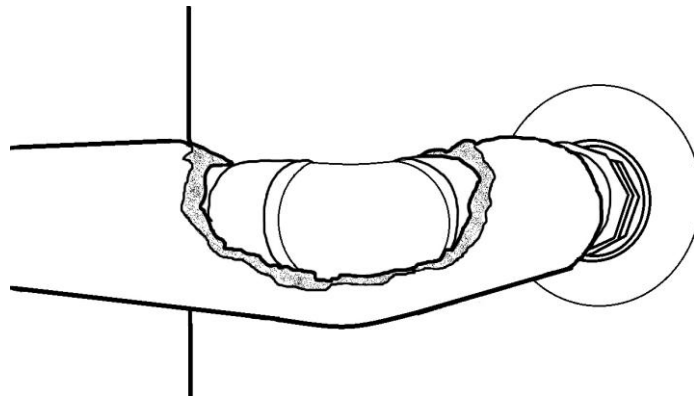
$$R_{TOTAL(A)} = \frac{1}{2 \times \pi \times r_1 \times h_y \times l} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \times \pi \times k_A \times l} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2 \times \pi \times k_B \times l} + \frac{1}{2 \times \pi \times r_3 \times h_x \times l} \quad (22)$$

Sem Isolamento

$$R_{TOTAL(B)} = \frac{1}{2 \times \pi \times r_1 \times h_y \times l} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \times \pi \times k_A \times l} + \frac{1}{2 \times \pi \times r_2 \times h_x \times l} \quad (23)$$

Admitindo que todas as variáveis mantém os mesmos valores, verifica-se que na equação  $R_{TOTAL(B)}$  a ausência da resistência do isolamento nas tubagens irá fazer com que a transferência de calor seja maior, uma vez que esta é inversamente proporcional ao somatório das resistências.

Em complemento ao que foi verificado, foi feito um registo de temperaturas de uma das curvas de 90° (Figura 27) numa tubagem na sala das caldeiras, que apresentava ausência de isolamento.



**Figura 27 - Esquema representativo de uma curva de 90° sem isolamento.**

Inicialmente as perdas térmicas nas tubagens com isolamento danificado ou inexistente, foram feitas com o recurso a uma câmara termográfica que permitia a aquisição de imagem por fotografia ou vídeo, contudo esta (RIDGID, modelo Ridgid Microray IR-100 Infrared Thermometer) apresentava custos e nem sempre estava disponível. Para o efeito de registar o local de medição e a variação de temperatura e posteriormente obter uma imagem termográfica, foi construído um suporte para a câmara de um telemóvel como é possível ver na Figura 28 (à esquerda).



**Figura 28 - Criação de um suporte para usar a câmara do telemóvel mais o equipamento de medição térmica.**

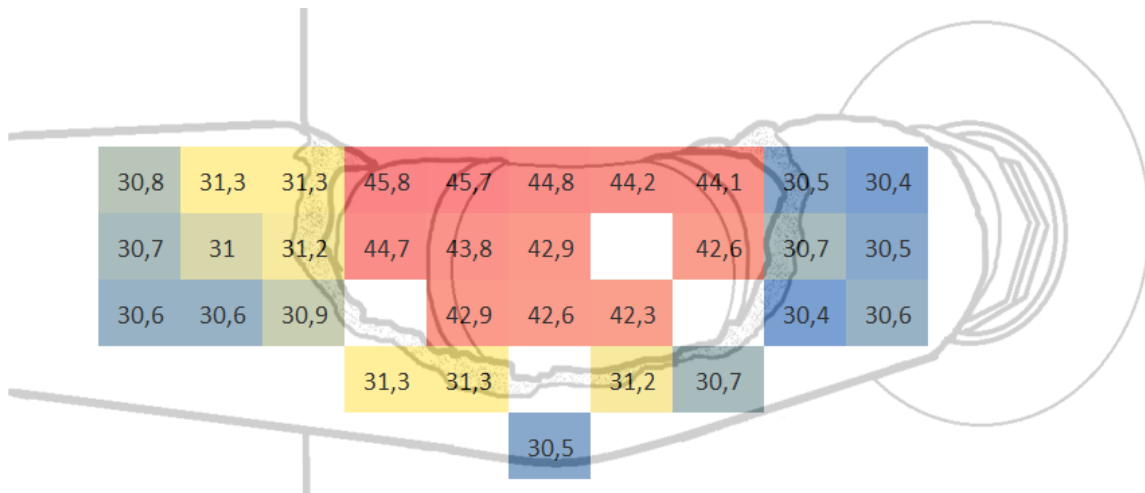
Esta aplicação implicava as seguintes etapas:

- Selecionar o valor da emissividade em tabela fornecido pela marca RIDGID;
- Iniciar a gravação com a câmara do telemóvel;
- Carregar no botão de registo instantâneo do equipamento Ridgid Microray IR-100 Infrared Thermometer;
- Percorrer a área de análise pelo tempo necessário;
- Terminar a gravação;
- Tirar uma foto à área analisada;

Agora em computador ocorreriam as seguintes etapas:

- Guardar o vídeo e a fotografia da área analisada no computador;
- Copiar a fotografia para a folha de cálculo da aplicação Microsoft Office Excel;
- Abrir o vídeo com um programa para o efeito (como o Windows Media Player);
- Registrar nas células da folha de cálculo o valor da temperatura que se encontra registado em vídeo;
- Quando terminar o registo aplicar às células a Formatação Condicionada, “Escala de Cores” que mais desejar.

Contudo, apesar da solução, a necessidade de trocar o valor da emissividade para diferentes materiais tornava o processo demorado e sujeito a erros de registo. Pelo que foi substituído por um medidor local de temperaturas da marca OMEGAETTE, modelo HH306 *Data Logger* THERMOMETER, que possui a capacidade de efetuar dois registos em simultâneo. O resultado da aplicação é mostrado na Figura 29.



**Figura 29 - Esquema representativo de uma curva de 90° de uma tubagem sem isolamento e com distribuição térmica.**

Desta análise térmica resulta uma recomendação da renovação urgente do isolamento nas áreas de tubagens afetadas e acessórios complementares. Foi pedida uma proposta e a empresa Armaflex respondeu e disponibilizou um manual de instalação ilustrativo com técnicas que permitem realizar o correto isolamento das tubagens, uniões, condutas, depósitos e superfícies planas.

#### **4.7.2. Proposta para Instalação de uma Cobertura Isotérmica**

A piscina gasta muita energia para compensar as perdas por evaporação da água, que pelo estudo realizado se verificou valores na ordem dos 67,78%. Além disso, a evaporação da água dos tanques de natação contribui, no caso das piscinas cobertas, também para a humidade do ar obrigando à sua permanente desumidificação.

Beleza e os seus colaboradores [7] realçam que a aplicação de uma cobertura nos tanques de natação reduz a evaporação de água e diminui o transporte de substâncias voláteis da água para o ar. Salientam ainda que os custos energéticos do aquecimento da água podem ser reduzidos até cerca de 70%, dependendo das condições climáticas, da frequência da piscina e do horário praticado.

Numa piscina coberta a economia não corresponde apenas à energia despendida com a evaporação, mas também a energia poupada no equipamento de desumidificação e aquecimento que pode ser deligado durante o período em que se coloca a cobertura.

Assumindo como pressupostos as indicações por esta equipa de investigação, para um período de inatividade da piscina de 8 horas ter-se-ia os seguintes resultados relativamente à energia poupada, observados na Tabela 20, se a cobertura fosse aplicada em ambos os tanques de natação.

**Tabela 20 – Energia poupada com a aplicação de uma cobertura sobre o plano de água em 8 horas por dia.**

Período de inatividade da piscina com cobertura	8	h
Perdas caloríficas por evaporação evitadas	81,85	kW
Potência eléctrica de funcionamento da UTA2 a 100%	22,00	kW
Potência eléctrica de funcionamento da UTA2 a 50%	11,00	kW
Energia poupada na ausência de evaporação	654,8	kWh
Energia poupada na ausência de 98% de evaporação (Indicações de equipamento de empresa)	641,7	kWh
Energia poupada com a UTA2 não estando ligada a 100%	176,00	kWh
Energia poupada com a UTA2 não estando ligada a 50%	88,00	kWh

#### **4.7.3. Análise Financeira**

##### **Pressupostos assumidos na análise financeira:**

- Período de estudo e de pagamento do empréstimo bancário de 5 anos.
- O investimento inicial (CI) para uma cobertura do tipo de colocação manual com o valor de 6591,32 € (anexo B), amortizado de acordo com o método de quotas constantes.
- Taxa de inflação de 3,3%, taxa de IRC de 25% acrescida da taxa de derrama de 1,5% que perfaz 26,5%, pagamento dos juros e impostos feito no próprio ano do vencimento dos mesmos.



- Investimento: 60% de capital próprio e 40% de capital alheio, mantendo-se estável ao longo do tempo.
- Taxa atual de juro de referência da zona euro + spreads médios para empréstimos bancários (Euribor a doze meses de 0,652% + spread de 4%), obtém-se um valor de 4,652%.
- A remuneração do capital próprio decorre da aplicação do modelo de CAPM (Capital Asset Price Model).

Considera-se o cálculo do custo médio ponderado do capital (WACC- Weighted Average Cost of Capital), que decorre da ponderação do custo de financiamento por capitais próprios e capitais alheios, utilizando a seguinte expressão (24):

$$WACC = E/K \cdot a + D/K \cdot b \cdot (1 - tc) \quad (24)$$

Em que:

$$E + D = K$$

E - Capital próprio

D - Capital alheio

a - taxa de remun. Cap. próprio

b- taxa de remun. Cap. alheio

tc- taxa de imposto s/ lucros

Para análise do WACC, tem-se que considerar um conjunto de parâmetros de seguida enunciados:

- Considera-se uma taxa isenta de risco ( $R_f$ ) de 2,42%, para obrigações do tesouro alemão a trinta anos.
- O valor de beta alavancado,  $\beta_u$ , de 1,06, teve como referência o sector em questão.
- O valor do prémio de risco, dado pela diferença entre a taxa de risco de mercado e a taxa isenta de risco, é de:

$$R_m - R_f = 5,4\%$$

Deste modo, conseguimos obter o custo do capital próprio ( $K_s$ ):

$$K_s = R_f + \beta_u (R_m - R_f) = 8,14\%$$

Partindo deste conjunto de valores, e através da fórmula (24) obtém-se um WACC de 5,31%.

De acordo com as taxas praticadas pela EDP, o preço unitário por kWh da energia elétrica é de 0,0777 € para uma tarifa trifásica especificamente para as horas de vazio (das 22h às 08h) para o primeiro ano (considerado em análise). A partir do segundo ano considera-se, por uma questão de prudência e tornando a análise mais realista, que o preço unitário por kWh tem uma taxa de absorção da inflação de 100%.

### **Dados financeiros associados à aquisição e manutenção da cobertura.**

Para determinação dos custos de manutenção diária da cobertura foi assumido 22 dias de trabalho mensais para 40 horas semanais durante 11 meses, perfazendo um total de 9680 horas. Assumindo um salário bruto de um funcionário igual a 1200 € bem como o total de 14 vencimentos anuais e uma taxa por excesso de 30% a ser paga à segurança social, foi feito o seguinte cálculo para encontrar o valor salarial por hora:

$$\text{Valor Salarial por Hora} = \frac{1200 \times 1,3 \times 14}{9680} = 2,25 \text{ €/hora}$$

Admitindo que é necessário uma hora diária para retirar e colocar a cobertura, é calculado o valor anual a ser pago a dois funcionários durante 11 meses.

$$\text{Valor de manutenção anual} = 2,25 \times (11 \times 22) \times 2 = 1089 \text{ €/Ano}$$

A partir do ano 1 é considerado o efeito da inflação com uma atualização correspondente, e uma taxa de absorção de 100%. É considerado ainda um seguro anual de 7 % (461,39€) sobre o valor total do investimento. Foram também assumidos os valores de poupança energética da energia elétrica, durante uma média de oito horas de inatividade.

De modo a verificar a viabilidade da aplicação da cobertura foram considerados o Valor Atualizado Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) e o Pay-Back, como critérios de avaliação. O VAL, tendo como base o parâmetro WACC, permite avaliar o investimento através da comparação dos fluxos financeiros (Free Cash Flow – FCF) com a taxa de atualização desses fluxos (WACC). A TIR é um indicador que mede a taxa de remuneração máxima que o investimento poderá proporcionar aos financiadores. O

PayBack é um critério que corresponde ao período de retorno (anos) do investimento aplicado.

Os valores obtidos segundo os três critérios utilizados encontram-se na Tabela 21.

**Tabela 21 – VAL, TIR e Pay-Back para as considerações assumidas.**

VAL, €	TIR, %	Pay-Back, anos
3515,98	22,77	3,17

Pela análise da Tabela verifica-se que o VAL regista um valor positivo, a TIR apresenta um valor de 22,77% e sendo superior ao WACC, o projeto é viável. Relativamente ao Pay-Back, o valor obtido é de 3,17 anos significando que investimento é recuperado em menos de 5 anos de prestações.



## 5. Caracterização da Qualidade do Ar Interior (QAI)

## 5.1. Auditoria e Amostragem

De acordo com o definido no n.º3 do artigo 12º do D.L. n.º 79/2006, o SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (D.L. n.º 78/2006, de 4 de Abril) estabelece a seguinte Nota Técnica com a metodologia de auditoria à QAI (NT-SCE-02), “*Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE*”. Esta nota refere uma gama de métodos de amostragem, sendo que o escolhido no presente estudo corresponde ao do anexo V - Método de Amostragem (Espacial e Temporal). No ponto 3 do anexo V é indicado que um número mínimo de pontos de medida (arredondando para a unidade) a considerar em cada zona deve ser calculado pela expressão seguinte:

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i} \quad (25)$$

em que:

$N_i$  - n.º de pontos de medida na zona  $i$  ( $N_i \geq 1$ );

$A_i$  - área da zona  $i$ , em  $m^2$ .

No caso do radão, os pontos de medida devem ser distribuídos pelos três pisos habitados de menor cota de acordo com a seguinte expressão (arredondamento à unidade):

$$N_j = \frac{A_j}{300 \times j} \quad (26)$$

em que:

$N_j$  - número mínimo de pontos de medida no piso de índice  $j$ ;

$A_j$  - área da zona  $j$ , em  $m^2$ ;

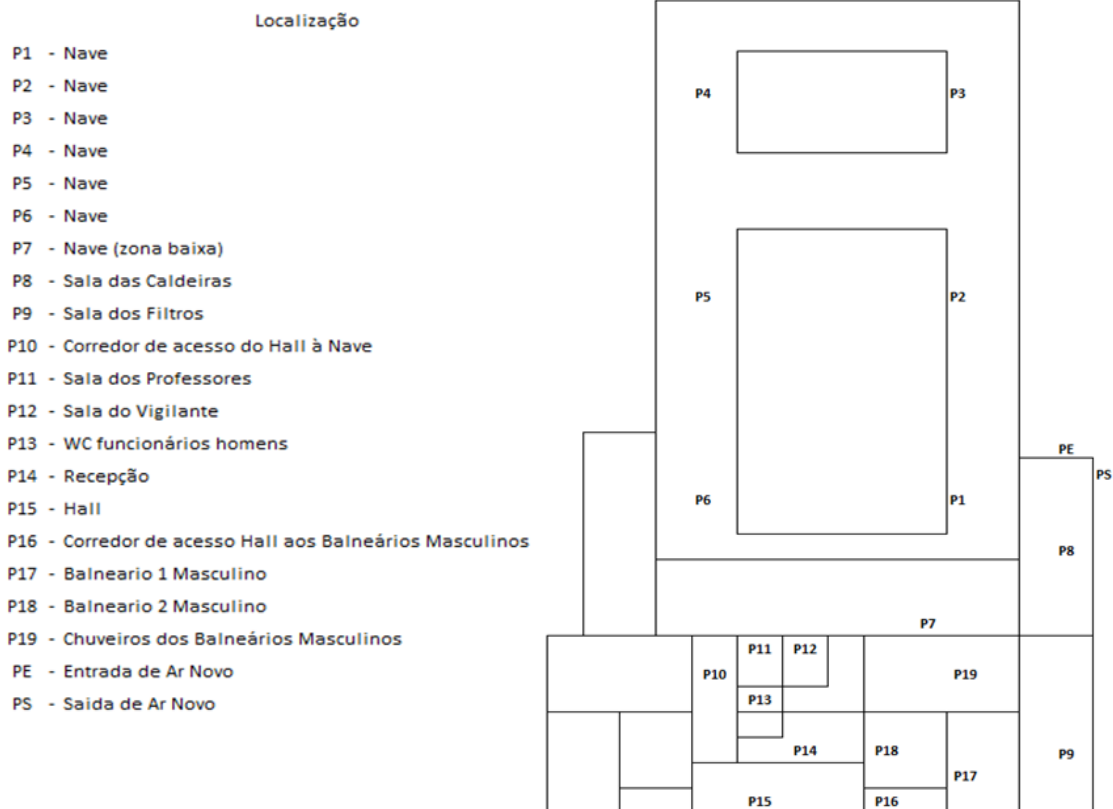
$j$  - índice de numeração do piso, desde o piso habitado de menor cota ( $j = 1$ ) até o máximo de  $j = 3$ .

Com base nas equações referidas atrás calcula-se o número mínimo de amostras por espaço/zona da piscina é apresentado na Tabela 22.

**Tabela 22 – Número mínimo de amostras por espaço de acordo com NT-SCE-02.**

Espaço	Área	NT-SCE-02	
	m <sup>2</sup>	Nº mínimo de amost.	Nº mínimo de amost. Radão
Sala dos professores	10,33	1	1
Corredor	19,49	1	1
Sala do vigilante	7,46	2	1
Sala da caldeira	47,10	1	1
Wc masculino	5,59	1	1
Wc feminino	5,59	1	1
Secretaria	17,07	1	1
Átrio	25,91	1	1
Corredor entre bal. masc.	7,72	1	1
Corredor entre bal fem.	7,72	1	1
Balneário 1 masc.	33,54	1	1
Balneário 2 masc.	22,01	1	1
Área dos chuveiros masc.	14,92	1	1
Balneário 1 fem.	33,54	1	1
Balneário 2 fem.	22,01	1	1
Área dos chuveiros fem.	14,92	1	1
Sala dos socorros	5,61	2	1
Sala dos filtros	47,10	3	1
Nave	825	5	3

Com o objetivo de analisar o maior número de espaços na piscina pode-se associar esses com os equipamentos para o efeito (Figura 30).



**Figura 30 - Esquema simplificado dos espaços para recolha das amostras.**

Os pontos de medida foram estabelecidos a mais de um metro das fontes de contaminação (fotocopiadoras, grelhas de insuflação, etc.). As medições foram realizadas à altura do nariz do homem, o que está de acordo com o ponto 5 do anexo V. O tempo de medição nos pontos de amostragem foi representativo do período de ocupação (embora não tenha sido no período de ocupação máximo), tendo em vista a verificação da conformidade das concentrações máximas.

No ponto 7 do anexo V recomenda-se, para cada registo de leitura, um período mínimo de 5 minutos para sistemas de medição portáteis, contudo as medições realizadas tiveram uma duração de 2 minutos em Maio e 10 minutos em Setembro, com a exceção da leitura do radão que teve a duração de uma hora em Maio e três horas em Setembro.



A medição das concentrações dos poluentes no ar exterior foi realizada num ponto representativo, isto é, junto à entrada do ar novo e de acordo com o ponto 8 do anexo V.

## 5.2. Tratamento de Resultados

Com os registos efetuados foi então realizado o tratamento de resultados segundo o anexo VI da nota técnica e os valores obtidos comparados com os critérios de conformidade do anexo VII.

$[Parâmetro]_{MedT}$	<p>Média temporal das medições realizadas em cada ponto de amostragem/medição.</p> $\bar{C}_{E_iT} = \frac{\sum \Delta t_i \times C_{E_i,t_i}}{T_t} \text{ sendo } T_t = \sum t_i \quad (23)$ <p><math>C_{E_i,t_i}</math> - Concentração do poluente gasoso no ponto de amostragem <math>E_i</math> durante o tempo <math>t_i</math>.  <math>\Delta t_i</math> - Período de amostragem da medição no ponto <math>E_i</math>.  <math>T_t</math> - Tempo total de medição</p>
$[Parâmetro]_{MaxT}$	<p>Valor máximo obtido de todos os pontos de amostragem/medição no edifício.</p>
$[Parâmetro]_{MaxE}$	<p>Valor máximo de todas as médias temporais obtidas para todos os espaços do edifício/fração.</p>

Ainda para interpretações dos resultados subentende-se que:

$[Parâmetro]_{MR}$	<p>Concentração máxima de referência para cada um dos poluentes em causa conforme referido n.º8 do artigo 29.º do RSECE.</p>
$[Parâmetro]_{Ext}$	<p>Concentração média temporal do poluente em análise medida no exterior do edifício.</p>

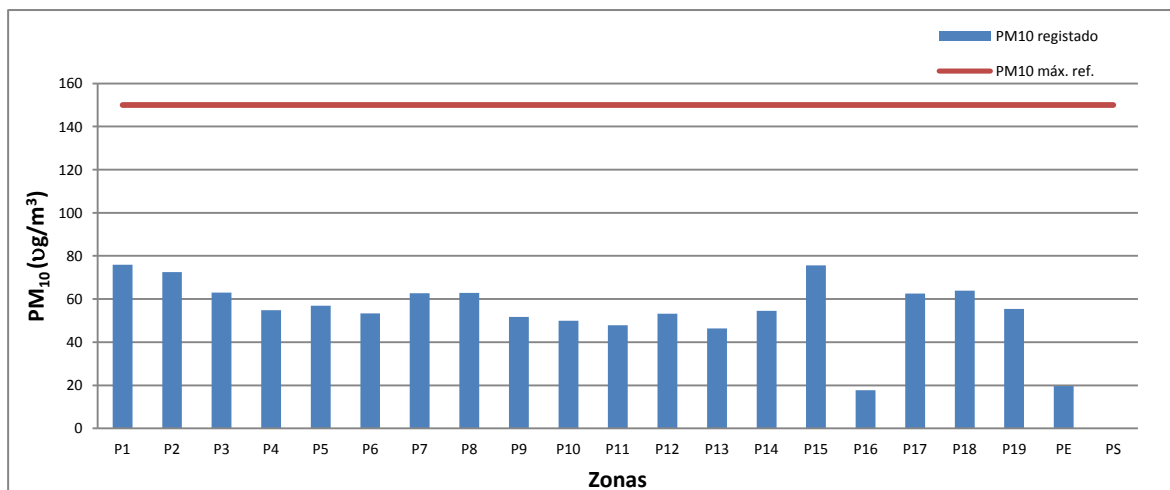
### 5.3. Parâmetros em Avaliação

#### 1) PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, HCHO

Critério de conformidade (1):  $[\text{Parâmetro}]_{\text{MaxT}} \leq [\text{Parâmetro}]_{\text{MR}}$

Para ser considerado conforme, o critério acima indicado deve ser conseguido em todos os pontos de medição e para cada um dos poluentes em avaliação.

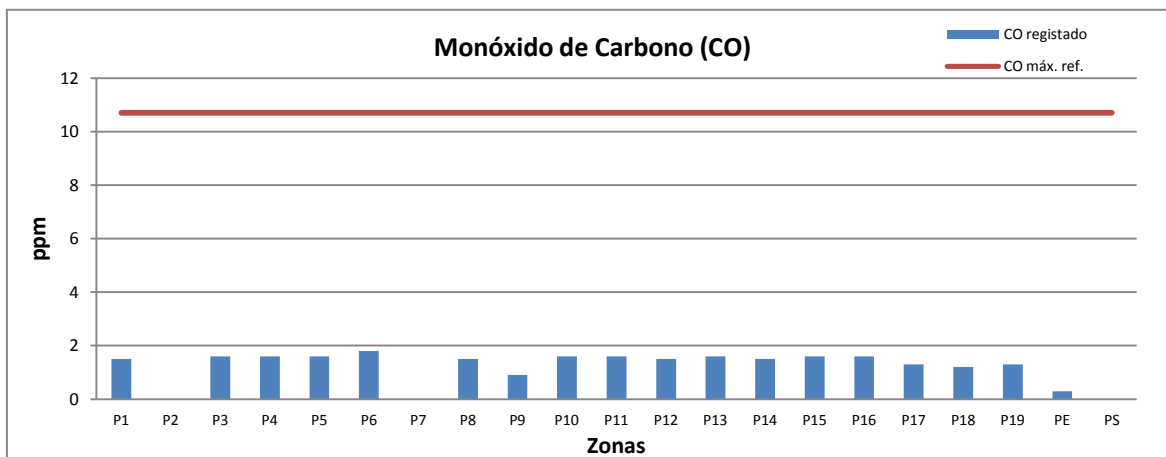
Todas medições de PM<sub>10</sub> foram efetuadas com recurso ao equipamento de medição de partículas suspensas no ar, marca LIGHTHOUSE, modelo HANDHELD 3016, sendo posteriormente registado os seus valores graficamente, como é possível observar na Figura 31. **As concentrações de PM<sub>10</sub> registadas nos diferentes espaços encontram-se em conformidade com a nota técnica.**



**Figura 31 - Valores concentrações de Partículas suspensas no ar registados nos vários pontos de análise comparados com o valor máximo de referência.**

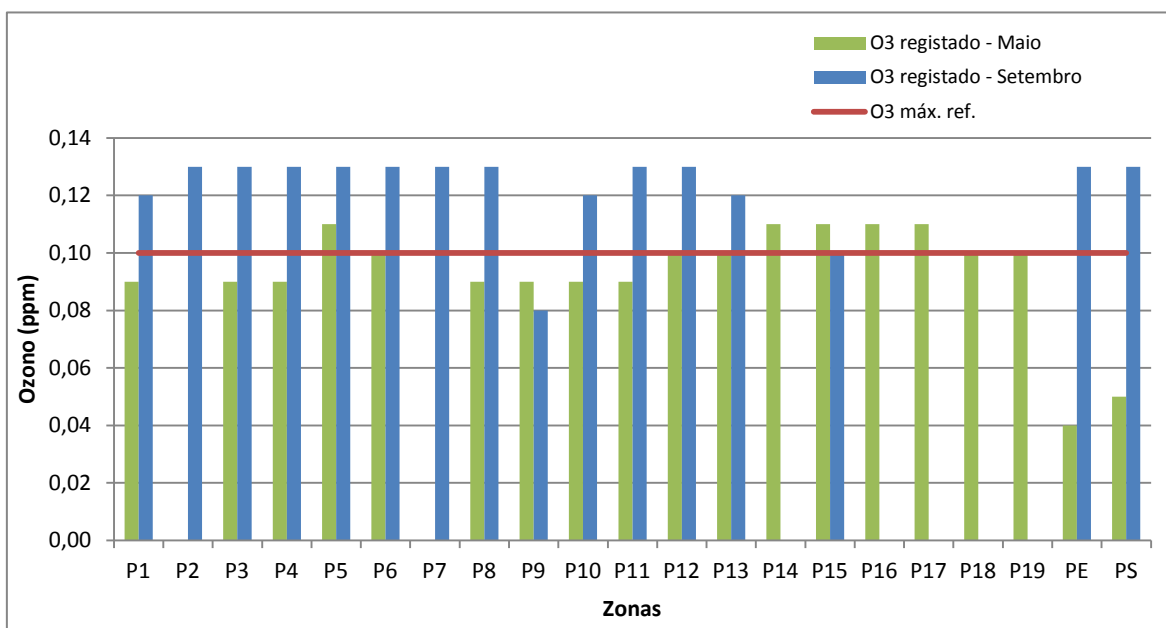
Todas as medições de monóxido de carbono (CO) foram efetuadas com recurso a uma sonda multiparamétrica de medição, marca GRAYWOLF modelo IQ-610, sendo

posteriormente registados os seus valores graficamente na Figura 32. **As concentrações de CO registadas nos diferentes espaços encontram-se também em conformidade com a nota técnica.**



**Figura 32 - Valores de Monóxido de Carbono registados em Maio e Setembro nos diferentes pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência.**

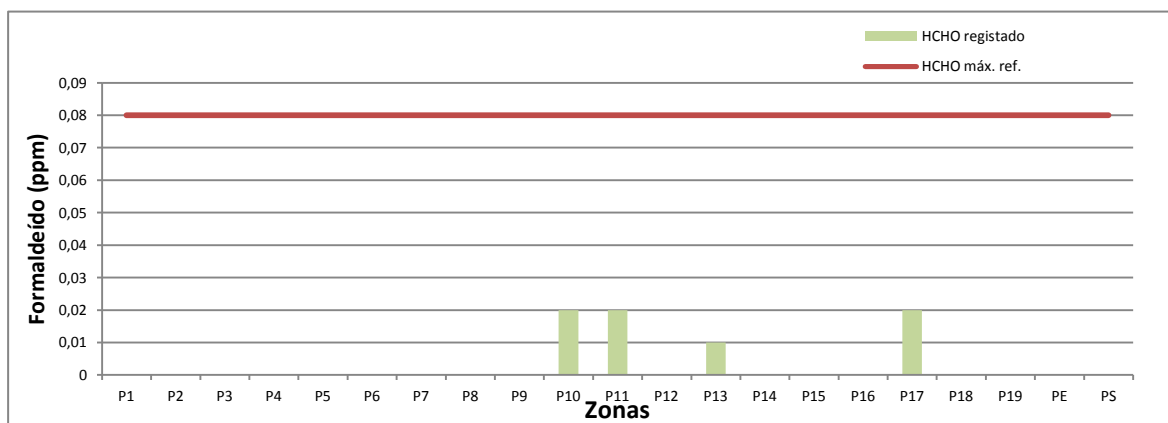
Todas as medições de ozono foram efetuadas com recurso à mesma sonda multiparamétrica, sendo posteriormente registados os seus valores graficamente na Figura 33.



**Figura 33 - Valores de Ozono registados em Maio e Setembro comparados com o valor máximo de referência.**

As concentrações de ozono, medidas com a sonda multiparamétrica e registadas nos diferentes espaços com a exceção de P5, P14, P15, P16 e P17 em Maio, encontram-se em conformidade com a nota técnica, contudo em Setembro com a exceção de P9 e P15 todos os outros pontos de medição apresentam valores superiores ao valor legalmente aceite, não estando em conformidade com a nota técnica.

Todas medições de formaldeído foram efetuadas com recurso a um equipamento de medição de formaldeído marca PPM Technology Ltd, modelo Formaldemeter™ htV-m, sendo posteriormente registados os seus valores graficamente, como é possível observar na Figura 34.



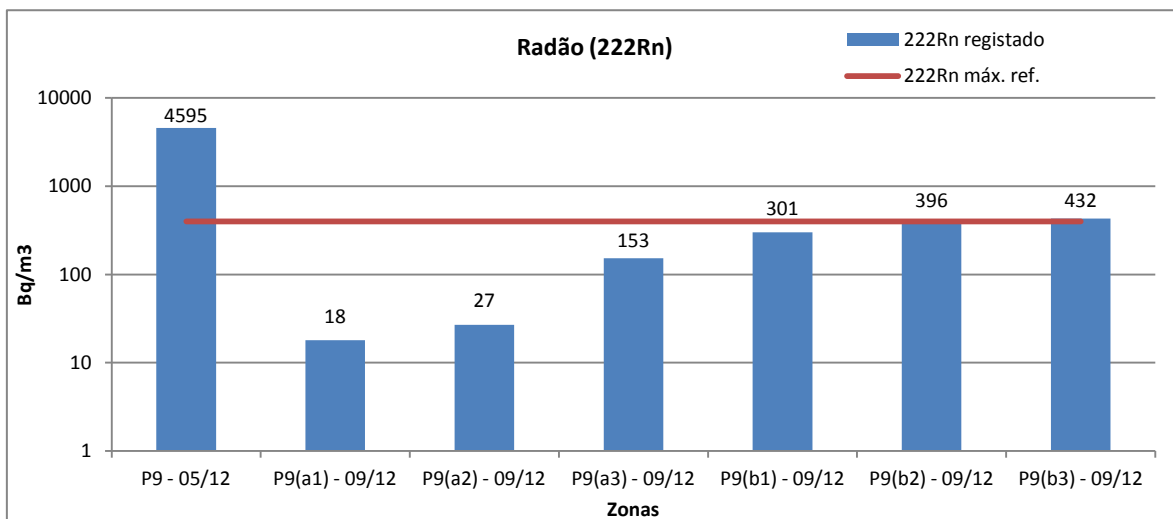
**Figura 34 - Valores de Formaldeído registados em Maio em todos os pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência.**

As concentrações de formaldeído, medidas em todos os espaços, encontram-se em conformidade com a nota técnica.

## 2) Radão

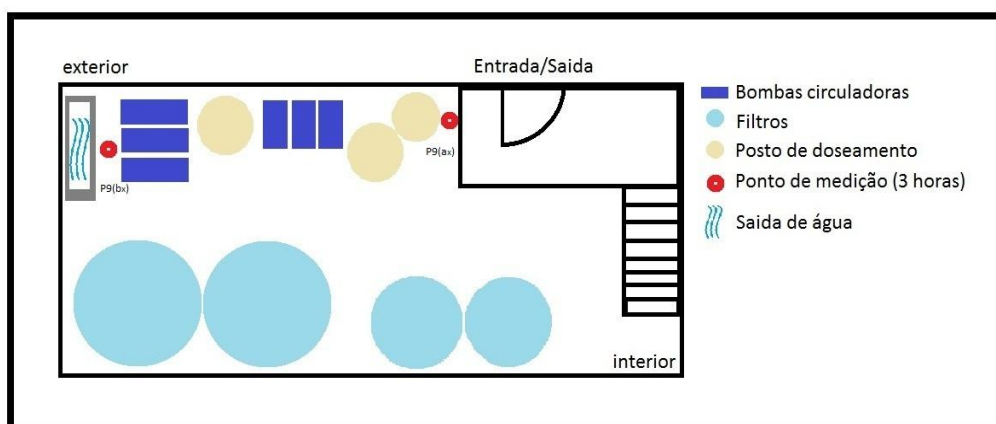
Critério de conformidade (1):  $[\text{Radão}]_{\text{MaxT}} \leq [\text{Radão}]_{\text{MR}}$

Para ser considerado conforme, o critério acima indicado deve ser verificado para todos os pontos de medição no edifício ou fração autónoma. Todas medições foram efetuadas com recurso ao equipamento de medição de radão modelo Radon Scout Plus, sendo posteriormente registados os seus valores graficamente, como é possível observar na Figura 35.



**Figura 35 - Valores de Radão (222Rn) registados no mês de Maio e Setembro, em P9 em pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência.**

A concentração de radão registada a Maio de 2012 em P9 (Casa dos Filtros) registou um valor 11,5 vezes acima do valor máximo recomendado ( $400 \text{ Bq/m}^3$ ). Voltou-se a repetir a medição em Setembro de 2012 em dois pontos, P9(a<sub>x</sub>) e P9(b<sub>x</sub>), com um intervalo de 3 horas cada como se pode ver na Figura 36.



**Figura 36 – Esquema simplificado dos pontos de medição em P9 (Casa dos Filtros) em Setembro de 2012**

Em P9(a<sub>x</sub>) e em Maio de 2012, num intervalo de 3 horas, constatou-se um aumento de 18 para 153 Bq/m<sup>3</sup>, **contudo abaixo do valor máximo recomendado e portanto em conformidade segundo o critério anteriormente mencionado**. Em P9(b<sub>x</sub>) encontra-se a saída de água para o esgoto, este ponto tem uma caixa aberta e é possível observar a água a entrar. Esta caixa está ligada a um segundo ponto da linha de esgotos localizada a aproximadamente 30 metros da piscina, e num intervalo de 3 horas foi possível verificar um aumento de 301 para 432 Bq/m<sup>3</sup>, **ultrapassando o valor máximo recomendado de 400 Bq/m<sup>3</sup> e deixou de estar em conformidade**. De salientar que o equipamento de medição também regista a pressão barométrica, em Maio de 2012 registou 995 mBar (dia de chuva) e em Setembro de 2012 registou o valor de 998 mBar (céu limpo). Tratando-se de um gás está sujeito à variação da pressão atmosférica (ver Figura 37), o que afeta a sua emissão do solo e a sua acumulação no ar do edifício.

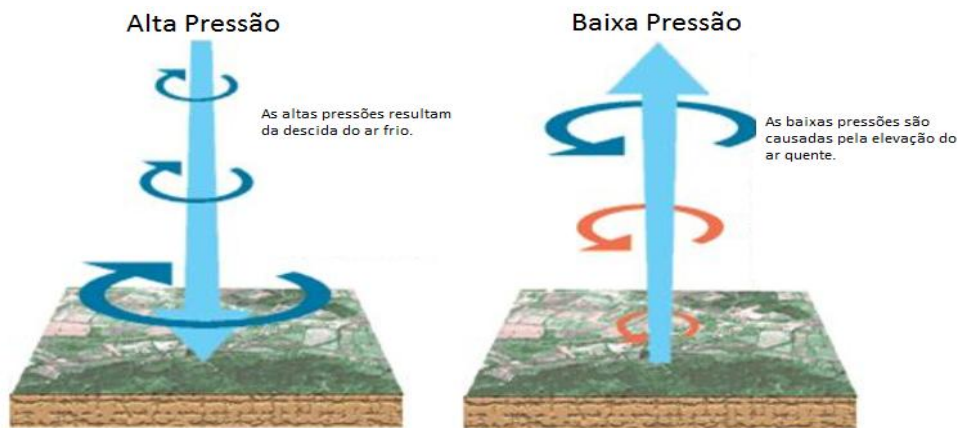


Figura 37 – Esquema simplificado do efeito da pressão atmosférica.

Contudo o período de utilização do espaço P9 é relativamente curto e com a porta de acesso aberta, parece não implicar um risco de exposição para os colaboradores da piscina.

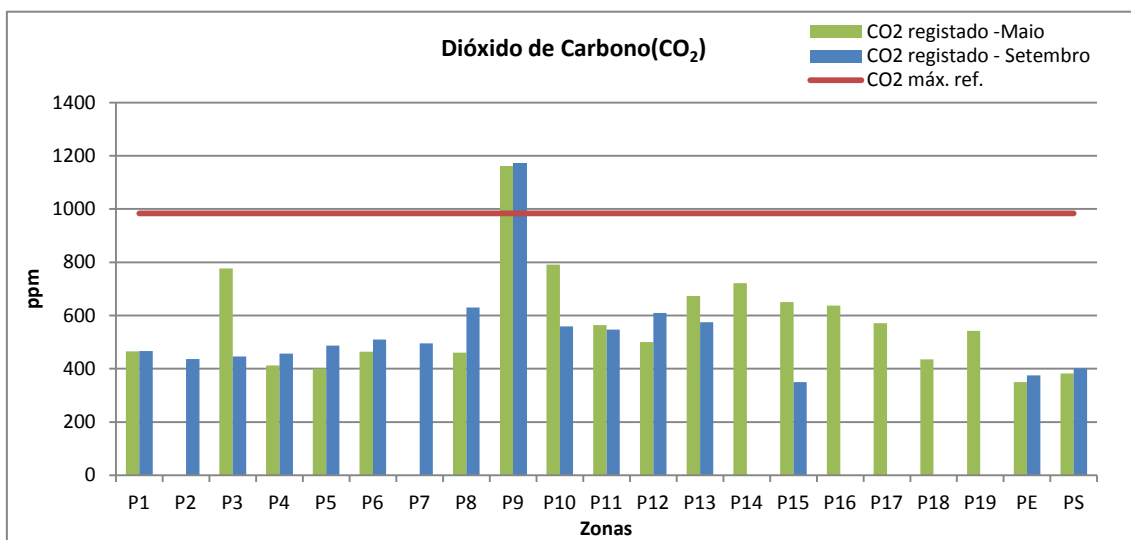
### 3) Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

Critério de conformidade (1):  $[CO_2]_{MaxT} \leq [CO_2]_{MR}$

Em caso de incumprimento do primeiro critério tem-se:

$$\text{Critério de conformidade (2): } ([CO_2]_{MedT} - [CO_2]_{Ext}) \times \frac{N_{ocup.max}}{N_{ocup}} + [CO_2]_{Ext} \leq [CO_2]_{MR}$$

Para ser considerado conforme, o critério acima indicado deve ser verificado para todos os pontos de medição no edifício ou fração autónoma. Todas medições de CO<sub>2</sub> foram efetuadas com recurso à sonda multiparamétrica, sendo posteriormente registado os seus valores graficamente na Figura 38.



**Figura 38 - Valores de Dióxido de Carbono registados em Maio e Setembro, nos diferentes pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência.**

Nesta Figura pode-se observar que os valores de dióxido de carbono registados nos diferentes pontos de análise são inferiores ao valor máximo de referência, com a exceção do P9 que tanto no registo de Maio como de Setembro não se encontram em conformidade de acordo com a nota técnica. P9 representa a casa dos filtros logo o período de permanência no espaço não representa um risco de exposição para os colaboradores da piscina ao poluente.

#### 4) Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Uma avaria no controlo da humidade dentro de uma piscina coberta pode causar uma série de problemas como ferrugem, tinta estalada, deterioração dos apoios da estrutura e outros efeitos negativos. A reparação ou substituição das peças danificadas acarreta uma perda de dinheiro e tempo, além de que os trabalhadores estão sujeitos ao desconforto físico. As algas, fungos e bactérias que crescem neste ambiente afetam a sua saúde dos seus utentes, que ficam sujeitos aos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) libertados por estes microrganismos [38].

Critério de conformidade (1):  $[\text{COV}_{\text{totais}}]_{\text{MaxT}} \leq [\text{COV}_{\text{totais}}]_{\text{MR}}$

Para ser considerado conforme, o critério acima indicado deve ser verificado para todos os pontos de medição. Todas medições de COVs foram efetuadas com recurso à sonda multiparamétrica, sendo posteriormente registado os seus valores graficamente na Figura 39.

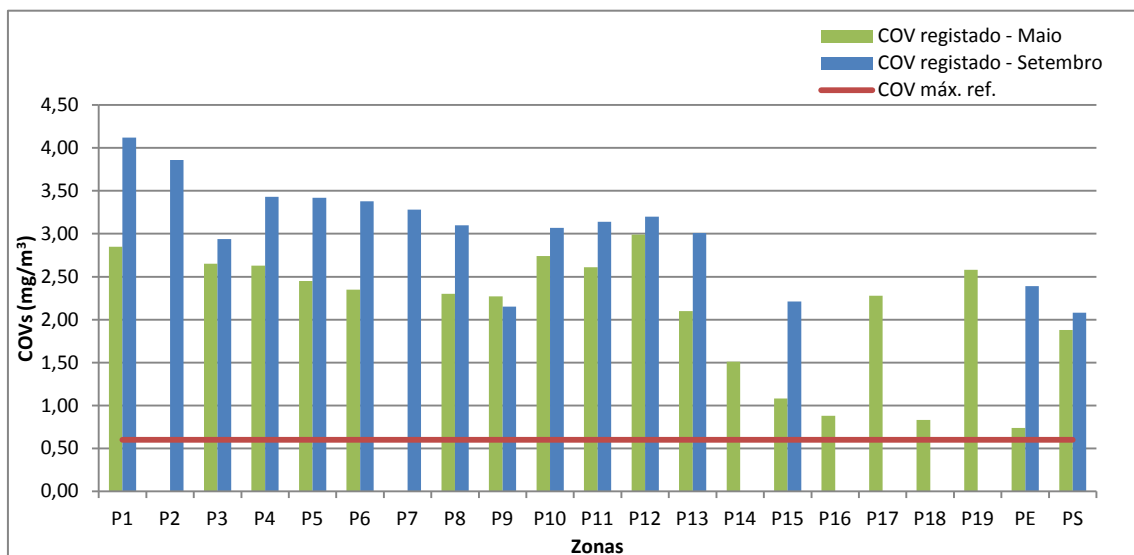
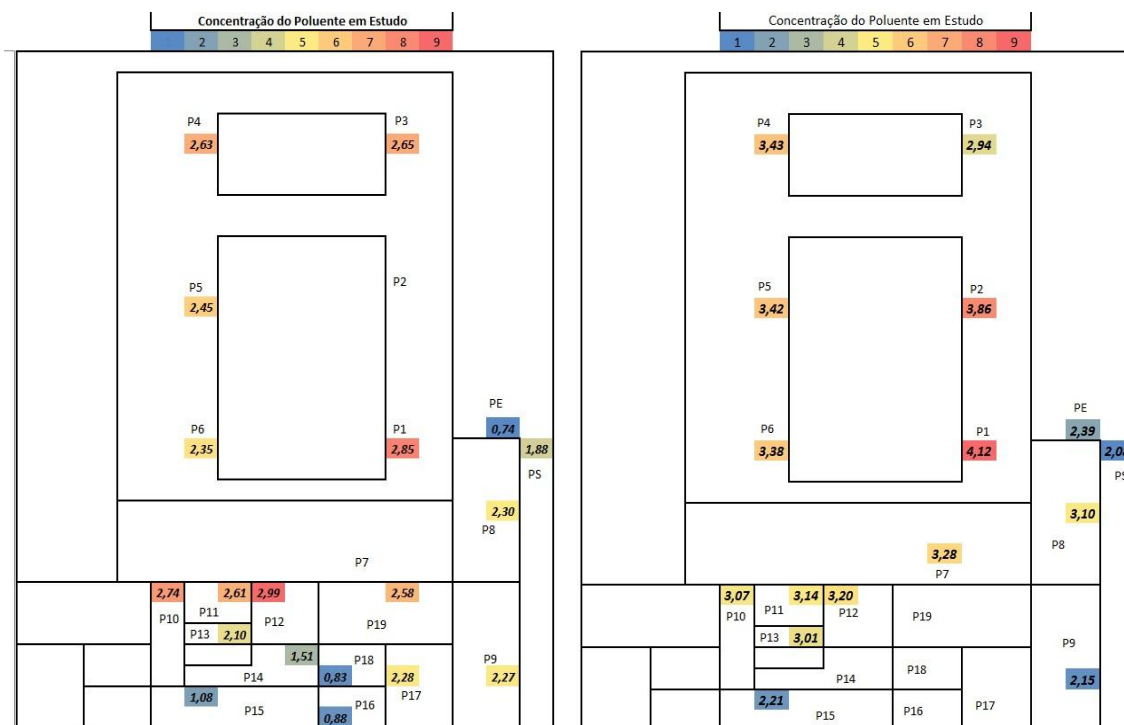


Figura 39 – Valores de Compostos Orgânicos Voláteis registados nos diferentes pontos de análise e comparados com o valor máximo de referência.



**Pelas medições efetuadas em Maio de 2012 verificou-se que todos os valores se encontravam acima do valor máximo de referência imposto pelo D.L. nº 79/2006.**

Na Figura 40 a concentração do valor mais elevado (a vermelho) e do mais baixo (azul-escuro), identificam uma possível fonte de emissão de COVs.



**Figura 40 - Representação em planta da maior (vermelho) para a menor (azul-escuro) concentração de COVs em Maio (esquerda) e em Setembro (direita) de 2012.**

Nas medições efetuadas em Setembro de 2012 verificou-se que todos os valores registados continuam acima do valor máximo de referência e superiores aos registados em Maio. Nesse mês ocorreu uma limpeza geral da piscina que possivelmente pode ser a origem de valores mais elevados provenientes dos produtos de limpeza e desinfeção.

Outra explicação provém da avaria da UTA2 e que origina valores de humidade relativa acima do desejado, o que é propício a uma rápida formação de algas, fungos e bactérias, que por sua vez originam COVs.

Outra possibilidade de explicar provém da qualidade do ar exterior, que neste caso já está contaminado com um valor  $0,74 \text{ mg/m}^3$  na medição de Maio e um valor de  $2,39 \text{ mg/m}^3$  na medição de Setembro, são valores altos e que influenciam a concentração interna como se pode verificar na Figura 41. Independentemente do mês de registo, dentro da nave, verificam-se as maiores concentrações de P1 até P4, e estes pontos de medição encontram-se junto da conduta de insuflação. No período de medição em P3 (em Setembro) a porta junto a este registo estava completamente aberta, o que conseqüentemente influenciou a leitura.

Uma referência para estes valores elevados é a de Ribeiro e seus colaboradores [38], que identificaram elevadas concentrações de Hidrocarbonetos Aromáticos em amostras de gás recolhidas nas escombreyras das antigas minas de carvão, e ainda hoje existentes, com o seu início a aproximadamente a 40 metros da entrada de ar novo da nave da piscina.



## 6. Conclusões

## 6.1. Conclusões

A caracterização geral da piscina permitiu verificar algumas inconformidades como a temperatura da água nos tanques de natação que tinha valores superiores aos recomendados e a sala de primeiros socorros (dentro da sala do nadador salvador) que não possuía acesso direto ao exterior, não respeitando a recomendação da Diretiva CNQ 23/93. Acrescente-se que o pavimento nos chuveiros da casa de banho feminina e os valores de pH para água do tanque grande e pequeno em 31% e 46%, respetivamente, não estavam dentro da gama de recomendação da Directiva CNQ 23/93. Em relação à iluminação natural verificou-se que 50% dos envidraçados a sudoeste (junto ao plano de água do tanque grande) se encontravam com uma película fosca, o que não permite a passagem de luz a 100% para o interior da nave.

O caudal da renovação de ar é operado manualmente e quando está a funcionar a 50% da sua capacidade máxima, que acontece numa parte do dia, consegue-se apenas renovar 77,5% do valor recomendado pelo RSECE. Para se obter o valor recomendado é necessário ter 7 horas com o caudal a 100% da capacidade máxima de operação. Há uma avaria na UTA2 e verificou-se que 40% dos registos diários da humidade relativa estavam fora da gama de valores recomendados pela Diretiva CNQ 23/93. Desde Novembro de 2011 que a humidade relativa do ar no interior da nave é fortemente dependente da humidade no exterior e é agravada quando as portas dos envidraçados da nave são abertas e a humidade no exterior é elevada. Analisando ainda a quantidade de água removida na desumidificação do ar com a água evaporada em condições de Outono-Inverno ou Primavera-Verão, este estudo permitiu concluir que todas as combinações demonstraram a necessidade de desumidificação salvo a combinação Outono-Inverno e UTA2 a funcionar a 100% da sua capacidade máxima.

As perdas caloríficas por evaporação representam cerca de 67,78% das perdas térmicas totais. A aplicação de uma cobertura sobre o plano de água durante o período de inatividade da piscina (8 horas) permitiria poupar cerca de 654,8 kWh/dia, que adicionado

ao fato da UTA2 só necessitar de funcionar a 50% da sua capacidade máxima, poderia perfazer um total de 742,8 kWh/dia. Neste item energético convém também referir que é necessário alterar a montagem, colocar ou substituir isolamento em tubagens da sala P8. E perante os pressupostos assumidos, para uma aplicação de uma cobertura sobre o plano de água, o VAL regista um valor positivo, a TIR um valor de 22,77% e por ser superior ao WACC, o projeto é viável. Relativamente ao Pay-Back, o valor obtido foi de 3,17 anos significando que o investimento é recuperado em menos de 5 anos de prestações.

Em Maio de 2012 foram registadas numa sala (designada por P9) da Piscina concentrações de radão 11,5 vezes superior ao legalmente aceitável e em Setembro esse valor baixou para um valor 1,08 vezes (junto a saída da água para o esgoto) superior ao legalmente aceitável, contudo admite-se que este fato não apresenta risco para banhistas por se tratar de um anexo exclusivo a trabalhadores que lá estão durante pouco tempo. A contaminação pode ter origem numa saída para o esgoto, uma vez que esta é de caixa aberta e permite transferências gasosas provenientes do solo. Nesta sala foram também registadas concentrações de dióxido de carbono acima da concentração legalmente aceitável, contudo este fato não apresenta risco para a saúde pública pelos mesmos motivos do radão.

As concentrações de compostos orgânicos voláteis (COVs) em Maio e Setembro são superiores à concentração legalmente aceitável, em todos os espaços onde foram efetuadas as medições. As maiores concentrações registadas ocorreram na zona da nave colocando banhistas e em especial trabalhadores a uma exposição prolongada originando sintomas como cansaço, dores de cabeça, fraqueza, sonolência, irritação de olhos e pele. No caso do ozono, as concentrações em Maio nos espaços designados por P5 e de P14 a P17 foram superiores à concentração legalmente aceitável. Já em Setembro, as concentrações elevadas foram em P1 a P8, P10 a P13, PE e PS (no exterior), sendo que o maior valor foi na zona da nave.

## **6.2. Sugestões para futuros estudos**

Pela conclusão do trabalho e resultados obtidos é possível efetuar algumas sugestões para a elaboração de futuros estudos nesta área, em particular à piscina estudada.

De acordo com o que foi anteriormente enunciado, sugere-se:

- A realização de um estudo para aplicação de equipamentos recorrendo a energias renováveis com viabilidade económica (aquecimento de águas);
- Analisar a possibilidade de recuperar as águas rejeitadas, que derivam para os efluentes, com o intuito de promover uma economia de consumo e eventualmente recuperar algum calor;
- Analisar a importância de efetuar medições da QAI nas instalações da piscina com mais frequência, expondo o público aos resultados, promovendo assim a saúde dos banhistas e trabalhadores;





## Referências Documentais

- [1] POEL, Bart; CRUCHTEN, Gerelle van; BALARAS, Constantinos A. (2007). *Energy performance assessment of existing dwellings*. Energy and Buildings (39), 393–403.
- [2] FERREIRA, J.; PINHEIRO M. (2011). *In search of better energy performance in the Portuguese buildings—The case of the Portuguese regulation*. Energy Policy (39), 7666-7683.
- [3] BLUYSSSEN, Philomena M., (2009). *Towards an integrative approach of improving indoor air quality*. Building and Environment (44), 1980–1989.
- [4] BLUYSSSEN, Philomena M., (2009). *Towards new methods and ways to create healthy and comfortable buildings*. Building and Environment (45), 808-818.
- [5] COLE, Andrew J.; BECKER, Bruce E., (2003). *Comprehensive Aquatic Therapy*, (second edition): Butterworth Heinemann
- [6] GALLARDO L.; JIMÉNEZ A. (2004). *La gestión de los servicios deportivos municipales. Vías para la excelência*. Barcelona: INDE, Consult. 25 de Julho de 2012, disponível em [http://books.google.pt/books?id=vimlUzJhm0IC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.pt/books?id=vimlUzJhm0IC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- [7] BELEZA, V. M.; SANTOS, R.; PINTO, M. (2007). *Piscinas: tratamento de águas e utilização de energia*. Porto: Fundação Instituto Politécnico do Porto.
- [8] SUN, Peng; WU, Jing Yi; WANG, Ru Zhu; XU, Yu Xiong, (2011). *Analysis of indoor environmental conditions and heat pump energy supply systems in indoor swimming pools*. Energy and Buildings (43), 1071–1080.
- [9] SOARES, S. (2004). *Tratamento do Ar e da Água de Piscinas Públicas. Manual para técnicos de actividades aquáticas*: Xistarca.
- [10] Vallejo, M., Zafra, A., Rodríguez, M., & Hidalgo, A. (2008). *La temperatura del agua de las piscinas cubiertas climatizadas: nunca a gusto de todos*. Piscinas XXI, (219), 90-93.
- [11] RABI, Atallah; Yousef Khader; ALKAFAJEI, Ahmed; AQOULAH, Ashraf Abu, (2008). *Sanitary Conditions of Public Swimming Pools in Amman, Jordan*. International Journal of Environmental Research and Public Health 5(3), 152-157.

- [12] LOURENCETTI, Carolina; GRIMALT, Joan O.; MARCO, Esther; FERNANDEZ, Pilar; FONT-RIBERA, Laia; VILLANUEVA, Cristina M.; KOGEVINAS, Manolis (2012). *Trihalomethanes in chlorine and bromine disinfected swimming pools: Air-water distributions and human exposure*. *Environment International* (45), 59-67.
- [13] TRIANTI-STOURNA, E.; SPYROPOULOU, K.; THEOFYLAKTOS, C.; DROUTSA, K.; BALARAS, C.A.; SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D.N.; LAZAROPOULOU, G.; PAPANIKOLAOU, N., (1998). *Energy conservation strategies for sports centers: Part B. Swimming pools*. *Energy and Buildings* (27), 123-135.
- [14] TRIANTI-STOURNA, E.; SPYROPOULOU, K.; THEOFYLAKTOS, C.; DROUTSA, K.; BALARAS, C.A.; SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D.N.; LAZAROPOULOU, G.; PAPANIKOLAOU, N., (1998). *Energy conservation strategies for sports centers: Part A. Sports halls*. *Energy and Buildings* (27), 109-122.
- [15] JUDD, S. J.; BLACK, S. H., (2000). *Disinfection By-product Formation in Swimming Pool Waters: A Simple Mass Balance*. *Water Research* (34), 1611-1619.
- [16] FLORENTIN, Arnaud; HAUTEMANIÈRE, Alexis; HARTEMANN, Philippe (2011). *Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (214), 461-649.
- [17] WENG, ShihChi; LI, Jing; BLATCHLEY III, Ernest R., (2012). *Effects of UV<sub>254</sub> irradiation on residual chlorine and DBPs in chlorination of model organic-N precursors in swimming pools*. *Water Research* (46), 2674-2682.
- [18] BEUSKER, Elisabeth; STOY, Christian; POLLALIS, Spiro N., (2011). *Estimation model and benchmarks for heating energy consumption of schools and sport facilities in Germany*. *Building and Environment* (49), 324-335.
- [19] INCROPERA, Frank P.; WITT, David P. de, (2008). *Fundamentos de Transferencia de Calor e de Massa* (6ª edição). LTC.
- [20] SHAH, M. Mohammed, (2003). *Prediction of evaporation from occupied indoor swimming pools*. *Energy and Buildings* (35), 707-713.
- [21] ASDRUBALI, F. (2008). *A scale model to evaluate water evaporation from indoor swimming pools*. *Energy and Buildings* (41), 311-319.
- [22] CHIVETTA, C. (2004). *Air Apparent*. Athletic Business Consult. 5 de Maio de 2010, disponível em [www.athleticbusiness.com](http://www.athleticbusiness.com).

- [23] SHAH, M. Mohammed, (2012). *Improved method for calculating evaporation from indoor water pools*. Energy and Buildings, (49), 306–309.
- [24] AI-SHAMMIRI, M., (2002). *Evaporation rate as a function of water salinity*. Desalination (150), 189-203.
- [25] GUPTA, Atula, (2011). *How Relative Humidity Affects Evaporation*. Consult. 10 de Agosto de 2012, disponível em <http://www.brighthub.com/environment/science-environmental/articles/104601.aspx>.
- [26] ALAM, Shamshad; ALSHAIKH, Abdulmohsen A., (2012). *Use of palm fronds as shaded cover for evaporation reduction to improve water storage efficiency*. Journal of King Saud University – Engineering Sciences xxx, xxx–xxx.
- [27] JOHANSSON, L.; WESTERLUND, L., (2001). *Energy savings in indoor swimming-pools: comparison between different heat-recovery systems*. Applied Energy (70), 281-303.
- [28] WENG, ShihChi; BLATCHLEY III, Ernest R., (2011). *Disinfection by-product dynamics in a chlorinated, indoor swimming pool under conditions of heavy use: National swimming competition*. Water Research (45), 5241-5248.
- [29] SCHMALZ, Christina; FRIMMEL, Fritz H.; ZWIENER, Christian, (2011). *Trichloramine in swimming pools e Formation and mass transfer*. Water Research (45), 2681-2690.
- [30] LAVERGE, J.; BOSSCHE, N. Van Den; HEIJMANS, N.; JANSSENS, A., (2011). *Energy saving potential and repercussions on indoor air quality of demand controlled residential ventilation strategies*. Building and Environment (46), 1497-1503.
- [31] SCHOEFER, Yvonne; ZUTAVERN, Anne; BROCKOW, Inken; SCHAFER, Torsten; KRAMER, Ursula; SCHAAF, Beate; HERBARTH, Olf; BERG, Andrea von; WICHMANN, H.-Erich; HEINRICH, Joachim, (2008). *Health risks of early swimming pool attendance*. International Journal of Hygiene and Environmental Health (211), 367-373.
- [32] BOUGAULT, Valerie; LOUBAKI, Lionel; JOUBERT, Philippe; TURMEL, Julie; COUTURE, Christian; LAVIOLETTE, Michel; CHAKIR, Jamila; BOULET, Louis-Philippe; (2012). *Airway remodeling and inflammation in competitive swimmers training in indoor chlorinated swimming pools*. Journal of Allergy and Clinical Immunology (129), 351-358

- [33] CARMO, T.; PRADO, R. T. A., (1999). *Qualidade do Ar Interno*. Texto Técnico Escola Politécnica da USP. ISSN 1413-0386
- [34] AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, (2010). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores: Um Guia Técnico*. Consult. 20 de Agosto de 2012, disponível em <http://www.apambiente.pt/>.
- [35] GT-Analytic, Radon measuring instruments. About radon. Consult. 20 de Agosto de 2012, disponível em [http://www.radon.at/engl/about\\_radon.htm](http://www.radon.at/engl/about_radon.htm).
- [36] ANDRADE, António Carvalho de, (2010). *As mudanças climáticas e o problema energético*. Revista da Secção Regional do Norte da ANET.
- [37] ADEWUSI, S.A. (2004). *Second law based thermodynamic analysis of ammonia-water absorption systems*. Energy Conversion and Management (45), 2355-2369
- [38] Indoor Pool Ventilation. Consult. 11 de Setembro de 2012, disponível em [http://www.iklimnet.com/expert\\_hvac/pool\\_ventilation.html](http://www.iklimnet.com/expert_hvac/pool_ventilation.html)
- [39] RIBEIRO, J.; SILVA, E. Ferreira da; FLORES, D. (2010). *Burning of coal waste pile from Douro Coaldfield (Portugal): Petrological, geochemical and mineralogical characterization*. International Journal of Coal Geology (81), 359-372.

## *Outras Referencias Consultadas*

- [1] Circular Normativa n.º 14/DA de 21 de Agosto de 2009. Programa de Vigilância Sanitária de Piscinas. Direcção-Geral da Saúde.
- [2] Decreto Regulamentar n.º 5/97 de 31 de Março, Diário da República, I Série, A, 75: 1397-1422.
- [3] Decreto-Lei n.º 65/97 de 31 de Março, Diário da República, I Série, A, 75: 1386-1391.
- [4] Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, Diário da República, I Série, A, 67: 2411-2415.
- [5] Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril, Diário da República, I Série, A, 67: 2416-2468.
- [6] Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, Diário da República, I Série, A, 67: 2468-2513.
- [7] Diretiva CNQ n.º 23/93 (1993). A Qualidade nas Piscinas de Uso Público. Conselho Nacional de Qualidade. Lisboa.
- [8] Diretiva n.º 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002. Desempenho Energético dos Edifícios. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia.
- [9] KEUTEN, M.G.A.; SCHETS, F.M.; SCHIJVEN, J.F.; VERBERK, J.Q.J.C.; DIJK, J.C. van; (2012). *Definition and quantification of initial anthropogenic pollutant release in swimming pools*. Water Research (46), 3682-3692.
- [10] STUBBLEFIELD, Michael A.; PANG, Su-Seng; CUNDYT, Vic A., (1995). *Heat loss in insulated pipe the influence of thermal contact resistance: a case study*. 1359-8368 (95) 00028-3.
- [11] ARTUSO, Paola; SANTIANGELI, Adriano, (2008). Energy solutions for sports facilities. International Journal of Hydrogen Energy (33), 3182-3187.
- [12] KAYDOS-DANIELS, S. Cornelia; BEACH, Michael J.; SHWE, Thein, MAGRI, Julie; BIXLER, Danae, (2007). *Health effects associated with indoor swimming pools: A suspected toxic chloramine exposure*. Public Health (122), 195-200.

- [13] YAO, Xi; ZHANG, Hong; LEMCKERT, Charles; BROOK, Adam; SCHOUTEN, Peter, (2010). *Evaporation Reduction by Suspended and Floating Covers: Overview, Modelling and Efficiency*. Urban Water Security Research Alliance Technical Report ISSN 1836-5566 (Online) / 1836-5558 (Print).



Anexo A. Tabelas de registo diário de níveis de cloro, pH, temperatura e humidade relativa.

Nº de Registos	Dia	Tanque Grande						Tanque Pequeno						REGISTO		LOTAÇÃO (Nº de Banhistas)
		COLORO LIVRE (p.p.m.)	COLORO COMBINADO (p.p.m.)	pH	Temp. da água (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Humidade Relativa (%)	COLORO LIVRE (p.p.m.)	COLORO COMBINADO (p.p.m.)	pH	Temp. da água (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Humidade Relativa (%)	Data	Hora	
1	1	1,11	0,43	7,52	29,80	27	72	1,87	0,50	7,64	31,30	27	72	Ago-11	07:00	30
2	2	1,10	0,35	7,63	29,90	27	70	1,66	0,46	7,76	31,30	27	70	Ago-11	07:00	40
3	3	1,11	0,38	8,54	29,90	26,6	70	1,86	0,48	8,78	31,40	26,6	70	Ago-11	07:00	
4	4	0,75	0,25	7,55	29,90	27	75	1,73	0,44	7,58	31,30	27	75	Ago-11	07:00	50
5	5	0,76	0,31	7,40	29,90	28	67	1,94	0,45	7,65	31,40	28	67	Ago-11	07:00	50
6	6	0,88	0,25	7,50	29,90	27	75	1,77	0,39	7,73	31,30	27	75	Ago-11	07:00	40
7	7													Ago-11	07:00	
8	8	0,64	0,27	7,47	29,90	28	64	1,22	0,39	7,64	31,40	28	64	Ago-11	07:00	45
9	9	1,38	0,31	7,47	29,90	28	70	1,01	0,33	7,63	31,30	28	70	Ago-11	07:00	55
10	10	1,46	0,15	7,46	29,70	29	60	1,98	0,34	7,63	31,20	29	60	Ago-11	07:00	60
11	11	0,99	0,31	7,37	29,80	29	66	1,71	0,41	7,68	30,80	29	66	Ago-11	07:00	60
12	12	1,07	0,26	7,49	29,80	29	60	1,19	0,30	7,61	31,10	29	60	Ago-11	07:00	60
13	13	1,53		7,31	29,80	28	65	1,39		7,72	31,20	28	65	Ago-11	07:00	60
14	14													Ago-11	07:00	
15	15	0,68	0,29	7,48	29,80	28	72	0,96	0,31	7,72	31,20	28	72	Ago-11	07:00	20
16	16	1,07	0,26	7,48	29,90	28	71	1,19	0,30	7,62	31,20	28	71	Ago-11	07:00	38
17	17	0,99	0,31	7,40	29,90	28	67	1,94	0,45	7,62	31,20	28	67	Ago-11	07:00	80
18	18	1,11	0,43	7,60	29,90	28	70	1,87	0,50	7,60	31,20	28	70	Ago-11	07:00	70
19	19	1,11	0,38	7,60	29,90	28	71	1,73	0,44	7,60	31,20	28	71	Ago-11	07:00	60
20	20	1,71	0,50	7,60	29,90	28	67	1,95	0,47	7,60	31,20	28	67	Ago-11	07:00	50
21	21													Ago-11	07:00	
22	22	1,73	0,44	7,60	29,90	28	75	1,86	0,48	7,60	31,20	28	75	Ago-11	07:00	50
23	23	1,70	0,40	7,60	29,90	28	71	1,90	0,41	7,60	31,20	28	71	Ago-11	07:00	60
24	24	1,80	0,50	7,60	29,90	28	71	1,70	0,40	7,60	31,20	28	71	Ago-11	07:00	55
25	25	1,70	0,40	7,60	29,90	27	70	1,90	0,41	7,60	31,40	27	70	Ago-11	07:00	60
26	26	1,80	0,50	7,60	29,00	26	66	2,00	0,50	7,60	31,40	26	66	Ago-11	07:00	60
27	27	1,90	0,41	7,80	29,90	27	68	1,70	0,39	7,80	31,40	27	68	Ago-11	07:00	60



28	28													Ago-11	07:00	
29	29	1,70	0,40	7,80	29,80	27	69	2,00	0,50	7,80	31,40	27	69	Ago-11	07:00	50
30	30	1,50	0,35	7,80	29,80	27	70	1,60	0,36	7,90	31,40	27	70	Ago-11	07:00	55
31	31	1,80	0,41	7,70	29,80	27	75	1,50	0,35	7,70	31,40	27	75	Ago-11	07:00	60
32	15	5,63	0,05	8,02	27,60			4,21	0,10	7,96	28,90			Out-11	07:00	
33	16	2,00	0,37	7,80	29,90	27	68	2,00	0,50	7,60	31,60	27	68	Out-11	07:00	30
34	17	1,92	0,05	7,69	29,80	26	71	1,98	0,27	7,79	31,20	26	71	Out-11	07:00	150
35	18	1,72	0,02	7,69	29,80	26	75	1,96	0,15	7,71	31,50	26	75	Out-11	07:00	160
36	19	1,84	0,15	7,76	29,70	26	75	1,57	0,20	7,67	31,40	26	75	Out-11	07:00	150
37	20	1,97	0,20	7,77	29,70	26	73	1,90	0,23	7,84	31,30	26	73	Out-11	07:00	150
38	21	1,92	0,25	7,83	29,70	26	70	1,85	0,03	7,78	31,30	26	70	Out-11	07:00	160
39	22	2,00	0,37	7,71	29,70	26	70	1,93	0,20	7,96	30,50	26	70	Out-11	07:00	160
40	23	1,78	0,18	7,79	29,70	26	68	1,95	0,33	7,65	31,90	26	68	Out-11	07:00	25
41	24	1,97	0,14	7,65	29,70	26	70	1,30	0,35	7,72	31,60	26	70	Out-11	07:00	160
42	25	1,91	0,36	7,78	29,70	26	75	1,98	0,37	7,80	31,50	26	75	Out-11	07:00	160
43	26	0,85	0,32	7,45	29,70	26	74	1,71	0,22	7,44	31,60	26	74	Out-11	07:00	
44	27	1,60	0,26	7,63	29,70	26	75	1,31	0,29	7,60	31,60	26	75	Out-11	07:00	160
45	28	1,78	0,33	7,76	29,70	26	75	1,91	0,38	7,81	31,50	26	75	Out-11	07:00	170
46	29	1,98	0,35	7,83	29,60	26	73	2,00	0,32	7,64	31,60	26	73	Out-11	07:00	170
47	30	1,68	0,39	7,91	29,80	26	70	1,98	0,37	7,66	31,50	26	70	Out-11	07:00	15
48	31	1,97	0,23	7,81	29,70	26	75	1,99	0,42	7,74	31,60	26	75	Out-11	07:00	170
49	1													Nov-11	07:00	
50	2	1,94	0,26	7,75	29,80	26	75	1,98	0,40	7,79	31,50	26	75	Nov-11	07:00	150
51	3	1,81	0,36	7,48	29,70	26	75	1,96	0,33	7,75	31,60	26	75	Nov-11	07:00	170
52	4	0,88	0,28	7,51	29,70	26	75	2,00	0,36	7,53	31,60	26	75	Nov-11	07:00	170
53	5	0,96	0,34	7,50	29,80	26	75	1,17	0,49	7,35	31,80	26	75	Nov-11	07:00	170
54	6	1,43	0,32	7,53	29,60	26	74	1,34	0,37	7,44	31,80	26	74	Nov-11	07:00	
55	7	1,40	0,47	7,51	29,70	26	75	1,66	0,48	7,63	31,70	26	75	Nov-11	07:00	170
56	8	1,71	0,49	7,61	29,80	26	75	1,97	0,50	7,54	31,60	26	75	Nov-11	07:00	180
57	9	1,58	0,32	7,72	29,90	26	71	0,60	0,38	7,65	31,80	26	71	Nov-11	07:00	170
58	10	1,80	0,48	7,54	29,90	26	75	1,98	0,48	7,67	31,60	26	75	Nov-11	07:00	180
59	11	1,28	0,45	7,53	29,80	26	75	1,95	0,49	7,58	31,60	26	75	Nov-11	07:00	180
60	12	1,98	0,50	7,56	29,90	26	75	0,88	0,50	7,55	31,60	26	75	Nov-11	07:00	150
61	13	1,80		7,60	29,70	27	73	1,50		7,60	31,60	27	73	Nov-11	07:00	

62	14	1,31	0,50	7,54	28,90	26	75	1,96	0,50	7,57	31,80	26	75	Nov-11	07:00	180
63	15	1,52	0,48	7,55	30,00	26	75	1,97	0,49	7,64	31,50	26	75	Nov-11	07:00	180
64	16	1,63	0,34	7,58	29,90	26	75	1,96	0,49	7,62	31,80	26	75	Nov-11	07:00	180
65	17	1,68	0,40	7,59	29,80	26	75	2,00	0,29	7,60	31,60	26	75	Nov-11	07:00	190
66	18	1,23	0,50	7,54	29,80	26	75	1,07	0,50	7,54	31,60	26	75	Nov-11	07:00	180
67	19	1,33	0,23	7,56	29,80	23	73	1,22	0,50	7,61	31,50	23	73	Nov-11	07:00	170
68	20	0,91	0,49	7,52	29,80	24	90	0,68	0,45	7,64	31,60	24	90	Nov-11	07:00	19
69	21	1,15	0,31	7,64	29,70	24	71	0,98	0,38	7,71	31,70	24	71	Nov-11	07:00	180
70	22	1,53	0,45	7,67	29,80	23	80	1,24	0,49	7,63	31,60	23	80	Nov-11	07:00	180
71	23	1,49	0,50	7,56	29,80	23	82	2,00	0,48	7,55	31,50	23	82	Nov-11	07:00	180
72	24	1,37	0,48	7,49	29,80	24	70	3,13	0,44	7,77	31,40	24	70	Nov-11	07:00	190
73	25	1,43	0,44	7,60	29,80	25	65	1,97	0,50	7,58	31,60	25	65	Nov-11	07:00	180
74	26	0,99	0,50	7,47	29,80	24	68	1,52	0,50	7,65	31,40	24	68	Nov-11	07:00	170
75	27	0,77	0,50	7,53	29,80	26	67	1,59	0,50	7,67	31,50	26	67	Nov-11	07:00	25
76	28	0,86	0,39	7,57	29,80	24	70	1,16	0,50	7,55	31,50	24	70	Nov-11	07:00	180
77	29	1,26	0,49	7,60	29,70	23	65	1,40	0,45	7,60	31,60	23	65	Nov-11	07:00	190
78	30	0,77	0,43	7,49	29,70	24	71	1,37	0,44	7,60	31,60	24	71	Nov-11	07:00	180
79	1	0,82	0,42	7,53	29,80	24	72	1,98	0,50	7,66	31,50	24	72	Dez-11	07:00	11
80	2	0,91	0,49	7,71	29,90	25	70	1,24	0,49	7,64	31,80	25	70	Dez-11	07:00	190
81	3	1,63	0,39	7,69	29,70	23	70	1,97	0,50	7,63	31,40	23	70	Dez-11	07:00	190
82	4	1,35	0,40	7,68	29,70	26	74	1,52	0,38	7,69	31,50	26	74	Dez-11	07:00	160
83	5	1,26	0,36	7,54	29,80	25	72	1,90	0,48	7,72	31,50	25	72	Dez-11	07:00	180
84	6	1,15	0,37	7,57	29,80	25	72	1,46	0,45	7,57	31,10	25	72	Dez-11	07:00	180
85	7	1,27	0,29	7,47	29,80	24	69	1,48	0,32	7,54	31,10	24	69	Dez-11	07:00	180
86	8	1,63	0,39	7,59	29,90	25	75	1,15	0,37	7,58	31,40	25	75	Dez-11	07:00	20
87	9	1,13	0,32	7,73	29,80	24	72	1,98	0,49	7,60	31,00	24	72	Dez-11	07:00	180
88	10	1,03	0,25	7,65	29,80	24	75	1,28	0,35	7,51	31,00	24	75	Dez-11	07:00	160
89	11	1,63	0,90	7,62	29,80	25	75	1,48	0,32	7,56	31,50	25	75	Dez-11	07:00	15
90	12	1,26	0,35	7,64	29,80	24	82	1,58	0,41	7,50	31,10	24	82	Dez-11	07:00	180
91	13	1,18	0,21	7,48	29,80	25	79	1,32	0,42	7,60	31,20	25	79	Dez-11	07:00	180
92	14	0,98	0,32	7,61	29,80	24	78	1,40	0,34	7,45	31,20	24	78	Dez-11	07:00	180
93	15	1,11	0,36	7,48	29,80	24	79	1,43	0,49	7,47	31,10	24	79	Dez-11	07:00	180
94	16	1,26	0,48	7,58	29,80	24	86	1,03	0,44	7,53	31,00	24	86	Dez-11	07:00	180
95	17	1,21	0,38	7,53	29,80	24	80	0,97	0,31	7,67	31,10	24	80	Dez-11	07:00	150

96	18	0,73	0,34	7,49	29,80	22	77	0,96	0,40	7,60	31,10	22	77	Dez-11	07:00	15
97	19	1,02	0,29	7,55	29,80	22	76	1,25	0,42	7,61	31,10	22	76	Dez-11	07:00	180
98	20	1,55	0,40	7,41	29,80	23	78	1,49	0,49	7,61	31,20	23	78	Dez-11	07:00	180
99	21	1,05	0,46	7,61	29,80	24	81	1,29	0,50	7,60	31,10	24	81	Dez-11	07:00	170
100	22	1,24	0,46	7,50	29,80	22	77	1,40	0,48	7,58	31,20	22	77	Dez-11	07:00	180
101	23	0,99	0,35	7,53	29,80	22	81	0,78	0,43	7,50	31,00	22	81	Dez-11	07:00	180
102	24	1,28	0,41	7,58	29,80	22	79	1,00	0,45	7,51	31,00	22	79	Dez-11	07:00	28
103	25													Dez-11	07:00	
104	26	0,83	0,31	7,37	29,80	20	85	0,74	0,38	7,40	31,10	20	85	Dez-11	07:00	170
105	27	1,58	0,41	7,43	29,80	22	82	1,94	0,44	7,60	31,10	22	82	Dez-11	07:00	170
106	28	0,64	0,36	7,44	29,30	21	77	0,98	0,29	7,40	31,20	21	77	Dez-11	07:00	170
107	29	1,47	0,38	7,50	29,80	23	74	1,96	0,49	7,62	31,10	23	74	Dez-11	07:00	180
108	30	1,49	0,29	7,43	29,90	23	71	1,99	0,49	7,43	31,30	23	71	Dez-11	07:00	170
109	31	1,59	0,48	7,47	29,80	23	70	1,97	0,49	7,63	31,20	23	70	Dez-11	07:00	48
110	1													Jan-12	07:00	
111	2	1,06	0,42	7,45	29,80	24	76	1,91	0,45	7,57	31,10	24	76	Jan-12	07:00	170
112	3	1,23	0,40	7,28	29,80	24	78	1,75	0,49	7,51	31,20	24	78	Jan-12	07:00	115
113	4	1,46	0,46	7,34	29,80	24	79	1,97	0,43	7,60	31,10	24	79	Jan-12	07:00	180
114	5	1,25	0,24	7,55	29,80	25	79	1,93	0,35	7,51	31,10	25	77	Jan-12	07:00	180
115	6	1,24	0,45	7,48	29,80	24	78	1,85	0,49	7,54	31,10	24	78	Jan-12	07:00	170
116	7	0,86	0,42	7,47	29,80	23	76	1,57	0,47	7,44	31,20	23	76	Jan-12	07:00	160
117	8	1,75	0,49	7,48	29,90	25	74	1,91	0,45	7,51	31,40	25	74	Jan-12	07:00	15
118	9	0,72	0,29	7,47	29,80	23	71	1,87	0,49	7,63	31,10	23	71	Jan-12	07:00	180
119	10	0,72	0,33	7,50	29,80	23	68	1,44	0,45	7,60	31,20	24	67	Jan-12	07:00	180
120	11	0,60	0,46	7,39	29,80	23	69	1,45	0,45	7,44	31,10	23	69	Jan-12	07:00	180
121	12	0,64	0,41	7,41	29,80	23	70	1,23	0,50	7,41	31,30	23	70	Jan-12	07:00	180
122	13	1,32	0,47	7,40	29,80	22	75	1,26	0,44	7,49	31,30	22	75	Jan-12	07:00	180
123	14	1,29	0,48	7,49	29,80	22	70	1,02	0,41	7,37	31,20	22	70	Jan-12	07:00	180
124	15	0,89	0,42	7,54	29,80	22	80	0,94	0,42	7,58	31,10	22	80	Jan-12	07:00	19
125	16	1,30	0,50	7,59	29,80	22	75	1,20	0,50	7,52	31,30	22	75	Jan-12	07:00	180
126	17	1,11	0,36	7,60	29,80	23	69	1,82	0,50	7,75	31,10	23	69	Jan-12	07:00	170
127	18	1,18	0,36	7,60	29,80	23	75	1,29	0,42	7,57	31,20	23	72	Jan-12	07:00	180
128	19	1,14	0,36	7,55	29,80	23	69	1,02	0,38	7,59	31,10	23	69	Jan-12	07:00	180
129	20	1,21	0,45	7,47	29,90	25	69	0,82	0,43	7,53	31,20	24	75	Jan-12	07:00	180

130	21	1,50	0,45	7,55	29,80	24	81	1,55	0,50	7,61	31,00	24	79	Jan-12	07:00	160
131	22	1,01	0,50	7,65	29,90	26	69	1,06	0,50	7,60	31,10	24	77	Jan-12	07:00	25
132	23	1,55	0,90	7,53	29,80	23	88	1,56	0,41	7,55	31,10	24	78	Jan-12	07:00	180
133	24	1,40	0,26	7,64	29,80	24	75	1,79	0,46	7,64	31,20	24	74	Jan-12	07:00	170
134	25	1,20	0,46	7,55	29,80	24	75	1,69	0,46	7,55	31,20	24	75	Jan-12	07:00	180
135	26	1,81	0,35	7,58	29,80	24	69	1,33	0,36	7,43	31,30	24	77	Jan-12	07:00	180
136	27	1,64	0,48	7,66	29,90	21	80	1,41	0,49	7,54	31,10	24	72	Jan-12	07:00	180
137	28	0,84	0,22	7,50	29,80	23	75	1,59	0,41	7,64	31,20	23	75	Jan-12	07:00	170
138	29	1,21	0,28	7,49	29,80	24	68	0,62	0,40	7,51	31,10	24	75	Jan-12	07:00	15
139	30	1,62	0,50	7,62	29,80	23	70	1,94	0,48	7,52	31,10	23	74	Jan-12	07:00	180
140	31	1,63	0,45	7,54	29,80	23	64	1,53	0,50	7,53	31,30	23	73	Jan-12	07:00	170
141	1	1,36	0,35	7,38	29,80	24	74	4,18	0,30	7,63	31,00	23	75	Fev-12	07:00	180
142	2	1,38	0,44	7,52	29,80	24	70	1,66	0,40	7,54	31,10	24	73	Fev-12	07:00	170
143	3	1,34	0,50	7,64	29,90	22	70	1,84	0,50	7,64	31,10	22	63	Fev-12	07:00	180
144	4	1,63	0,49	7,57	29,80	22	75	1,34	0,34	7,55	31,10	22	63	Fev-12	07:00	170
145	5	1,33	0,44	7,59	29,80	24	75	1,34	0,50	7,57	31,40	24	75	Fev-12	07:00	20
146	6	1,93	0,50	7,61	29,90	23	88	1,98	0,50	7,70	31,10	23	72	Fev-12	07:00	180
147	7	1,71	0,48	7,63	29,90	23	80	1,54	0,50	7,71	31,30	23	80	Fev-12	07:00	150
148	8	1,77	0,25	7,51	29,80	23	60	1,98	0,50	7,62	31,10	23	63	Fev-12	07:00	180
149	9	1,00	0,25	7,55	29,80	23,8	67	1,25	0,50	7,66	31,30	23,8	67	Fev-12	07:00	150
150	10	1,40	0,36	7,65	30,00	22	69	3,57	0,45	7,60	31,10	23	68	Fev-12	07:00	180
151	11	1,62	0,50	7,65	29,90	22	72	1,28	0,37	7,59	31,10	22	69	Fev-12	07:00	180
152	12	1,37	0,41	7,66	29,90	24	63	1,31	0,39	7,62	31,30	24	63	Fev-12	07:00	
153	13	1,17	0,37	7,55	29,90	22	71	2,00	0,27	7,67	31,10	22	64	Fev-12	07:00	180
154	14													Fev-12	07:00	
155	15	1,49	0,47	7,60	29,90	23	69	1,99	0,45	7,75	31,20	22	72	Fev-12	07:00	180
156	16	1,68	0,49	7,49	29,80	22	67	1,97	0,49	7,57	31,10	23	62	Fev-12	07:00	180
157	17	1,68	0,45	7,48	29,80	22	75	1,67	0,50	7,58	31,10	24	66	Fev-12	07:00	180
158	18	1,39	0,41	7,46	29,90	22	73	1,09	0,41	7,47	31,10	24	66	Fev-12	07:00	180
159	19	1,51	0,43	7,59	30,00	23	72	1,93	0,40	7,58	31,20	23	72	Fev-12	07:00	
160	20	1,48	0,37	7,67	29,90	22	61	1,47	0,49	7,49	31,10	23	65	Fev-12	07:00	180
161	21	1,54	0,48	7,52	29,80	22	63	1,98	0,45	7,48	31,60	23	59	Fev-12	07:00	150
162	22	1,68	0,40	7,42	29,90	22	67	1,97	0,49	7,55	31,10	23	62	Fev-12	07:00	180
163	23	1,85	0,46	7,53	29,90	23	66	2,00	0,47	7,41	31,10	24	63	Fev-12	07:00	150

164	24	1,75	0,43	7,64	29,90	23	63	2,00	0,39	7,52	31,10	24	57	Feb-12	07:00	170
165	25	1,72	0,29	7,56	29,80	24	70	2,88	0,32	7,54	31,20	25	68	Feb-12	07:00	160
166	26	1,51	0,50	7,44	29,80	24	74	1,99	0,48	7,57	31,10	25	70	Feb-12	07:00	21
167	27	1,51	0,37	7,60	29,90	24	73	1,94	0,49	7,55	31,10	25	68	Feb-12	07:00	170
168	28	1,72	0,32	7,40	29,90	24	70	1,98	0,34	7,60	31,20	24	75	Feb-12	07:00	150
169	29	1,30	0,50	7,50	29,90	24	70	1,41	0,34	7,56	31,10	24	72	Feb-12	07:00	170
170	1	1,39	0,45	7,43	29,90	23	72	1,97	0,46	7,34	31,30	23	72	Mar-12	07:00	150
171	2	1,46	0,22	7,37	29,90	25	70	1,60	0,32	7,32	31,10	25	70	Mar-12	07:00	125
172	3	1,54	0,43	7,64	29,90	25	70	1,96	0,45	7,61	31,20	25	70	Mar-12	07:00	175
173	4	1,99	0,48	7,62	29,90	25	70	1,47	0,49	7,49	31,20	25	70	Mar-12	07:00	20
174	5	1,48	0,37	7,38	29,90	24	70	1,85	0,24	7,32	31,10	24	70	Mar-12	07:00	150
175	6	1,51	0,47	7,46	29,70	24	68	1,90	0,31	7,48	31,20	24	68	Mar-12	07:00	150
176	7	1,36	0,29	7,31	29,90	24	70	1,09	0,27	7,31	31,20	24	70	Mar-12	07:00	150
177	8	1,14	0,18	7,40	29,90	24	72	1,40	0,25	7,38	31,00	24	72	Mar-12	07:00	180
178	9	1,94	0,47	7,63	29,80	25	65	1,97	0,49	7,66	31,10	25	62	Mar-12	07:00	160
179	10	1,93	0,46	7,61	29,90	26	63	1,99	0,45	7,74	31,00	26	59	Mar-12	07:00	20
180	11	1,64	0,41	7,78	29,90	26	60	2,00	0,50	7,65	31,23	26	60	Mar-12	07:00	180
181	12	1,22	0,36	7,56	29,90	24	69	1,56	0,32	7,64	31,90	24	75	Mar-12	07:00	160
182	13	2,00	0,34	7,53	29,90	25	63	1,97	0,41	7,63	31,30	25	89	Mar-12	07:00	170
183	14	1,79	0,50	7,58	29,90	24	71	1,76	0,45	7,55	31,20	25	65	Mar-12	07:00	180
184	15	1,97	0,41	7,64	29,90	25	69	2,00	0,49	7,60	31,30	25	68	Mar-12	07:00	
185	16	1,99	0,19	7,61	29,90	25	75	1,97	0,39	7,68	31,20	25	74	Mar-12	07:00	160
186	17	1,82	0,48	7,67	29,80	25	71	1,99	0,48	7,62	31,10	25	74	Mar-12	07:00	180
187	18	1,94	0,47	7,64	29,90	25	72	1,46	0,22	7,66	31,10	25	72	Mar-12	07:00	25
188	19	2,00	0,48	7,71	29,80	23	65	2,00	0,49	7,72	31,50	23	64	Mar-12	07:00	175
189	20	1,16	0,46	7,64	29,80	24	62	1,64	0,50	7,65	31,30	24	58	Mar-12	07:00	180
190	21	1,50	0,32	7,61	29,80	23	59	1,30	0,50	7,48	31,50	23	58	Mar-12	07:00	180
191	22	1,25	0,32	7,45	29,80	24	73	0,85	0,40	7,62	31,20	24	70	Mar-12	07:00	160
192	23	1,10	0,41	7,54	29,80	25	57	1,96	0,48	7,48	31,10	25	55	Mar-12	07:00	180
193	24	0,65	0,38	7,44	29,80	25	64	1,98	0,40	7,58	30,50	25	62	Mar-12	07:00	160
194	25	1,89	0,39	7,49	29,80	26	69	2,00	0,41	7,60	29,70	26	70	Mar-12	07:00	15
195	26	0,73	0,43	7,44	29,70	25	74	1,30	0,29	7,54	31,30	25	75	Mar-12	07:00	170
196	27	0,67	0,43	7,40	29,80	26	70	2,00	0,44	7,64	31,50	26	65	Mar-12	07:00	180
197	28	0,86	0,46	7,37	29,80	26	68	1,92	0,45	7,67	31,40	26	63	Mar-12	07:00	180

198	29	0,95	0,40	7,46	29,70	25	72	1,90	0,30	7,61	31,30	26	66	Mar-12	07:00	170
199	30	1,00	0,30	7,50	29,80	24	74	1,97	0,43	7,69	31,30	24	57	Mar-12	07:00	175
200	31	1,36	0,40	7,44	29,90	23	74	1,61	0,46	7,56	31,40	24	75	Mar-12	07:00	170
201	1	2,00	0,50	7,47	29,90	24	72	1,53	0,27	7,56	31,50	24	75	Abr-12	07:00	15
202	2	1,70	0,45	7,45	29,80	24	73	1,95	0,45	7,47	31,10	24	75	Abr-12	07:00	170
203	3	1,92	0,36	7,51	29,80	25,3	74	1,91	0,48	7,61	31,30	25,3	74	Abr-12	07:00	150
204	4	1,90	0,41	7,52	29,90	25	68	1,99	0,49	7,61	31,40	25	69	Abr-12	07:00	180
205	5	1,56	0,50	7,60	29,90	24	65	1,95	0,49	7,66	31,70	24	65	Abr-12	07:00	125
206	6	1,97	0,36	7,58	29,90	24	71	1,72	0,48	7,66	31,70	24	73	Abr-12	07:00	10
207	7	1,71	0,49	7,67	29,90	23	75	1,95	0,50	7,65	31,50	23	75	Abr-12	07:00	160
208	8													Abr-12	07:00	
209	9	1,93	0,41	7,58	29,90	23	87	1,99	0,45	7,50	31,50	23	83	Abr-12	07:00	170
210	10	1,92	0,43	7,52	29,80	23	85	2,00	0,49	7,63	31,40	23	82	Abr-12	07:00	180
211	11	1,90	0,42	7,54	29,90	23	81	1,92	0,48	7,63	31,50	23	78	Abr-12	07:00	180
212	12	1,38	0,46	7,55	29,80	23	75	2,00	0,49	7,59	31,50	23	75	Abr-12	07:00	160
213	13	1,77	0,50	7,53	29,90	22	68	1,98	0,40	7,50	31,50	22	66	Abr-12	07:00	180
214	14	1,99	0,46	7,57	29,80	23	75	2,00	0,44	7,47	31,50	23	75	Abr-12	07:00	170
215	15	1,95	0,50	7,61	29,90	23	71	1,70	0,45	7,49	31,50	23	71	Abr-12	07:00	25
216	16	1,99	0,40	7,63	29,90	22	75	1,65	0,47	7,57	31,60	22	75	Abr-12	07:00	180
217	17	1,97	0,43	7,59	29,90	22	80	1,92	0,49	7,58	31,30	22	77	Abr-12	07:00	170
218	18	2,00	0,44	7,56	29,80	24	70	1,56	0,36	7,55	31,40	24	71	Abr-12	07:00	170
219	19	1,88	0,18	7,44	29,90	22	83	2,00	0,50	7,44	31,50	22	83	Abr-12	07:00	170
220	20	1,96	0,16	7,63	29,80	22	86	1,83	0,46	7,58	31,40	22	83	Abr-12	07:00	180
221	21	1,68	0,20	7,62	29,80	23	83	1,32	0,50	7,53	31,40	23	83	Abr-12	07:00	160
222	22	1,41	0,22	7,61	29,90	23	75	1,86	0,45	7,53	31,40	23	75	Abr-12	07:00	170
223	23	1,07	0,15	7,62	29,90	23	82	1,90	0,50	7,62	31,10	23	80	Abr-12	07:00	180
224	24	1,90	0,27	7,64	29,90	22	80	1,96	0,48	7,61	31,40	22	78	Abr-12	07:00	160
225	25													Abr-12	07:00	
226	26	1,70	0,44	7,64	29,90	22	87	4,14	0,50	7,66	31,30	22	85	Abr-12	07:00	150
227	27	1,88	0,39	7,64	29,90	23	75	1,93	0,50	7,70	31,40	23	75	Abr-12	07:00	150
228	28	1,86	0,48	7,58	29,90	23	70	1,59	0,50	7,54	31,40	23	70	Abr-12	07:00	170
229	29	1,54	0,41	7,61	29,90	23	73	1,87	0,49	7,56	31,50	23	73	Abr-12	07:00	
230	30	1,32	0,36	7,57	29,80	22	82	1,97	0,43	7,63	31,50	22	82	Abr-12	07:00	170
231	1													Mai-12	07:00	

232	2	1,40	0,16	7,58	29,80	22	89	1,38	0,47	7,63	31,40	22	89	Mai-12	07:00	170
233	3	1,55	0,20	7,68	29,90	24	77	1,98	0,50	7,54	31,40	24	77	Mai-12	07:00	180
234	4	1,76	0,35	7,50	29,90	23	82	2,00	0,49	7,71	31,40	23	82	Mai-12	07:00	180
235	5	1,61	0,37	7,51	29,90	23	85	1,94	0,44	7,56	31,30	23	85	Mai-12	07:00	170
236	6	1,38	0,47	7,54	29,90	25	77	1,71	0,49	7,61	31,30	25	77	Mai-12	07:00	25
237	7	2,00	0,46	7,59	29,90	23	87	1,98	0,48	7,49	31,40	23	87	Mai-12	07:00	180
238	8	1,99	0,14	7,44	29,90	24	85	1,26	0,40	7,58	31,30	24	85	Mai-12	07:00	160
239	9	1,24	0,10	7,52	29,90	24	86	1,99	0,48	7,59	31,20	24	86	Mai-12	07:00	170
240	10	1,57	0,30	7,50	29,90	25	78	1,34	0,49	7,39	31,20	25	78	Mai-12	07:00	180
241	11	0,85	0,47	7,60	29,80	25	79	1,96	0,46	7,45	31,20	25	79	Mai-12	07:00	107
242	12	1,99	0,41	7,38	29,80	25	86	2,00	0,50	7,41	31,30	25	86	Mai-12	07:00	170
243	13	1,97	0,40	7,41	29,80	26	86	1,69	0,45	7,44	31,30	26	86	Mai-12	07:00	15
244	14	1,43	0,25	7,56	29,90	26	82	1,61	0,47	7,49	31,30	26	82	Mai-12	07:00	170
245	15	1,51	0,30	7,58	29,90	25	86	1,98	0,50	7,55	31,10	25	86	Mai-12	07:00	170
246	16	2,00	0,37	7,58	29,80	26	86	2,00	0,47	7,41	31,20	26	86	Mai-12	07:00	180
247	17	1,23	0,34	7,48	29,80	26	86	1,78	0,35	7,43	31,20	26	86	Mai-12	07:00	150
248	18	0,90	0,23	7,44	29,90	26	79	0,93	0,43	7,38	31,30	26	79	Mai-12	07:00	180
249	19	1,17	0,11	7,46	29,90	24	78	1,96	0,44	7,43	31,30	24	78	Mai-12	07:00	150
250	20	1,40	0,45	7,68	29,90	25	78	1,12	0,34	7,42	31,10	25	78	Mai-12	07:00	20
251	21	1,58	0,14	7,61	29,80	24	80	1,99	0,49	7,57	31,20	24	80	Mai-12	07:00	170
252	22	1,59	0,34	7,64	29,90	24	83	1,98	0,42	7,53	31,30	24	83	Mai-12	07:00	160
253	23	1,97	0,41	7,55	29,90	24	85	1,99	0,30	7,51	31,30	24	85	Mai-12	07:00	180
254	24	1,54	0,45	7,47	29,90	25	86	2,00	0,33	7,48	31,30	25	86	Mai-12	07:00	150
255	25	1,37	0,70	7,51	29,90	26	86	1,99	0,35	7,50	31,30	26	86	Mai-12	07:00	180
256	26	0,83	0,32	7,54	29,90	25	86	1,06	0,38	7,49	31,10	25	86	Mai-12	07:00	170
257	27	1,81	0,43	7,54	30,00	25	86	1,33	0,45	7,59	30,90	25	86	Mai-12	07:00	
258	28	1,21	0,24	7,63	29,90	24	87	1,30	0,45	7,54	31,30	24	87	Mai-12	07:00	170
259	29	1,24	0,40	7,57	29,90	24	87	2,00	0,25	7,51	31,10	24	87	Mai-12	07:00	150
260	30	0,77	0,16	7,53	29,70	25	88	1,14	0,50	7,50	31,10	25	88	Mai-12	07:00	170
261	31	0,74	0,26	7,51	29,80	26	87	0,87	0,35	7,48	31,10	26	87	Mai-12	07:00	150
262	1	0,65	0,10	7,43	29,70	27	89	0,80	0,39	7,38	31,00	27	89	Jun-12	07:00	180
263	2	1,72	0,47	7,55	29,70	27	84	1,29	0,50	7,49	31,00	27	84	Jun-12	07:00	150
264	3	0,99	0,45	7,41	29,50	25	75	0,60	0,49	7,42	31,20	25	75	Jun-12	07:00	15
265	4	0,81	0,11	7,38	29,80	26	87	1,87	0,49	7,48	31,10	26	87	Jun-12	07:00	160

266	5	0,60	0,21	7,58	29,80	26	89	1,68	0,50	7,52	31,10	26	89	Jun-12	07:00	130
267	6	0,65	0,14	7,46	29,80	26	89	0,80	0,42	7,44	31,30	26	89	Jun-12	07:00	170
268	7	0,80	0,14	7,59	29,80	26	89	1,09	0,46	7,47	31,30	26	89	Jun-12	07:00	150
269	8	0,62	0,31	7,49	29,80	26	89	0,63	0,47	7,57	31,30	26	89	Jun-12	07:00	180
270	9	1,43	0,49	7,51	29,70	25	85	0,91	0,32	7,52	31,30	25	85	Jun-12	07:00	150
271	10	1,68	0,50	7,53	29,80	26	90	1,72	0,47	7,57	31,10	26	90	Jun-12	07:00	25
272	11	1,27	0,24	7,49	29,70	25	89	1,00	0,38	7,46	31,20	25	89	Jun-12	07:00	170
273	12	1,18	0,07	7,55	29,70	25	89	0,89	0,50	7,53	31,20	25	89	Jun-12	07:00	180
274	13	0,60	0,30	7,45	29,70	25	87	1,16	0,42	7,49	31,20	25	87	Jun-12	07:00	150
275	14	1,40	0,44	7,54	29,70	25	89	0,99	0,42	7,47	31,20	25	89	Jun-12	07:00	150
276	15	1,21	0,33	7,55	29,80	25	89	1,31	0,42	7,59	31,20	25	89	Jun-12	07:00	170
277	16	1,03	0,12	7,52	29,80	26	91	1,82	0,50	7,64	31,20	26	91	Jun-12	07:00	130
278	17	1,05	0,31	7,56	29,70	26	81	0,97	0,42	7,65	31,20	26	81	Jun-12	07:00	
279	18	0,60	0,21	7,55	29,70	24	86	1,12	0,06	7,57	31,30	24	86	Jun-12	07:00	170
280	19	0,82	0,29	7,54	29,70	25	89	1,37	0,50	7,55	31,30	25	89	Jun-12	07:00	150
281	20	1,38	0,12	7,63	29,80	25	95	1,48	0,45	7,59	31,20	25	95	Jun-12	07:00	170
282	21	2,00	0,38	7,59	29,80	25	90	1,17	0,32	7,55	31,20	25	90	Jun-12	07:00	130
283	22	1,67	0,43	7,58	29,80	25	86	1,32	0,30	7,56	31,20	25	86	Jun-12	07:00	180
284	23	1,39	0,32	7,41	29,80	25	89	1,14	0,50	7,53	31,20	25	89	Jun-12	07:00	180
285	24	1,87	0,49	7,46	29,80	25	89	1,43	0,49	7,57	31,20	25	89	Jun-12	07:00	10
286	25	1,77	0,30	7,58	29,80	26	89	1,99	0,48	7,58	31,20	26	89	Jun-12	07:00	170
287	26	1,99	0,28	7,32	29,70	28	88	1,99	0,50	7,55	31,20	28	88	Jun-12	07:00	180
288	27	1,23	0,28	7,48	29,80	28	84	1,69	0,50	7,52	31,20	28	84	Jun-12	07:00	170
289	28	1,98	0,31	7,63	29,70	28	76	1,52	0,43	7,54	31,20	28	76	Jun-12	07:00	170
290	29	0,95	0,28	7,53	29,70	27	81	1,34	0,41	7,54	31,20	27	81	Jun-12	07:00	100
291	30	0,88	0,38	7,48	29,70	26	75	1,98	0,49	7,71	31,20	26	75	Jun-12	07:00	140
292	1	1,13	0,47	7,64	29,70	26	84	0,66	0,41	7,66	31,20	26	84	Jul-12	07:00	
293	2	1,18	0,21	7,45	29,70	25	85	1,77	0,50	7,58	31,20	25	85	Jul-12	07:00	150
294	3	1,32	0,26	7,50	29,80	25	88	1,74	0,50	7,61	31,20	25	88	Jul-12	07:00	160
295	4	1,95	0,40	7,57	29,70	26	85	1,16	0,37	7,62	31,30	26	85	Jul-12	07:00	160
296	5	0,83	0,23	7,43	29,80	26	88	0,86	0,48	7,59	31,10	26	88	Jul-12	07:00	170
297	6	0,98	0,42	7,62	29,80	26	89	0,83	0,50	7,72	31,10	26	89	Jul-12	07:00	170
298	7	1,42	0,40	7,56	29,80	26	89	1,83	0,49	7,65	31,20	26	89	Jul-12	07:00	180
299	8	0,65	0,03	7,39	29,70	26	87	0,89	0,41	7,56	31,30	26	87	Jul-12	07:00	



300	9	0,63	0,23	7,58	29,80	26	89	1,94	0,49	7,78	31,20	26	89	Jul-12	07:00	170
301	10	1,03	0,14	7,56	29,80	26	89	1,99	0,50	7,78	31,10	26	89	Jul-12	07:00	180
302	11	0,73	0,10	7,54	29,70	26	85	1,53	0,50	7,76	31,10	26	85	Jul-12	07:00	180
303	12	1,95	0,42	7,40	29,80	25	85	2,00	0,50	7,73	31,10	25	85	Jul-12	07:00	180
304	13	1,43	0,44	7,62	29,70	25	83	1,26	0,49	7,64	31,20	25	83	Jul-12	07:00	180
305	14	1,15	0,16	7,44	29,70	25	88	2,00	0,50	7,62	31,20	25	88	Jul-12	07:00	170
306	15	1,22	0,19	7,48	29,70	25	87	1,17	0,45	7,61	31,20	25	87	Jul-12	07:00	
307	16	0,72	0,04	7,50	29,70	26	86	1,11	0,50	7,73	31,10	26	86	Jul-12	07:00	170
308	17	3,33	0,21	7,49	29,70	28	73	1,95	0,49	7,70	31,20	28	73	Jul-12	07:00	170
309	18	1,39	0,40	7,58	29,70	28	66	1,33	0,50	7,69	31,00	28	66	Jul-12	07:00	180
310	19	0,94	0,14	7,53	29,70	28	68	1,27	0,50	7,61	31,20	28	68	Jul-12	07:00	180
311	20	0,64	0,13	7,44	29,70	28	70	0,86	0,47	7,66	31,20	28	70	Jul-12	07:00	180
312	21	0,43	0,29	7,53	29,70	26	72	2,00	0,48	7,70	31,20	26	72	Jul-12	07:00	150
313	22	1,18	0,43	7,53	29,70	26,5	74	1,88	0,49	7,70	31,10	26,5	74	Jul-12	07:00	
314	23	1,11	0,30	7,52	29,70	27	70	1,95	0,49	7,75	31,10	27	70	Jul-12	07:00	180
315	24	1,30	0,22	7,51	29,70	27	75	1,97	0,46	7,60	31,20	27	75	Jul-12	07:00	160
316	25	1,72	0,32	7,49	29,70	27	75	1,98	0,48	7,74	31,20	27	75	Jul-12	07:00	180
317	26	0,80	0,33	7,53	29,70	27	78	2,00	0,49	7,68	31,10	27	78	Jul-12	07:00	170
318	27	0,99	0,41	7,44	29,70	27	82	1,98	0,49	7,79	31,20	27	82	Jul-12	07:00	170
319	28	1,32	0,46	7,54	29,70	27	85	1,44	0,50	7,71	31,20	27	85	Jul-12	07:00	170
320	29	1,69	0,44	7,59	29,70	26,6	80	1,58	0,46	7,71	31,20	26,6	80	Jul-12	07:00	
321	30	0,62	0,20	7,48	29,70	26	74	0,92	0,50	7,61	31,20	26	74	Jul-12	07:00	180
322	31	1,31	0,33	7,54	29,70	27	82	2,00	0,50	7,63	31,10	27	82	Jul-12	07:00	170

## Anexo B. Proposta fornecida para a aplicação de uma cobertura sobre o plano de água.

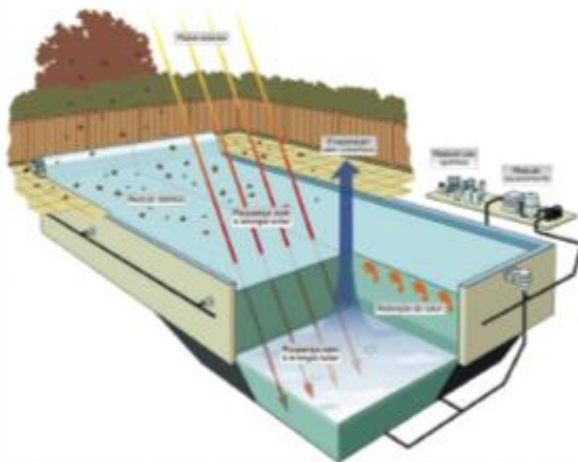
Energias renováveis e soluções amigas do ambiente

raizverde

energias renováveis - construção e materiais ecológicos

### A nossa abordagem às piscinas...

T  
r  
a  
t  
a  
m  
e  
n  
t  
o  
  
e  
  
A  
q  
u  
e  
c  
i  
m  
e  
n  
t  
o  
  
d  
e  
  
P  
i  
s  
c  
i  
n  
a  
s



#### Inovadora cobertura para piscinas

Aumenta a temperatura da piscina até 8°C Sol+Guard  
Elimina a evaporação em mais de 98%  
Reduz o consumo de químicos até 30%  
Reduz o consumo de energia em mais de 50%  
Reduz a sujidade na água  
Poupança efectiva de dinheiro  
5 anos de garantia

#### O que é a capa Sol+Guard?

A capa Sol+Guard é uma inovadora cobertura para piscinas em bolha

A capa tem uma combinação única de duas camadas, uma camada superior lisa e uma translúcida e colorida camada inferior que maximiza o benefício solar.

A capa Sol+Guard oferece um conjunto de benefícios ao proprietário de uma piscina. A redução nos custos de aquecimento e manutenção e o desejo de poupar os recursos naturais, reduzindo energia e uso de água.

Os robustos e duráveis materiais que compõe a capa foram pensados para as condições climáticas de vários continentes, dependendo das várias intensidade dos UV.

Os materiais usados combinam a Resistência ao tempo e aos químicos com alta performance à luz.

Os materiais não são tóxicos, registados na Austrália, Canadá, China, União Europeia, Japão, Coreia, Filipinas e Estados Unidos da América

\* Aumenta a temperatura da piscina até 8°C através do sol

\* Sol+Guard elimina a evaporação em mais de 98%

\* Com a capa para piscinas Sol+Guard poderá reduzir a evaporação da água em mais de 98%, diminuindo assim o consumo de água, salvaguardando um recurso natural de extrema importância.

\* Reduz o consumo de químicos até 30%

\* A capa Sol+Guard permite reduzir as perdas dos químicos por evaporação até 30%. Todos os químicos e tratamentos deverão no entanto ser mantidos nas quantidades recomendadas pelos fabricantes.

As capas Sol+Guard eliminam a evaporação, reduzindo significativamente a radiação. Testes de retenção de calor, elaborados pelas Universidades de Brighton e Londres mostram poupanças energéticas acima dos 50%. Esta poupança aplica-se a aquecimentos por gás, electricidade, gasoleo ou bomba de calor.

Sujidade como folhas, terra, insectos etc. são não só desagradáveis à vista numa piscina, como fomentam algas e bactérias. Quando a piscina está coberta, esta sujidade não estará em contacto com a água, aumentando assim a sua qualidade e aparência.

As capas Sol+Guard permitem uma poupança efectiva ao reduzir o consumo de água, energia e custos de manutenção. O retorno total do investimento será concretizado em menos de um ano.

As capas Sol+Guard têm uma garantia de 5 anos

Ao reduzir a energia necessária para aquecer e filtrar a água da sua piscina, a capa Sol+Guard permite reduzir a sua pegada ecológica (libertação de CO2). Preserva também a água, sendo, no fim da sua vida útil 100% reciclável.

Uma capa Sol+Guard standard, rectangular podem custar 10€/m2. Cada capa é feita especificamente para a sua piscina, assim os custos poderão variar um pouco, consoante o design da sua piscina.

Podemos ainda fornecer uma grande gama de rolos para as capas das piscinas, Segundo as características próprias da sua piscina. Existe uma grande gama "slide and lock" fixa ou movel..

www.raizverde.pt - geral@raizverde.pt - Tel: 258 523 237

Orçamento (valido 30 dias)		
Cliente	Data	Número de Orçamento
Engº André Gama	27 de Agosto 2012	1RV27082012SR
Descrição		€
2 Coberturas Sol+Guard; 25 m x 11 m (5 unidades de 2.2 x 25) 10 m x 6 m (2 unidades de 3 x 10) Enrolador de 6m 2 enroladores até 5.7m (para piscina de 25 x 11) 2 x suporte móvel **Custos de transporte a confirmar		2 750.00€ 600.00€ 725.00€ 854.00€ 429.80€
Descrição		
IVA (23%)		1 232.52€
<b>TOTAL</b>		<b>6 591.32€</b>
<b>Montepio Geral</b> Pç. Salvador Álvares Pereira, 43 4970-442 ARCOS DE VALDEVEZ <b>NIB:</b> 0036 0203 99100037449 67 <b>IBAN:</b> PT50 0036 0203 99100037449 67 <b>BIC:</b> MPIOPTPL  <b>80% na encomenda / 20% no recibo</b>		

## Anexo C. Dados Financeiros associados à aplicação da cobertura sobre o plano de água.

Investimento Total	6.591,32	€	$K_s = R_f + \beta_u \times (R_m - R_f)$	WACC =	$W_d \times K_d \times (1 - T) + (1 - W_d) \times K_s$
Taxa do IRC	25%				
Taxa de derrame	1,50%		$R_f = 2,42\%$	$K_d = 4,652\%$	
% de Capitais Próprios	60%		$\beta_u = 1,06$	$K_s = 8,14\%$	
% de Capitais Alheios	40%		$(R_m - R_f) = 5,40\%$	$T = 26,50\%$	
Euribor 1 Ano	0,652%			$W_d = 60\%$	
SPREAD	4,00%		$K_s = 8,14\%$		
taxa aplicada pelo seguro	7%			WACC =	5,31%
Taxa de inflação	3,3%				

tarifa tri-horária (em vazio 22h - 8 h) 0,0777 €/kwh

Energia poupada com a UTA2 não estando ligada a 50 88 kWh/dia

Anos	Custo do Investimento (€)	Poupança anual de energia eléctrica (kWh)	Custo por kWh de energia eléctrica (€)	Poupança anual de energia eléctrica (€)	Manutenção	Seguro	Amortização	Free Cash Flow (€)	Fator de Atualização	Free Cash Flow Atualizado (€)	VAL (€)	TIR (%)	Free Cash Flow Atualizado Acumulado (€)	Pay-Back (anos)
0 2012	-6.591,32 €	0	0	0	0	0,00	0	-6591,32	1,00	-	3515,98	22,77%	-6591,3	3,17
1 2013		32120	0,0777	2.495,7	1089,00	461,39	1.318,26	2263,60	1,05	2149,48			-4441,8	
2 2014		32120	0,0803	2.578,1	1124,94	461,39	1.318,26	2310,02	1,11	2082,97			-2358,9	
3 2015		32120	0,0829	2.663,2	1162,06	461,39	1.318,26	2357,97	1,17	2019,02			-339,9	
4 2016		32120	0,0856	2.751,0	1200,41	461,39	1.318,26	2407,51	1,23	1957,51			1617,7	
5 2017		32120	0,0885	2.841,8	1240,02	461,39	1.318,26	2458,68	1,30	1898,33			3516,0	

