

TRATAMENTO DA ÁGUA DE PISCINAS PÚBLICAS. ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DESINFECÇÃO APLICADA A UM CASO DE ESTUDO

José L.C. VASCONCELOS ⁽¹⁾; António A. L. S. DUARTE ⁽²⁾

RESUMO

A criação de espaços lúdicos em comunidades afastadas das zonas ribeirinhas permite fomentar a prática de actividades de lazer e banhar, habitualmente propiciadas pela proximidade de sistemas fluviais e costeiros. Estas actividades são cada vez mais importantes em termos de impacto na saúde pública, atendendo aos benefícios físicos, psicológicos e sociais que podem proporcionar a uma sociedade com tendências cada vez mais sedentárias e sujeita a desafios cada vez mais exigentes, causando um crescente *stress* nas populações.

A integração cada vez mais frequente de piscinas de utilização colectiva em espaços de lazer (públicos ou privados) e/ou de apoio ao desporto escolar torna pertinente o aprofundamento do conhecimento sobre as tecnologias e os custos de tratamento de água para contacto directo, associados aos equipamentos disponíveis no mercado, tendo em consideração as disposições legais das normas nacionais em vigor e as normas internacionais existentes.

Neste trabalho efectuou-se uma síntese das soluções de tratamento da água de piscinas, uma análise das implicações técnico-económicas nesses sistemas de tratamento decorrentes da aplicação do, em relação ao enquadramento legal anteriormente existente e uma análise comparativa dos custos (de investimento e de exploração) associados a sistemas alternativos de desinfeção da água de uma piscina pública com dimensões semelhantes às duma instalação-tipo que o Governo Regional da Região Autónoma da Madeira se propôs construir em todos os concelhos madeirenses, para fomentar a prática da natação nessas comunidades, visando, em particular, as respectivas populações em idade escolar.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento da água de piscinas; implicações do Decreto Regulamentar n.º 5/97; análise de custos de sistemas de desinfeção.

¹ Licenciatura em Engenharia Civil (UM), Técnico da empresa *Januário & Noé*, Funchal, Madeira.

² Doutoramento em Engenharia Civil (UM), Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Braga.

1 - INTRODUÇÃO

A utilização de piscinas tem sofrido nos últimos anos um crescimento notável devido a uma maior consciencialização da importância social e dos benefícios físicos e psicológicos que esta actividade proporciona aos elementos de comunidades com tendências cada vez mais sedentárias, convivendo em células cada vez mais restritas e sujeitos a um crescente *stress*, potenciado por economias mais exigentes em termos de competitividade e produtividade. Este incremento na utilização de piscinas deve-se ainda a factores como o nível de poluição das águas fluviais e costeiras e a crescente dificuldade no acesso às praias por sobrelotação.

Ao interesse por esta actividade lúdica tem correspondido um investimento (público e privado) na construção de novas e cada vez mais sofisticadas instalações desportivas destinadas não só à prática da natação, mas também à fruição de espaços públicos requalificados.

Estes investimentos vieram contribuir para o desenvolvimento de novas tecnologias (equipamento e produtos) que minimizam os eventuais efeitos negativos para a saúde pública associados à qualidade da água das piscinas, nomeadamente:

- as reacções orgânicas e alérgicas (dermatoses, conjuntivites, otites, sinusites, micoses) decorrentes do contacto directo com a água e/ou com as substâncias resultantes do seu tratamento;
- o desenvolvimento de doenças transmitidas por ingestão de água com microrganismos patogénicos (hepatites, salmonelas, gastroenterites, etc.) e/ou com substâncias tóxicas (subprodutos da desinfecção, toxinas e micropoluentes orgânicos).

Para a minimização dos perigos e riscos associados á utilização destes equipamentos foi necessário compreender e controlar a variedade e complexidade dos processos bioquímicos que podem ocorrer nos ecossistemas aquáticos e encontrar soluções e alternativas mais adequadas à especificidade não só de cada tipo de piscina, mas também do tipo e frequência de utilização, de modo a permitir uma fruição segura destes desejados espaços colectivos de convívio e lazer.

Neste trabalho faz-se uma referência aos princípios gerais a observar na gestão da qualidade da água de piscinas, aos critérios gerais e normas a observar no dimensionamento e operação dos sistemas de tratamento de água das piscinas públicas, aos principais processos alternativos de tratamento microbiológico e procede-se a uma análise comparativa dos custos (de investimento e operação) de sistemas alternativos de desinfecção da água (disponíveis no mercado), respeitando a legislação em vigor, aplicada a um caso de estudo.

Esse caso de estudo refere-se a uma piscina pública com uma dimensão-tipo (25m de comprimento, 12,75m de largura e 1,30m de profundidade média) correspondente à instalação que o Governo da Região Autónoma da Madeira pretende construir na totalidade dos seus municípios, para apoio à actividade desportiva nos respectivos estabelecimentos de ensino.

Analisou-se ainda as implicações no controlo da qualidade da água e no dimensionamento dos principais órgãos do sistema de tratamento da água da piscina decorrentes da aplicação do *Decreto Regulamentar n.º 5/97 de 31 de Março* em relação à anterior regulamentação (*Directiva do Conselho Nacional de Qualidade CNQ n.º 23/93 de 24 de Maio de 1993*) e à norma norte-americana *Chemical Operational Parameters*.

2 - GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCINAS

As piscinas podem ser classificadas de acordo com múltiplos critérios, sendo de destacar, no âmbito deste trabalho, os seguintes:

- uso: públicas, privadas (semi-públicas) e particulares (domésticas);
- finalidade: desportivas, recreativas, terapêuticas e mistas;
- manutenção: alimentação contínua; enchimento cíclico; recirculação e tratamento e só tratamento (sem recirculação).

Além disso, em termos de gestão da qualidade da água, interessa distinguir se são ou não aquecidas (especialização microbiológica) e se são cobertas ou descobertas (pelo eventual favorecimento da proliferação de biomassa microalgal). Neste trabalho analisou-se o caso duma piscina pública, recreativa, com recirculação e tratamento, aquecida e coberta.

2.1 - Requisitos de qualidade

A principal prioridade na gestão da qualidade da água deste tipo de piscina centra-se na salvaguarda da saúde pública, associada aos seguintes requisitos de qualidade:

- estéticos, nomeadamente o controlo da turvação, de modo a minimizar lesões por contacto directo (dermatoses, micoses, conjuntivites) e a facilitar as acções de socorro;
- sanitários, associados ao controlo da qualidade microbiológica, para prevenir a transmissão de doenças infecciosas, e da presença de substâncias tóxicas eventualmente resultantes do processo de desinfecção (subprodutos).

O sucesso da resposta a este importante desafio requer uma actuação integrada e criteriosa a diferentes níveis:

- tratamento da água, incluindo filtração e desinfecção) para remover (ou inactivar) microrganismos, poluentes e partículas em suspensão;
- hidráulica do tanque, nomeadamente a suas condições de mistura, de modo a assegurar uma distribuição homogénea de desinfectante (residual) e uma remoção das massas contaminadas pelos utentes;
- renovação frequente da água, de modo a diluir a concentração de substâncias não removíveis através dos processos convencionais de tratamento;
- limpeza de superfícies, para remoção de biofilmes das paredes, de sedimentos depositados no fundo e de partículas retidas no material filtrante dos órgãos de tratamento.

2.2 – Parâmetros de controlo

Os parâmetros de qualidade que devem ser medidos com maior frequência (6 horas), pela sua importância e face à facilidade e economia da sua determinação, são o *pH*, o teor de desinfectante residual, a turvação e a temperatura. Em piscinas públicas impõe uma monitorização mínima quinzenal de parâmetros microbiológicos e químicos.

O controlo do *pH* da água da piscina é essencial para assegurar a eficiência dos processos de coagulação e desinfecção e reduzir a deterioração das componentes do sistema de tratamento, devendo situar-se entre 7,2 e 7,8 no caso de desinfecção com produtos clorados e entre 7,2 e 8,0 no caso de produtos não clorados (WHO, 2006). Valores inferiores a estes podem provocar irritação nos olhos e na pele, enquanto que valores superiores aos recomendados favorecem o aumento da turvação e implicam um maior consumo de desinfectante.

A concentração de desinfectante residual necessária para garantir a qualidade microbiológica varia com o tipo de produto utilizado e com as características e controlo de qualidade da água das instalações. No caso dos produtos clorados, essas concentrações devem variar entre 0,4 e 0,6 mg/L de cloro residual livre (CRL) no caso de piscinas não aquecidas e entre 0,7 e 1,0 mg/L no caso de piscinas aquecidas, devendo o cloro residual combinado (CRC) ser sempre inferior a metade do residual total (CRT) e desejavelmente inferior a 0,2 mg/L. No caso do cloro ser complementar da desinfecção com ozono ou radiação UV, o cloro residual livre deverá apresentar uma concentração entre 0,2 e 0,5 mg/L (WHO, 2006). A utilização de ozono destrói partículas de menor dimensão (p.ex.: vírus), sendo necessário medidas especiais no processo de filtração. A norma alemã impõe um limite máximo para os trihalometanos (na forma de clorofórmio) inferior a 0,02 mg/L.

O controlo da qualidade microbiológica da água das piscinas públicas e semi-públicas com desinfecção deve ser efectuado através duma monitorização de rotina a quatro indicadores principais – bactérias heterotróficas, coliformes, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella spp.* – com a frequência preconizada no Quadro 1. Os valores limite estabelecidos para estes indicadores nas normas da WHO (2006) são também apresentados nesse Quadro.

Quadro 1

Controlo da qualidade microbiológica da água de piscinas (WHO, 2006)

Tipo de piscina		Bactérias heterotróficas	Coliformes / <i>E. coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Legionella spp</i>
Pública (utilização intensa)	Frequência	semanal	semanal	quando necessário	trimestral
	Limite máximo (NMP/100mL)	200 / 1 mL	1	1	1
Semi-públicas	Frequência	mensal	mensal	quando necessário	trimestral
	Limite máximo (NMP/100mL)	200 / 1 mL	1	1	1

No Portal de Saúde Pública (Portugal) recomenda-se uma frequência quinzenal da amostragem e a obtenção duma ausência total de coliformes e estreptococos fecais, de *pseudomonas aeruginosa* e de *estafilococos aureus* (coagulose positiva), admitindo-se um limite de 10 NMP/100 mL, para os coliformes fecais e de 100 NMP/1 mL para as bactérias mesófilas aeróbias totais (a 37°C).

A turvação máxima admissível deve permitir a visualização do fundo desde o bordo da piscina, com um valor máximo de 0,5 NTU para garantir uma desinfecção eficaz. A alcalinidade não deve exceder o valor de 150 mg(CaCO₃)/L, de modo a evitar incrustações nos órgãos da piscina.

A temperatura deve ser próxima dos 24°C para adultos e de 26°C para crianças. Acima dos 29°C, causa desconforto e favorece o crescimento microbiano.

A presença de partículas coloidais implica a realização de um processo de coagulação, devendo a dosagem de coagulante ser constante e a menor possível: 50 mg/m³ no caso dos sais de alumínio e o dobro no caso de sais férricos.

2.3 – Disposições legais e normas internacionais

Apresenta-se no Quadro 2 uma análise comparativa dos valores estabelecidos para os principais requisitos de qualidade na legislação nacional em vigor o *Decreto Regulamentar n.º 5/97 de 31 de Março* e a anterior *Directiva do Conselho Nacional de Qualidade CNQ n.º 23/93 de 24 de Maio* – e em normas internacionais, nomeadamente a norte-americana *Chemical Operational Parameters (COP)* e a alemã DIN 19643.

Quadro 2
Requisitos de qualidade da legislação nacional e de normas internacionais

Parâmetro	Valor ideal D.R. 5/97	Valor ideal C.O.P	Valores limite D.R. 5/97	Valores limite C.O.P	Valores limite DIN 19643
pH	7,4 - 7,6	7,5	7 - 8	7,2 - 7,8	6,8 – 7,2
Cloro residual livre (mg Cl ₂ /L)		1,0 – 1,5	0,5 - 1,2 (7 < pH < 7,4) 1 - 2 (7,4 < pH < 8)	1 - 3	0,3 – 0,6 0,7 – 1,2 (aquecidas)
Cloro residual combinado	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
Cloro residual total (mg Cl ₂ /L)			CRL + 0,6	CRL + 0,2	CRL + 0,2
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)		100	100 - 150	80 -200	100 - 150
Dureza (mg CaCO ₃ /L)		125	175 - 300	50 – 800	500
Ácido isocianúrico (mg/L)	-		75	30 – 150	100
Bromo (mg/L)	1	1,5	0,8 - 2	0,8 – 3	2
Cobre (mg/L)	-		2	0,3	0

As principais diferenças da norma norte-americana em relação à legislação nacional são:

- Aumento de 50% nos limites (mínimo e máximo) da concentração de cloro residual livre;
- Redução de 66% do limite máximo da concentração de cloro residual combinado;
- Duplicação do limite máximo de ácido isocianúrico;
- Aumento de 50% no limite máximo de bromo;
- Redução de 85% do limite máximo da concentração de cobre.

Relativamente a estas diferenças, podemos constatar que os valores mais reduzidos de desinfetantes exigidos pela norma nacional, no caso do cloro e o bromo, poderá implicar um valor inferior no custo da desinfecção microbiológica da água da piscina com estes produtos. No entanto o valor baixo exigido para a concentração de ácido isocianúrico, poderá implicar renovações de água diárias superiores às exigidas nessa norma, aumentando os custos com os maiores volumes de água abastecida e com os produtos desinfetantes a adicionar a esse volume de água suplementar. Em relação à norma alemã DIN 19643, as principais diferenças residem na severidade desta relativa à utilização de cobre e na redução de um terço no limite da concentração de CRC.

3. TRATAMENTO DA ÁGUA DE PISCINAS PÚBLICAS

Na Figura 1 representa-se uma instalação-tipo numa piscina com tratamento e recirculação com indicação dos principais processos de tratamento da água.

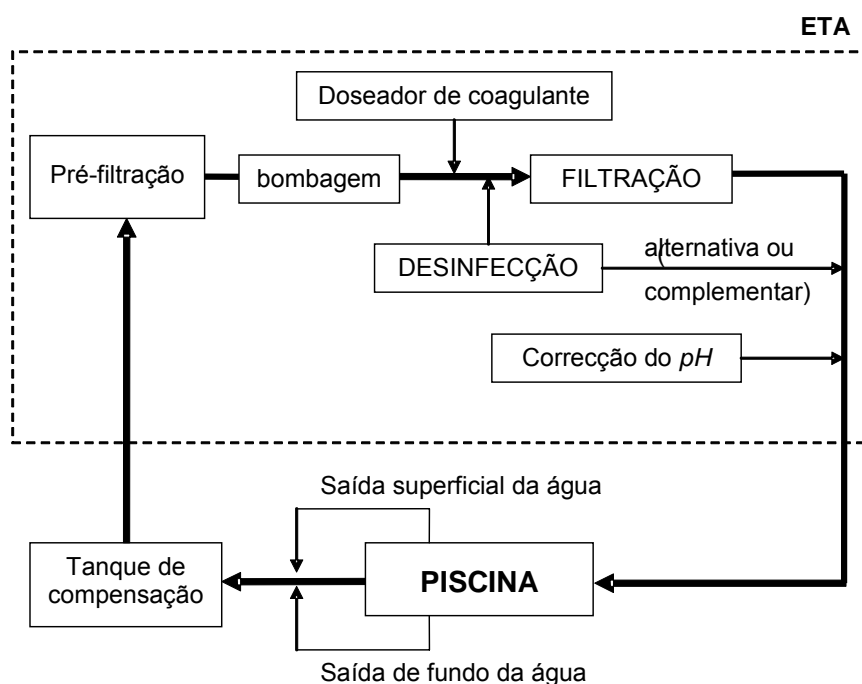


Figura 1 – Esquema de tratamento numa piscina típica

Em relação à recolha da água objecto de recirculação e tratamento, Gransloser et al. (1999) recomendam que 75 a 80% seja feita superficialmente (massas de água mais poluídas) e a restante pelas saídas de fundo do tanque da piscina.

3.1. Critérios de dimensionamento

No que se refere ao volume do tanque da piscina, o critério de dimensionamento da sua área resulta da consideração duma carga máxima de utentes ou da sua profundidade (Quadro 3), estando esta dependente da finalidade da piscina e das respectivas condições de segurança.

Quadro 3
Critérios de dimensionamento do volume das piscinas públicas

Tipo de piscina		Critério (m ² /utente)
Coberta		2
Descoberta		1
Profundidade (m) (BSI, 2003)	< 1,0	2,2
	1,0 – 1,5	2,7
	> 1,5	4,0

Os critérios gerais para o dimensionamento dos respectivos órgãos de tratamento referidos na legislação nacional são:

- o *período de recirculação* (tempo necessário para fazer passar pelo sistema de tratamento, um volume idêntico ao volume total da piscina), que permite calcular o *caudal de recirculação*;
- a *velocidade de filtração* ou *carga superficial* (velocidade com que a água passa através do filtro), que traduz o quociente entre o caudal de circulação e a área da secção transversal dos filtros utilizados.

Como critério geral, o tempo de recirculação mínimo é de 6 horas, sendo frequentemente adoptado um período de 4 horas, excepto nos tanques utilizados por crianças em que esse período não deverá exceder 1 hora em situações de ponta. A BSI fixou os períodos de recirculação em função do tipo de piscina (Quadro 4).

Quadro 4
Períodos de recirculação (BSI, 2003)

Tipo de piscina	Período de recirculação (h)
Competição (L > 50 m)	3 - 4
Convencional (até 25 m)	2,5 - 3
Mergulho	4 - 8
Hidroterapia	0,5 – 1
Ensino / treino	0,5 – 1,5

Os processos de coagulação, filtração e desinfecção não conseguem remover todos os poluentes da água das piscinas (gorduras e subprodutos da desinfecção), sendo por isso necessário proceder à sua *renovação* por diluição com água fresca no tanque de compensação. A percentagem diária de renovação/substituição deverá ser da ordem dos 2 a 5% do volume de água da piscina, aumentando para 15-20% nas piscinas de crianças, com um valor mínimo de 30 L/utente (WHO, 2006).

A filtração tem como objectivo remover a turvação da água, sendo antecedida por um processo de coagulação sempre que haja necessidade de eliminar partículas em suspensão coloidal. Este processo deverá ser efectuado sob pressão através de filtros fechados, de areia (unicamada) ou de areia com antracite (dupla camada), com capacidade para obter taxas de filtração entre 25 e 30 m³/h/m² e remover partículas até 7 µm. A presença de oocistos (*Cryptosporidium*) e cistos (*Giardia*) pode implicar a utilização de ultrafiltração, com diatomáceas ou perlite na camada filtrante, de modo a remover partículas com dimensão superior a 1 µm, embora apenas se consigam obter taxas de infiltração entre 3 e 5 m³/h/m².

3.2. Implicações do DR n.º 5/97 no dimensionamento do tratamento físico

No Quadro 5, apresenta-se as principais diferenças resultantes da aplicação da Directiva CNQ 23/93 e do Decreto Regulamentar 5/97 ao dimensionamento dos órgãos de tratamento físico relativos ao caso de estudo já referido e a suas implicações no custo total das respectivas soluções.

Quadro 5

Dimensionamento dos órgãos e equipamentos do tratamento físico (caso de estudo)

EQUIPAMENTO / ÓRGÃO	DIRECTIVA CNQ 23/93	DECRETO REGULAMENTAR 5/97	
Caudal das electrobombas suplementares	70% do caudal de dimensionamento da electrobomba de circulação	50% do caudal de dimensionamento da electrobomba de circulação	
Altura de leito filtrante (taxa de filtração: 20 a 30 m ³ /h/m ²)	≥ 1.20m	≥ 1.00m	
Custo dos grupos electrobomba (recirculação+suplementares)	5.336,69 €	4.350,60 €	-18%
Custo do filtro	17.157,04 €	12.689,61 €	- 26%
Custo total dos órgãos	23.545,22 €	18.083,30 €	- 23%

Com esta análise comparativa podemos observar uma poupança na ordem dos 23% no custo inicial de investimento dos órgãos deste sistema de tratamento físico quando se cumprem os requisitos estabelecidos no Decreto Regulamentar 5/97.

4. SISTEMAS DE DESINFECÇÃO DA ÁGUA DE PISCINAS

A desinfecção é a etapa do processo de tratamento da água que visa a inactivação de microrganismos patogénicos por meios químicos (cloro, ozono, bromo, etc.) ou físicos (radiação UV) de forma a não constituírem um risco de infecção significativo.

A água em recirculação é desinfectada durante o tempo de contacto com o agente utilizado nesse processo, enquanto que a desinfecção de toda a massa de água, nomeadamente a que está no tanque da piscina é efectuada através dum residual de desinfectante (cloro ou bromo), que inactiva parcialmente os microrganismos entretanto introduzidos na água pelos banhistas.

Os microrganismos cuja eliminação seja difícil ou impossível através dos sistemas de desinfecção disponíveis no mercado implicam o recurso a altas taxas de diluição (renovação) de modo a manter a qualidade da água. As dosagens de desinfectante recomendadas requerem a prévia satisfação da carência imediata de oxigénio da água recirculada.

4.1. Processos alternativos

Os produtos clorados são os tradicionalmente utilizados no tratamento microbiológico, embora apresentem como desvantagem as habituais reacções alérgicas e inflamatórias nos utentes das piscinas (dermatoses, conjuntivites, otites), principalmente quando o controlo adequado do respectivo residual é negligenciado. Alguns dos processos alternativos, nomeadamente a aplicação de ozono, ácido carbónico e a radiação UV, não tendo acção residual, necessitam sempre da aplicação duma concentração residual de desinfectante (à base de cloro ou bromo).

A desinfecção com produtos clorados pode ser efectuada através da adição de cloro gasoso, hipoclorito (sódio, cálcio ou lítio) ou por electrólise do sal (*salinização*), que consiste na ionização do cloreto de sódio (dosagem da ordem dos 3,5 a 5 kg/m³), tendo como principal vantagem a obtenção do cloro por processos naturais. Refira-se que o poder desinfectante do cloro aumenta com a diminuição do pH e o aumento da temperatura da água, pelo que é necessário ter em consideração estes dois parâmetros no ajuste automático da dosagem de cloro.

A ionização electrolítica de metais nobres (cobre e prata) é outro processo que garante um residual desinfectante para concentrações de ião cobre da ordem dos 0,4 a 0,7 mg/L.

Neste trabalho foram considerados, para a análise comparativa de custos de sistemas de desinfecção aplicados ao caso de estudo, os processos alternativos sintetizados no Quadro 6, bem como os necessários processos complementares de modo a cumprir todos os requisitos de qualidade da água (sanitários e estéticos) em piscinas públicas.

Quadro 6

Processos alternativos de tratamento microbiológico da água das piscinas

TRATAMENTO MICROBIOLÓGICO	Adição de produtos clorados	<ul style="list-style-type: none"> • Adição de cloro granulado • Adição de cloro através de electrólise do sal
	Adição de bromo	
	Adição de oxigénio	
	Adição de metais nobres	Ionização com cobre e prata
	Ozonização	<ul style="list-style-type: none"> • Parcial • Total
	Radiação ultra-violeta (UV)	<ul style="list-style-type: none"> • Lâmpada de baixa pressão • Lâmpada de média pressão
PROCESSOS COMPLEMENTARES	Correcção de pH	
	Remoção de Dureza	
	Remoção de cor, odor e turvação	<ul style="list-style-type: none"> • Adição de algicida • Adição de floculante
	Estabilização de cloro residual	

4.2. Análise comparativa de custos de investimento e exploração

No Quadro 7 apresenta-se uma síntese das estimativas de custo do investimento inicial para o tratamento microbiológico da água numa piscina semelhante à do caso de estudo, comparando-os com o sistema de desinfecção por adição de cloro. Indica-se, ainda, o período de amortização do respectivo custo de investimento inicial em relação ao sistema de adição do cloro.

Quadro 7

Custos de investimento para o tratamento microbiológico (caso de estudo) (€)

Processos	Cloro	Bromo	Oxigénio	Ionizador	Clorinador	Ozono Total	Ozono Parcial	UV baixa Pressão	UV Média Pressão
Custo do Investimento inicial	5.284	11.869	2.622	10.624	9.932	52.634	36.834	30.784	38.784
Agravamento dos custos de investimento	(base)	125%	Não comp.	101%	88%	896%	597%	483%	634%
Anos de Amortização (base: adição do cloro)				6		> 20	15	>20	17

Relativamente ao oxigénio, o valor do investimento inicial calculado é cerca de metade do investimento necessário para a desinfecção por produtos clorados, no entanto estes valores não são comparáveis, dado que o doseamento com o oxigénio não é feito de uma forma automatizada.

Os custos de investimento relativos à adição de bromo, electrólise do sal e ionização electrolítica de cobre e prata são cerca do dobro dos relativos à adição de cloro, enquanto que as soluções relativas à radiação ultra-violeta e à ozonização são cerca de seis a nove vezes mais dispendiosas.

Podemos ainda constatar que o processo de ionização é amortizável em 6 anos, que o processo de cloração através da electrólise do sal, não é amortizável em relação ao cloro atendendo ao seu custo de exploração. Verifica-se ainda que o processo de ozonização parcial e o processo com radiação UV com lâmpada de média pressão são amortizáveis em 15 e 17 anos, respectivamente, e que os processo de ozonização total e de radiação UV com lâmpada de baixa pressão só são amortizáveis em períodos superiores a 20 anos.

No Quadro 8 apresenta-se uma síntese das estimativas do custo mensal de exploração (em termos unitários) para o tratamento microbiológico da água duma piscina semelhante à do caso de estudo, comparando-os com o sistema de desinfecção por adição de cloro.

Quadro 8

Custo mensal de exploração do tratamento microbiológico (caso de estudo) (€/m³)

Processo	Cloro	Bromo	Oxigénio	Ionizador	Clorinador	Ozono Total	Ozono Parcial	UV baixa Pressão	UV Média Pressão
Custo de Exploração	1,19 €	5,09 €	6,85 €	1,05 €	1,45 €	1,11 €	0,80 €	1,05 €	0,81 €
Comparação dos custos de exploração com a adição do cloro	(base)	328%	475%	-12%	22%	-7%	-33%	-12%	-32%

Como podemos verificar, as soluções menos vantajosas em termos de manutenção são as de adição de bromo e de oxigénio, com agravamentos entre o triplo e o quántuplo do valor base relativo á adição de cloro.

Os custos de exploração mais económicos verificam-se para os sistemas de desinfecção baseados na aplicação de ozono parcial e de radiação UV com lâmpada de média pressão, em que se podem conseguir reduções de 33% e 32%, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

O trabalho realizado permite concluir que a adopção dum determinado sistema de desinfecção para tratamento microbiológico da água de piscinas não deve ser efectuado apenas por critérios assentes na tradição ou na facilidade de obtenção e de montagem de equipamentos, mas sim com base nos objectivos a atingir no processo de desinfecção, no tipo de piscina e numa análise criteriosa dos custos de investimento e de exploração inerentes a essa instalação específica, mais a mais quando se colocam com cada vez mais frequência a possibilidade de parcerias público-privadas para a concretização destes equipamentos de lazer. Nestes casos, impõe-se que o interesse público seja acutelado ao não se adoptarem soluções técnicas que onerem a sua parte nos custos destes empreendimentos.

Para este caso de estudo, a selecção do processo de tratamento microbiológico da água desta piscina pública pode ser efectuada com base em critérios distintos, cabendo aos decisores políticos adoptar a que entenderem mais convenientes ao interesse público, sempre com a salvaguarda da saúde pública.

A título de exemplo sugerem-se alguns critérios de decisão, aos quais corresponderiam as seguintes soluções de tratamento microbiológico mais adequadas:

- Se pretendermos um baixo custo de exploração e um baixo custo de investimento inicial dever-se-á optar pela *adição de cloro*, que actua apenas como um bactericida e origina algumas reacções alérgicas nos utentes por contacto directo com o cloro;
- adoptar um menor valor residual de cloro na água, uma amortização dos custos de investimento iniciais relativamente rápida (6 anos) e uma redução dos custos de exploração na ordem dos 12%, dever-se-á optar pelo processo de desinfecção por *ionização com cobre e/ou prata*;
- Se pretendermos uma desinfecção mais extensa (não apenas bactericida) e o menor custo de exploração (redução da ordem dos 33%), embora com um maior custo e período de amortização do investimento inicial, dever-se-á optar pela *ozonização parcial* ou pela *radiação UV com lâmpada de média pressão*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIA

APP - Associação Portuguesa de Profissionais de Piscinas e Instalações de Lazer
<http://www.apppages.com>

BSI, *Management of public swimming pools – water treatment systems water treatment plant and heating and ventilation systems – code of practice*. British Standards Institute, Publicly Available Specification (PAS) 39, 2003.

DECRETO REGULAMENTAR 5/97, de 31 de Março.

DIRECTIVA CNQ 23/93, de 24 de Maio, Conselho Nacional da Qualidade, Lisboa.

EUSA-European Union of Swimming Pool and Spa Associations,

<http://www.eusaswim.com>

GRANSLOER, G.; HASSELBARTH, U.; ROESKE, W. – *Treatment of swimming pool and bath water*, Beuth Verlag, Berlin, 1999.

MACEDO, J.A., *O Estado da Arte da Relação Ácido Cianúrico e a Superestabilização*. Revista Controle da Contaminação, 2001.

<http://www.aguaseguas.hpg.ig.com.br/page2.html>

NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards), *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing*, 10th Informational Supplement M100-S10. Wayne, PA, USA, pp. 28, 2000.

PORTAL DE SAÚDE PÚBLICA, <http://www.saudepublica.web.pt/>

USEPA, *Chemical Operational Parameters (Apêndice B)*. Normas norte-americanas para piscinas. <http://www.usace.army.mil/publications/armytm/tm5-662/app-b.pdf>

WHO, *Guidelines for safe recreational waters*. Volume 2 - Swimming pools and similar recreational-water environments.

http://www.who.int/water_sanitation_health.