

CONSÓRCIO

GEOMETRAL - Técnicas de Medição e Informática, SA
D.712 – Laboratório de Arquitectura, Lda
GECIP – Gabinete de Engenharia Civil e Informática de Projecto, Lda
UNIVERSIDADE DE ÉVORA

PLANO DE ORDENAMENTO DA ALBUFEIRA
DE VALE DE GAIO

Fase 1 - Estudos Base

ANEXO 13

Qualidade da Água

*Manuela Morais
Rita Fonseca*

UE, Jan 1999

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	3
2 - METODOLOGIA	4
2.1 - AMOSTRAGEM	4
2.2 - ANÁLISE LABORATORIAL	7
2.2.1 - Análises físicas e químicas da água	7
2.2.2 - Fitoplâncton	7
2.2.3 - Macroinvertebrados bentônicos	7
2.2.4 - Microbiologia	8
2.2.5 - Análises físicas e químicas dos sedimentos	8
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
3.1 - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA	10
3.2 - FITOPLÂNCTON	11
3.3 - MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	14
3.4 - ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DOS SEDIMENTOS	15
4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
BIBLIOGRAFIA	20

1 - INTRODUÇÃO

A qualidade da água representa uma característica essencial para a definição de regras de utilização do plano de água e da zona envolvente. Na albufeira do Vale do Gaio constata-se a inexistência de análises químicas e biológicas da água, não existindo actualmente nenhum indicador sobre a sua qualidade. Verificam-se fontes pontuais de poluição em alguns afluentes, relacionados com lavagens de lagares e suiniculturas. Por este motivo, e dado o uso geral a que se destina a água (rega de produtos alimentares para consumo humano) e o interesse já manifestado pela Câmara Municipal de Alcácer do Sal para implementação de turismo com instalações hoteleiras e desenvolvimento de actividades recreativas (ex. remo), foi feito um estudo de parâmetros físicos, químicos e biológicos da massa de água e das linhas de água expostas às fontes de poluição e um estudo químico e granulométrico dos sedimentos de fundo.

Grande parte dos materiais de origem continental que deveria seguir naturalmente o curso dos rios até às zonas costeiras fica retido nas barragens, o que contribui para um progressivo assoreamento das sua albufeiras. O assoreamento e a entrada de nutrientes sob a forma particulada ou dissolvida, são correlativos dos processos que se verificam a montante, nomeadamente, a excessiva erosão e perda de solo nas bacias de drenagem, o progressivo aumento urbano e o aumento de actividades industriais e agrícolas (através do uso indiscriminado de fertilizantes). Estas últimas actividades são particularmente responsáveis pela entrada nas albufeiras de azoto e fósforo, que como se sabe, são identificados como elementos-chave na eutrofização. Por este motivo, o estudo destes dois elementos mereceu especial atenção.

Os sedimentos de fundo são reconhecidos como locais preferenciais de deposição de materiais orgânicos e minerais, em particular de nutrientes e metais. Devido à circulação contínua de elementos através da interface sedimento-água, estes materiais são libertados para a coluna de água, contribuindo para uma deterioração da sua qualidade. Em consequência deste fenómeno aliado ao progressivo assoreamento, as albufeiras têm um período de vida cada vez mais curto, acabando por ser interditas para os usos a que foram destinadas e muitas foram abandonadas apenas alguns anos após a sua construção.

A caracterização da qualidade da água e do estado trófico da albufeira do Vale do Gaio foi assim, feita através da análise conjunta das duas entidades: água e sedimento de fundo. Este estudo paralelo revelou-se muito importante, pois possibilitou ter uma ideia sobre a origem de determinados elementos na massa de água bem como o conhecimento da forma pela qual estes entram na albufeira (particulada ou dissolvida).

2 - METODOLOGIA

2.1 - AMOSTRAGEM

Este estudo baseou-se numa campanha de amostragem efectuada na segunda quinzena de Novembro do corrente ano. Foram definidos 3 pontos uniformemente distribuídos na albufeira e coincidentes com o antigo leito do curso de água principal (rio Xarrama), onde se verificam as maiores profundidades (estações 1, 3 e 5 - Fig. 1). Estas variaram entre 11 metros, no troço montante da albufeira e 23 metros, na zona mais próxima do paredão. Foram igualmente efectuadas colheitas de macroinvertebrados bentónicos, em 3 das principais linhas de água (estações 2, 4 e 6 - Fig. 1).



Fig. 1 - Rede de amostragem utilizada no estudo da água e dos sedimentos da albufeira do Vale do Gaio.

Caracterização dos locais de amostragem

A descrição dos locais de amostragem, elaborada de uma forma obviamente sintética, é feita com base na relação e variação de parâmetros ambientais de modo a permitir uma tipologia das diferentes zonas da albufeira (Fig. 1): Zona próxima da entrada da ribeira do Enxoé; zona próxima do muro da barragem; linhas de água principais.

Local 1

Local situado mais próximo do muro da barragem, coincidindo com o antigo leito do curso de água principal (rio Xarrama).

Apresentou uma profundidade de 23 m, que se estendia regularmente por toda uma zona localizada imediatamente a montante do muro da barragem. A profundidade da zona eufótica foi de 3,2 m. Não se verificou estratificação térmica. À superfície observavam-se vestígios de cianobactérias em agregados coloniais.

Neste local foram efectuadas: análises físicas e químicas da água e dos sedimento; análise de fitoplâncton.

Local 2

Localizado numa das principais linhas de água na zona SW da albufeira (Fig.1).

A profundidade foi de 0,8 m. A coluna de água abrangia toda a zona eufótica. O substrato era maioritariamente constituído por areia e cascalho. À superfície observavam-se vestígios de cianobactérias em agregados coloniais.

Efectuou-se análise de macroinvertebrados bentónicos e determinação do Índice Biótico Belga.

Local 3

Zona de confluência de duas das principais linhas de água no troço SW da albufeira.

A profundidade manteve-se nos 23 m. A zona eufótica atingiu 3,6 m. Não se verificou estratificação térmica.

Neste local foram efectuadas: análises físicas e químicas da água e dos sedimento; análise de fitoplâncton.

Local 4

Localizada numa das principais linhas de água no troço NW da albufeira.

Apresentou uma profundidade de 1,05 m. A coluna de água abrangia a zona eufótica. O substrato era maioritariamente constituído por areia e cascalho. Observavam-se algas filamentosas macroscópicas em abundância.

Neste local foram efectuadas: análises físicas e químicas da água; análise de fitoplâncton e análise de macroinvertebrados com determinação do Índice Biótico Belga.

Local 5

Local situado próximo da confluência do rio Xarrama.

Apresentou uma profundidade de 11 m. A zona eufótica atingiu a profundidade de 2,20 m.

Neste local foram efectuadas: análises físicas e químicas da água e dos sedimento; análise de fitoplâncton.

Local 6

Situado no rio Xarrama, perto da confluência do rio com a albufeira.

A profundidade máxima foi de 0,7 m e a profundidade média de 0,40 m. A zona eufótica atingia toda a coluna de água. O substrato era maioritariamente constituído por afloramentos

rochosos, pedras e cascalho. Os “fácies” lântico e lótico apresentavam-se nitidamente diferenciados. À superfície da água observavam-se vestígios de cianobactérias em agregados coloniais.

Efectuou-se análise de macroinvertebrados bentónicos e determinação do Índice Biótico Belga.

Métodos de colheita e de medição

A avaliação físico-química da massa de água foi feita com base em medições efectuadas a 3 níveis de profundidade: superfície, meio e fundo. A temperatura, o Oxigénio Dissolvido, o pH e a condutividade foram medidos "in situ" com sondas apropriadas. Para a determinação dos restantes parâmetros físico-químicos, procedeu-se à colheita de amostras com uma garrafa de Van Dorn aos mesmos níveis de profundidade, tendo estes sido analisados posteriormente em laboratório.

O fitoplâncton foi analisado na zona eufótica a partir de uma amostra composta a 3 níveis de profundidade. Paralelamente foi feito um arraste vertical (na zona eufótica) com rede apropriada de forma a se obter uma maior concentração de algas que possibilitasse uma maior diversidade específica.

Os macroinvertebrados foram recolhidos com uma rede de arraste.

Dada a complementaridade das duas entidades, coluna de água e sedimentos de fundo, a colheita destes últimos foi efectuada nos 3 pontos de amostragem seleccionados no interior da albufeira (estações 1, 3 e 5, ver Fig. 1). Esta colheita foi feita com o auxílio de uma draga “Shipeck”. Este amostrador já em trabalhos anteriores (Fonseca *et al.*, 1998) mostrou ser muito eficaz na obtenção de sedimentos superficiais pouco perturbados, o que permitiu fazer em cada amostra, sub-amostras variadas para as diversas análises químicas e físicas. As amostras foram armazenadas em sacos de polietileno devidamente identificados e imediatamente submetidas às análises laboratoriais que nos propusemos realizar.

2.2 - ANÁLISE LABORATORIAL

2.2.1 - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA

No laboratório procedeu-se à análise dos Sólidos Totais em Suspensão, do Fósforo Total, dos Fosfatos, do Azoto Kjeldahl, do Azoto Amoniacal e dos Nitratos, segundo os métodos descritos no Quadro 1. No mesmo Quadro indicam-se, também, as suas precisões (% de desvio padrão relativo) e referências bibliográficas.

Quadro 1 – Metodologia das análises físicas e químicas da água

Parâmetros	Métodos	Precisão	Referências
Sólidos totais em Suspensão	Diferença de peso de filtros Warweman GF/C com 1,2µm, após secagem em estufa a 60°C		A.P.H.A (1992)
Fósforo total	Método espectrofotométrico pelo cloreto estanhoso, após digestão com ácido nítrico	14,2%	A.P.H.A (1992)
Fosfatos	Método espectrofotométrico pelo cloreto estanhoso	14,2	A.P.H.A (1992)
Azoto Kjeldahl	Método espectrofotométrico de Kjeldahl	52,1%	A.P.H.A (1992)
Azoto amoniacal	Método espectrofotométrico com destilação em meio alcalino, seguido do método de Nessler	21,2%	A.P.H.A (1992)
Nitratos	Método espectrofotométrico ultra violeta	21,2%	A.P.H.A (1992)

Inicialmente estava prevista a análise de metais na água. Devido à morosidade dos processos de análise, neste primeiro relatório não se incluem estes dados, sendo apresentados posteriormente no relatório final.

2.2.2 - FITOPLÂNTON

A clorofila *a* e os feopigmentos foram analisados segundo o método de Lorenzen (1967), calculadas por volume (mg/m³). Foram utilizados filtros Waterman de fibra de vidro com 1,2 µm de poro. O meio de extracção utilizado foi a acetona a 90%.

A identificação do fitoplâncton foi feita em vivo com microscópio óptico. A análise quantitativa foi efectuada em amostras conservadas com uma solução de lugol, depois de sedimentadas em câmaras de contagem de 5 e 10 ml de volume, segundo o método de Uthermohl.

2.2.3 - MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

No laboratório procedeu-se à triagem do material biológico, utilizando-se crivos de malha calibrada (0,5 mm) e separando-se em seguida os organismos por grupo taxonómico. A

identificação foi efectuada com lupa binocular, tendo-se recorrido a ampliações microscópicas sempre que foi necessário a observação de caracteres distintivos. Depois de efectuada a identificação foi determinado o Índice Biótico Belga (IBB).

2.2.4 – MICROBIOLOGIA

Inicialmente estava proposto a análise de parâmetros microbiológicos por forma a avaliar a qualidade da água. Neste primeiro relatório não foi ainda possível incluir os resultados dessas análises, sendo estas incluídas nas fases posteriores do estudo.

2.2.5 - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SEDIMENTOS

O estudo dos sedimentos da albufeira visou essencialmente uma caracterização física e química que completasse os estudos efectuados na massa de água, de forma a tornar possível o conhecimento do ciclo de nutrientes, em grande parte responsáveis pela evolução dos processos de eutrofização em sistemas deste tipo. Neste sentido, os sedimentos foram analisados com base em: análise granulométrica, teor de matéria orgânica, pH, azoto de Kjeldhal (azoto total excluindo os nitratos), fósforo e potássio na forma solúvel. Relativamente a estes dois últimos nutrientes, apenas se dosearam as formas que se encontram dissolvidas na água intersticial dos sedimentos (que designamos por solúveis ou disponíveis), dada a sua disponibilidade imediata para se solubilizarem na coluna de água, sendo assim as que se revestem de maior interesse para a avaliação de potenciais problemas de poluição. Considerando a importância para a caracterização da coluna de água, das formas mais solúveis dos nutrientes retidos nos sedimentos, propusemos igualmente a determinação dos teores do azoto nítrico (forma em solução na água intersticial dos sedimentos) e do azoto amoniacal (forma adsorvida nos colóides minerais e orgânicos e facilmente solubilizada). Face à morosidade dos processos laboratoriais, à data deste relatório preliminar, as determinações dos teores destas 2 fracções azotadas ainda se encontram em curso, sendo futuramente incluídas nas fases posteriores.

Com a caracterização granulométrica dos sedimentos, pretendeu-se uma definição da classe textural, a partir das percentagens das fracções argilosa ($<2\ \mu\text{m}$), siltosa ($2\ \mu\text{m} < 62\ \mu\text{m}$) e arenosa ($>62\ \mu\text{m}$) (segundo a escala de Wentworth Lane, Pettijohn, 1975), com vista à classificação dos sedimentos. A classificação textural constitui a primeira etapa da caracterização e identificação dos diferentes tipos sedimentares presentes num meio e em relação à qual uma grande parte dos outros parâmetros físicos e químicos estão relacionados. O procedimento laboratorial a que as amostras foram sujeitas pode considerar-se clássico:

- homogeneização da amostra total, quartearamento e colheita de uma toma significativa
- ataque com peróxido de hidrogénio para remoção da matéria orgânica
- lavagem com água destilada com o objectivo de retirar quaisquer sais solúveis
- separação das fracções arenosa e silto-argilosa por crivagem por via húmida
- desfloculação da fracção silto-argilosa e doseamento das partículas argilosas e das partículas siltosas a partir de pipetagem segundo a lei de Stokes (Costa, 1991).

De acordo com a análise granulométrica, determinaram-se as proporções das 3 principais classes granulométricas (areia, silte e argila), tendo estes valores sido representados num diagrama triangular de Shepard (1954) in Pettijohn (1975), o que permitiu a sua classificação granulométrica.

Para a determinação do teor de matéria orgânica utilizou-se um método de combustão por via húmida (Springer & Klee, *in* Póvoas & Barral, 1992). Segundo este método, a matéria orgânica é oxidada por dicromato de potássio em excesso, em meio sulfúrico e o dicromato que não foi utilizado na oxidação é doseado por um agente redutor (sulfato ferroso) de título conhecido, usando como indicador desta última reacção a difenilamina.

O pH foi medido usando um potenciómetro numa suspensão de sedimento em água destilada – pH (H₂O). Este parâmetro assim determinado, dá-nos o valor da acidez actual, através da medição da actividade dos catiões H₃O⁺ presentes.

De entre os elementos nutritivos, o azoto e o fósforo merecem especial referência, porque quando têm teores elevados nos sedimentos, são responsáveis pela aceleração dos processos de eutrofização, dado o seu papel como nutrientes limitantes de crescimento na maioria das águas doces. O potássio, embora não contribua directamente para os fenómenos de eutrofização, acima de determinadas concentrações, aumenta a solubilidade dos restantes elementos.

Os teores de azoto foram determinados pelo método de Kjeldahl (Silva *et al.*, 1975) que consiste num processo de oxidação dos constituintes azotados orgânicos através da digestão dos sedimentos em presença de determinados catalisadores. O amónio então formado, após destilação é transformado em amoníaco, sendo este doseado através de titulação com ácido clorídrico de título conhecido. Esta forma de azoto corresponde pois, à soma das formas orgânicas (geralmente em proporções superiores a 90% do azoto total) e da amoniacal.

O fósforo e o potássio solúveis foram doseados através do método de Egner-Riehm (Silva *et al.*, 1975), que utiliza para a extracção destes elementos da água intersticial dos sedimentos, uma solução constituída por lactato de amónio e ácido acético. O fósforo foi doseado através de espectrofotometria de absorção molecular e o potássio por fotometria de chama.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA

No Quadro 2 apresentam-se os resultados referentes aos parâmetros físicos e químicos da água determinados “in situ”.

Com excepção dos locais 4 e 6, o oxigénio dissolvido apresenta valores relativamente baixos, o que parece normal para a época do ano. De facto, para as temperaturas registadas, a percentagem de saturação do oxigénio variou entre 31,98% e 122,53% para a totalidade dos locais amostrados. A estratificação do oxigénio não é muito nítida, apenas se verificando para um dos locais amostrados, um valor próximo de uma situação de anóxia, no fundo (Local 1).

Em relação aos outros parâmetros, também não se verifica estratificação. Característica normal para uma situação típica de Outono, onde se verifica mistura da água com o desaparecimento da termoclina.

No local 4, o valor de 11,6 mg/l de oxigénio dissolvido, a que corresponde uma percentagem de saturação de 122,53% deve-se, sem dúvida, às algas filamentosas, que atingiam um grande desenvolvimento. No local 6, amostrado no rio Xarrama, numa situação com corrente, o valor de oxigénio deve-se à maior oxigenação que as águas correntes de um modo geral apresentam. É interessante verificar que no mesmo local, a condutividade é muito mais elevada, o que fará supor que o rio Xarrama é um importante meio de entrada de sais com provável origem na litologia encaixante.

Quadro 2 – Resultados de parâmetros físicos e químicos da água determinados “in situ”

		Oxigénio Dissolvido (mg/l)	Sat. de Oxig. (%)	Temperatura (°C)	pH	Condutividade (µmhos/cm)
Local 1	Sup.	3,2	31,98	17,6	7,14	298
	Meio	3,0	28,40	17,9	7,13	298
	Fundo	1,0	10,56	18,1	6,99	299
Local 3	Sup.	4,1	43,31	18,0	7,08	305
	Meio	3,0	31,69	18,0	7,07	305
	Fundo	3,0	31,69	18,0	7,03	305
Local 4	Sup.	11,6	122,53	18,2	7,60	215
Local 5	Sup.	4,1	42,42	17,1	7,20	304
	Meio	3,5	35,46	16,2	7,25	302
	Fundo	3,8	38,50	16,1	7,27	318
Local 6	Sup.	10,0	92,25	9,4	7,97	683

No Quadro 3 apresentam-se os resultados das análises efectuadas em laboratório. Como seria de esperar, os sólidos suspensos totais são mais elevados no fundo.

Os valores das diferentes formas de azoto e de fósforo na água apresentam-se de um modo geral normais, não se evidenciando concentrações muito elevadas. Convém precisar, no entanto, que este estudo se refere a uma situação pós Verão, antes das grandes precipitações, responsáveis pelo arraste de grandes quantidades de nutrientes nas águas de escorrência.

Com base nos valores de fósforo total e de azoto total, calculou-se a razão Azoto:Fósforo que é necessária para o crescimento algal. O seu afastamento em relação à relação teórica 16:1, dá-nos uma ideia sobre que nutriente, o azoto ou o fósforo, é o potencial nutriente limitante para o fitoplâncton, independentemente das suas concentrações.

Como seria de esperar, com base no conhecimento sobre outras albufeiras portuguesas, com excepção do local 5, o azoto comporta-se como o potencial nutriente limitante para as algas (razão N:P inferior a 16).

O local 5, situado mais próximo da entrada do rio Xarrama, apresenta tendencialmente concentrações superiores de azoto (nitratos, azoto total). Facto responsável pelas razões N:P tão elevadas e superior a 16, o que poderia indicar que o fósforo, para esta situação, é o nutriente potencialmente limitante. Contudo, pensamos que o desequilíbrio entre as concentrações de azoto e fósforo, registadas neste local, se devem a uma grande entrada de azoto na Albufeira, com origem no rio Xarrama, sem consequências para o fitoplâncton.

Quadro 3 – Resultados de parâmetros físicos e químicos da água determinados em laboratório

		Sólidos Susp. Totais (mg/l)	Fósforo Total (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Azoto Kjeldahl (mg/l)	Azoto amoniacoal (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Azoto Total (mg/l)	N:P
Local 1	Sup.	n.d	0,30	0,20	0,3	0,1	2,3	2,6	8,6
	Meio	2,0	0,40	0,20	0,2	0,2	1,5	1,7	4,3
	Fundo	10,0	0,40	<0,15	0,6	0,3	2,1	2,7	6,8
Local 3	Sup.	2,0	0,40	0,20	0,3	0,1	1,7	2,0	5,0
	Meio	1,0	<0,15	<0,15	0,2	0,2	2,0	2,2	-
	Fundo	193,0	0,80	<0,15	0,2	0,1	3,6	3,8	4,8
Local 4	Sup.	4,0	0,40	0,20	0,1	0,1	1,6	1,7	4,3
Local 5	Sup.	n.d	0,16	<0,15	0,4	0,1	6,1	6,5	38,1
	Meio	12,0	<0,15	<0,15	0,7	0,1	2,4	3,1	20,6
	Fundo	205,0	0,50	<0,15	-	0,1	2,9	-	

3.2 - FITOPLÂNCTON

Com excepção do local 6, as concentrações de pigmentos fotossintéticos (cl *a* e feopigmentos) são baixas, o que indica uma produtividade primária relativamente reduzida, normal para a época do ano em que este estudo foi feito (Quadro 4). Característica interessante é o facto de se verificarem taxas de degradação muito elevadas, superiores, em três dos locais amostrados, a

50%. Esta constatação parece demonstrar uma renovação da comunidade fitoplanctónica. É do conhecimento geral que o padrão sazonal típico do fitoplâncton em zonas temperadas envolve um mínimo invernal de pequenos flagelados, um pico de biomassa e actividade de diatomáceas seguido pelo desenvolvimento estival de clorofíceas e de cianobactérias. Outra observação que nos faz pensar que a comunidade fitoplanctónica se encontra em renovação, relaciona-se com os vestígios coloniais de cianobactérias visíveis na água nalguns locais. As cianobactérias tem tendência a formar agregados em situação de stress, após dominância em “blooms”. Estes agregados poderão ser indicadores da ocorrência de florescências de cianobactérias durante o Verão passado.

Uma análise espacial da albufeira revela-nos que o local amostrado no rio Xarrama é o que apresenta maior produtividade, com o maior número de cianobactérias por litro, o que nos faz supor que a água com origem neste rio apresenta uma grande carga em nutrientes, com repercussões na comunidade fitoplanctónica.

Quadro 4 – Pigmentos Fotossintéticos e taxa de degradação

	Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)	Feopigmentos (mg/m ³)	Taxa de Degradação (%)
Local 1	0,94	3,70	79,74
Local 3	1,10	5,20	82,54
Local 4	3,10	13,80	81,66
Local 5	8,71	6,07	41,07
Local 6	36,03	21,30	37,15

Quadro 5 – Identificação e Quantificação de Fitoplâncton no Local 1

Clorófitas:	
<i>Ankistrodesmus acicularis</i>	50312 cel/L
<i>Chlorococcum infusionum</i>	61093 cel/L
<i>Coelastrum microporum</i>	82655 cel/L
<i>Cosmarium</i> sp.	28750 cel/L
<i>Cryptomonas ovata</i>	10781 cel/L
<i>Pediastrum clathratum</i>	21562 cel/L
<i>Scenedesmus</i> sp.	3594 cel/L
<i>Schroederia setigera</i>	14375 cel/L
Diatomaceas:	
<i>Melosira granulata</i>	7187 cel/L
<i>Navicula</i> sp.	25156 cel/L

Quadro 6 – Identificação e Quantificação de Fitoplâncton no Local 3

Clorófitas:	
<i>Ankistrodesmus acicularis</i>	10781 cel/L
<i>Chlorococcum infusionum</i>	145545 cel/L
<i>Coelastrum microporum</i>	64686 cel/L
<i>Cosmarium</i> sp.	16172 cel/L
<i>Cryptomonas ovata</i>	70077 cel/L
<i>Pediastrum clathratum</i>	21562 cel/L
<i>Scenedesmus</i> sp.	75468 cel/L
<i>Schroederia setigera</i>	26953 cel/L
<i>Sorastum bidentatum</i>	10781 cel/L
Diatomaceas:	
<i>Melosira granulata</i>	21562 cel/L
Cianobacterias	
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	10781 cel/L

Quadro 7 – Identificação e Quantificação de Fitoplâncton no Local 4

Clorófitas:	
<i>Ankistrodesmus acicularis</i>	53905 cel/L
<i>Chlorococcum infusionum</i>	355776 cel/L
<i>Coelastrum microporum</i>	97030 cel/L
<i>Cryptomonas ovata</i>	172497 cel/L
<i>Pediastrum clathratum</i>	32343 cel/L
<i>Scenedesmus</i> sp.	21562 cel/L
Diatomaceas:	
<i>Melosira granulata</i>	32343 cel/L
<i>Navicula</i> sp	75468 cel/L
<i>Cyclotella</i> sp.	21562 cel/L
Cianobacterias	
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	21562 cel/L

Quadro 8 – Identificação e Quantificação de Fitoplâncton no Local 5

Clorófitas:	
<i>Ankistrodesmus acicularis</i>	86249 cel/L
<i>Chlorococcum infusionum</i>	269527 cel/L
<i>Coelastrum microporum</i>	161716 cel/L
<i>Cryptomonas ovata</i>	388119 cel/L
<i>Pediastrum clathratum</i>	97030 cel/L
<i>Scenedesmus</i> sp.	150935 cel/L
Cianobacterias	
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	21562 cel/L

Quadro 9 – Identificação e Quantificação de Fitoplâncton no Local 6

Clorófitas:	
<i>Ankistrodesmus acicularis</i>	108888 cel/L
<i>Chlorococcum infusionum</i>	474367 cel/L
<i>Coelastrum microporum</i>	409681 cel/L
<i>Pediastrum clathratum</i>	21562 cel/L
<i>Scenedesmus</i> sp.	301870 cel/L
Diatomaceas:	
<i>Melosira granulata</i>	21562 cel/L
<i>Navicula</i> sp	258746 cel/L
Cianobacterias	
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	64686 cel/L

3.3 - MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

A análise dos macroinvertebrados revelou um reduzido número de espécies. Convém realçar, no entanto, que após o Verão é quando a diversidade biológica é mais reduzida.

Os locais 2 e 4 apresentavam características lênticas, causa provável para a baixa abundância e diversidade observada. Foi no rio Xarrama, com características lólicas que se verificou a maior abundância total mas com uma diversidade específica muito baixa. Devido a apenas se ter verificado condições lólicas no local 6, o Índice Biótico Belga, desenvolvido para sistemas de água corrente, só foi calculado para este local. O resultado obtido foi de Índice 5, indicador de uma água poluída.

Este resultado vem confirmar as análises anteriores, de que a água do rio Xarrama que entra na albufeira, poderá ser considerada um foco de poluição com consequências graves para a eutrofização deste sistema, se não forem tomadas medidas mitigadoras.

Taxa identificados na Albufeira do Vale do Gaio:

PHYLLUM ANNELIDA

Classe Clitellata

Sub-classe Oligochaeta

Família Tubificidae

Local 2: 1 Local 6: 2

Branchiura sowerbyi

Local 6: 1

Família Naididae

Ophidonais serpentina

Local 2: 3

Nais sp.

Local 6: 2

Dero obtusa

Local 6: 10

PHYLLUM ARTHROPODA

Classe Insecta
Ordem Ephemeroptera
Família Baetidae
Mudas
Local 2: 3; Local 4:1
Família Caenidae
Caenis luctuosa
Local 4: 1; Local 6: 65
Ordem Heteroptera
Família Pleidae
Plea leachi
Local 6: 19
Ordem Trichoptera
Família Hydropsychidae
Hydropsyche sp.
Local 6: 5

Ordem Diptera
Família Limoniidae
Local 6: 1
Família Simuliidae
Local 6: 52
Família Chironomidae (larvas)
sub-família Tanypodinae
Local 6: 3
sub-família Orthoclaadiinae
Local 2: 1; Local4: 5; Local 6: 43
sub-família Chironominae
Local 4: 7; Local 6: 96
Chironomidae (ninfas)
Local 2: 3; Local 4: 5; Local 6: 11

3.4 - ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DOS SEDIMENTOS

A distribuição dos sedimentos no fundo da albufeira, realça uma grande homogeneidade a nível textural e uma importante contribuição de elementos finos, depositados preferencialmente nas zonas mais profundas, situadas ao longo do antigo curso da linha de água principal (Quadro 10).

Quadro 10 – Análise granulométrica dos sedimentos

Amostras	Profundidade (m)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classificação granulométrica (segundo diagrama triangular de Shepard, <i>in</i> Pettijhon, 1975)
VG1	23	76,9	22,2	0,9	Argila com importante componente siltosa
VG3	23	78,0	22,0	0	Argila com importante componente siltosa
VG5	11	42,6	52,2	5,2	Silte argiloso

Os sedimentos, essencialmente argilosos no troço jusante da albufeira, vão gradualmente enriquecer na componente siltosa, em direcção a montante, onde passam a silto-argilosos. Nas linhas de água principais, nos pontos onde se efectuaram as colheitas de macroinvertebrados, observou-se um enriquecimento em fracção arenosa.

O aumento da classe granulométrica em direcção a montante, tal como acontece noutros sistemas semelhantes (Fonseca *et al.*, 1993; Fonseca, 1995; Fonseca *et al.*, 1998), é resultado das condições hidrodinâmicas existentes no interior. A predominância da componente argilosa e maior uniformidade granulométrica quando comparada aos referidos sistemas, aponta para uma maior entrada de materiais sólidos através do rio Xarrama onde afloram rochas de textura fina (rochas dioríticas e gabróicas seguidas de riólitos e pórfiros, pertencentes ao Maciço de Beja). A quase ausência de elementos grosseiros (areias e balastros) nos sedimentos, salienta a pouca contribuição para o interior da albufeira, das formações encaixantes da própria bacia, predominantemente constituídas por finas camadas de areias e arcoses de idade miocénica e pliocénica.

Os valores de pH situam-se próximo da neutralidade, indicando uma elevada concentração de bases de saturação nos sedimentos, responsáveis por um aumento da disponibilidade da maioria dos nutrientes (Quadro 11). Os seus valores aumentam gradualmente em direcção a montante, ou seja, em direcção ao rio Xarrama. Dada a grande dependência da disponibilidade relativa dos elementos face à percentagem de bases de troca, e dado o seu aumento em direcção a montante, não é de estranhar o aumento segundo essa mesma direcção, dos teores de matéria orgânica, de azoto e de fósforo solúvel nos sedimentos. Este facto aponta novamente para o rio Xarrama, como a principal fonte de entrada de materiais, neste caso, de nutrientes, para o interior da albufeira do Vale do Gaio.

Quadro 11 – Composição química dos sedimentos da albufeira

Amostras	pH	Mat. Org. (%)	Azoto total (%)	Fósforo solúvel (ppm)	Potássio solúvel (ppm)
VG1	6,14	5,92	0,32	440	380
VG3	6,34	6,65	0,48	440	380
VG5	6,64	7,69	0,46	470	320

O azoto tem origem fundamentalmente em afluentes provenientes da drenagem superficial e do subsolo. Tem composição essencialmente orgânica (de notar a elevada correlação linear entre os seus valores e os da matéria orgânica, $r = 0,90$) e apresenta teores bastante elevados, muito superiores aos vulgarmente encontrados nos solos portugueses. É portanto de esperar, valores igualmente superiores aos dos solos, das formas nítrica e amoniacal. Embora os teores destas duas fracções azotadas ainda não se encontrem disponíveis neste relatório, em sedimentos de sistemas idênticos (albufeiras do Maranhão e Monte Novo), Fonseca *et al.* (1998) encontraram concentrações aproximadamente iguais a 5% do azoto total, sendo os teores da forma dissolvida (azoto nítrico) cerca de 40% superiores aos da forma retida no complexo de troca dos minerais argilosos e das partículas húmicas (azoto amoniacal). Considerando as condições texturais e químicas dos sedimentos da albufeira do Vale do Gaio (textura predominantemente argilosa, elevados teores de matéria orgânica e potássio solúvel), favoráveis à mineralização e consequente assimilabilidade das formas orgânicas e à adsorção e retenção da amónia, é pois de considerar teores elevados das formas nítrica e amoniacal.

O fósforo retido nos sedimentos da albufeira poderá ter origem alóctone ou autóctone, podendo encontrar-se sob a forma inorgânica ou orgânica (geralmente com representação mais reduzida). O fósforo de origem alóctone entra nas albufeiras principalmente através da bacia de drenagem e inclui: (1) fósforo nativo proveniente directamente da rocha mãe e do solo, (2) fósforo proveniente de fertilizantes, de desperdícios domésticos e municipais e (3) fósforo orgânico derivado de fragmentos de plantas e de animais. A maior parte do fósforo de origem alóctone entra nas albufeiras sob a forma particulada, quer adsorvido nas partículas de dimensão coloidal, quer retido no interior da sua estrutura. Esta forma é a que desempenha papel mais importante como nutriente.

O fósforo de origem autóctone é produzido no interior do sistema através de processos químicos e biológicos. No primeiro caso produzem-se formas inorgânicas através da precipitação química de diversos compostos metálicos de fósforo, adsorção de fosfatos por óxidos metálicos e/ou oclusão de fosfatos no interior desses óxidos. No segundo caso forma-se fósforo orgânico através da produção primária de fitoplâncton e/ou da remoção de fósforo de outros organismos.

A forma solúvel, com papel preponderante nos processos de eutrofização, é extremamente elevada (entre 440 e 470 ppm) o que poderá não só acelerar os processos eutróficos nesta albufeira, como também, condicionar a libertação de alguns elementos metálicos (Fe, Cu, Zn, Mn), que passarão assim facilmente para a coluna de água, aumentando os riscos potenciais de poluição. Dada a litologia da bacia de drenagem, com maior contribuição para a alimentação

desta albufeira (gabros, dioritos, pórfiros e riólitos) a fracção de fósforo dominante deverá ser a ligada ao ferro e alumínio, reconhecida como a principal fonte de fósforo disponível ou solúvel. Este facto, aliado às elevadas percentagens de fracção argilosa e de matéria orgânica, explica os elevados teores encontrados nos sedimentos.

A maioria dos sedimentos é susceptível de retirar da água grandes quantidades de ortofosfato quando as concentrações neste meio aumentam e de o libertarem, quando as concentrações na água diminuem, por necessidades biológicas. Em virtude do equilíbrio dinâmico do fósforo entre os sedimentos e a água, durante o período estival, quando as fontes externas que fornecem os nutrientes são escassas ou mesmo nulas, a libertação do fósforo existente nos sedimentos e a sua dissolução na coluna de água, constituem um importante factor para os “blooms” de fitoplâncton normalmente verificados na maioria das albufeiras, as quais poderão reduzir drasticamente as provisões de oxigénio do meio. Poderemos pois considerar, que os elevados teores de fósforo solúvel presentes nos sedimentos da albufeira do Vale do Gaio, se poderão tornar prejudiciais a todo o seu desenvolvimento, inclusive se pontualmente os seus valores na massa de água não forem muito elevados. Para melhor compreender o ciclo do fósforo no interior deste sistema, seria no entanto conveniente proceder-se a análises sazonais das suas concentrações nos sedimentos e na massa de água, em vários pontos da albufeira e verificar como estes evoluem ao longo do ano.

Os elevados teores de potássio existente na água intersticial dos sedimentos (entre 320 e 380 ppm), embora sem papel preponderante na qualidade da água da albufeira, constituem uma das causas para os altos valores de azoto e fósforo encontrados. Estas elevadas concentrações apontam para (1) um grande domínio de minerais potássio nas fontes de alimentação. Com efeito, a geologia da bacia de drenagem é dominada por dioritos, sendo a biotite um dos minerais mais comuns. Este mineral e os respectivos produtos de alteração são dos minerais potássicos menos resistente à alteração, o que favorece a libertação deste elemento para a fase solúvel dos sedimentos; (2) características físicas e químicas dos sedimentos (nomeadamente, elevada percentagem de componente argilosa), que facilitam a libertação do potássio para a fase solúvel

A distribuição do potássio solúvel nos sedimentos da albufeira, não se faz de acordo com a distribuição dos restantes nutrientes estudados, pois contrariamente a estes, diminui em direcção ao rio Xarrama. Poucas considerações se poderão no entanto fazer relativamente a esta distribuição espacial, pois sendo uma forma de potássio que não possui retenção química, é facilmente solubilizada na coluna de água ou susceptível de se transformar noutras formas menos solúveis (fixado em minerais de argila ou adsorvido em colóides minerais e orgânicos), existindo portanto, muitas variações periódicas nas suas concentrações.

Os valores da matéria orgânica, extremamente elevados e com um aumento proporcional ao aumento do azoto e do fósforo, apontam para uma origem essencialmente orgânica destes dois nutrientes. O seu aumento, independente da percentagem da fracção argilosa e bastante significativo em direcção ao rio Xarrama, mostra claramente que este é sem dúvida o principal meio de entrada de material na albufeira.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado os contingentes impostos para a apresentação deste relatório, o estudo da qualidade da água e dos sedimentos desta albufeira, foi realizado com base em colheitas efectuadas no final do Outono, de uma maneira geral uma época pouco significativa para a caracterização biológica e para a compreensão do ciclo de nutrientes no interior destes sistemas. Os resultados seriam porventura mais interessantes se se tivessem efectuado pelo menos duas colheitas, em meses considerados típicos para a maioria dos sistemas lacustres: uma no inverno (Fevereiro) e outra no verão (Agosto-Setembro). Durante o ciclo anual, o inverno coincide com o período de maior deposição de nutrientes na maioria das albufeiras e durante o verão, quando prevalecem condições anaeróbias e elevadas temperaturas, os sedimentos poderão libertar significativas quantidades de elementos nutritivos, em especial azoto e fósforo, para a coluna de água. É também durante o verão que se verificam os “blooms” de cianobactérias com efeitos nocivos (libertação de toxinas) para a saúde pública e ambiental. Consideramos portanto que este relatório constitui uma primeira abordagem ao estudo da albufeira do Vale do Gaio, devendo este ser futuramente complementado com amostragens mais exaustivas.

Os resultados obtidos através do estudo físico, químico e biológico da massa de água e dos sedimentos de fundo indicam claramente que o rio Xarrama é a principal fonte de entrada de materiais na albufeira, sob a forma particulada e dissolvida, nomeadamente azoto e fósforo. O excesso destes nutrientes poderá ter consequências nas comunidades fitoplanctónicas, contribuindo para o aceleramento do processo natural de eutrofização da albufeira.

Este estudo demonstra a necessidade de se proceder a uma monitorização do rio Xarrama, identificando todas as fontes pontuais de poluição por forma a promover uma correcta gestão ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- COSTA, J.B. (1991) – Caracterização e Constituição do Solo. 4ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 527 pp.
- FONSECA, R.; BARRIGA, F.J.S.A. & FYFE, W. (1993) – Suitability for agricultural use of sediments from the Maranhão reservoir. In: Fragoso, M.A.C and Van Beusichem, M.L. (Eds.) – Optimization and Plant Nutrition, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 665-671.
- FONSECA, R. (1995) –A Natureza dos Sedimentos da Albufeira do Maranhão: Estudo da sua Qualidade para Uso Agrícola. Tema de dissertação apresentado no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica de E.C.D.U. (art. 53/60 do Dec. Lei nº 162/80), Departamento de Geociências, Universidade de Évora, 189 pp.
- FONSECA, R.; BARRIGA, F.J.S.A. & FYFE, W. (1998) – Reversing desertification by using dam reservoir sediments as agricultural soils. Episodes (em publicação).
- LORENZEN, C.J. (1967) – Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr., 12 (2): 343-346.
- PETTIJOHN, E.J. (1975) – Sedimentary Rocks. 3 rd Edition. Harper International Edition. Harper & Row Publishers, 628 pp.
- PÓVOAS, I. & BARRAL, M.F. (1992) – Métodos de análise de solos. Comunicações de Instituto de Investigação Científica e Tropical, Série de Ciências Agrárias, nº 10.
- SILVA, A A; ALVIM, A J.S.& SANTOS, M.J. (1975) – Métodos de análise de solos, plantas e água. Pedologia, vol.10, nº 3, Estação Agronómica Nacional, Oeiras, 544 pp.