

Tex - 11/136

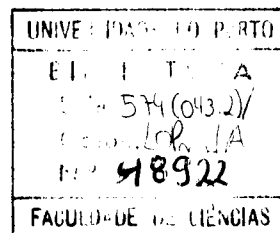
A Presidente do Júri
Custódia
Porto, 10/07/2002

Maria Manuela Tavares da Silva Lopes

Avaliação da Qualidade da Água

da

Albufeira de Crestuma



Universidade do Porto

Faculdade de Ciências

Departamento de Zoologia e Antropologia

Abril de 2002

Tese submetida à Faculdade de Ciências
da Universidade do Porto para obtenção
do grau de Mestre em Hidrobiologia.

RESUMO

Neste trabalho é desenvolvido o estudo da qualidade da água da albufeira de Crestuma-Lever, no período decorrente entre Novembro de 2000 e Novembro de 2001, sendo dada especial relevância à evolução da comunidade zooplanctónica como parâmetro indicador do grau trófico da albufeira. O estudo foi feito com base em duas amostras mensais, colhidas respectivamente no centro da Albufeira e junto à captação, que foram submetidas a análises físico-químicas (G1) e biológicas (análises qualitativas e quantitativas de zooplankton).

O objectivo foi o de avaliar as potenciais alterações sazonais verificadas na qualidade da água da albufeira e de constatar a importância de indicadores biológicos zooplanctónicos na avaliação dessa qualidade. Os resultados obtidos permitiram classificar a Albufeira de Crestuma-Lever como ecossistema de características tendencialmente eutróficas.

RÉSUMÉE:

Dans ce travail on développe l'étude de la qualité de l'eau du bassin de Crestuma-Lever, pendant la période entre novembre de 2000 et novembre de 2001, étant donnée une grande importance à l'évolution de la communauté zooplanctonique comme paramètre indicateur de l'état trophique du bassin.

L'étude a été fait através l'analyse mensuelle de deux échantillons pris, respectivement, au centre du bassin et près de la captation de la Station de Traitement de l'Eau. Ces échantillons ont été soumis à des analyses physiques, chimiques et biologiques.

Le principal objectif a été non seulement celui d'évaluer la qualité de l'eau mais aussi celui d'utiliser les indicateurs zooplanctoniques dans cette évaluation. Les résultats obtenus ont permis de classifier le bassin comme écosystème de tendances eutrophiques.

ABSTRACT:

This work studies the water quality based on the evolution of the zooplankton communities in Crestuma reservoir.

The data refers to one year (from November of 2000 to November of 2001) and the samples were taken every month in two sites: one in the center of the reservoir and another near the captation of the Water Treatment Station. Every samples were collected near the surface and physical, chemical and biological parameters were determined.

The objective included not only the evaluation of the water quality of the reservoir but also the valuation of the zooplankton indicators in the process.

The final results allowed to classify Crestuma's reservoir as an ecosystem of nearly eutrophic conditions.

Agradecimentos:

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o contributo de determinadas pessoas e instituições às quais dirijo o meu mais sincero agradecimento:

- À Profª Drª Natividade Vieira, orientadora da Dissertação de Mestrado, pela amizade, paciência e orientação científica.
- Ao Prof. Dr. Vítor Vasconcelos, coordenador do Mestrado, pela eficiência e disponibilidade com que sempre nos acompanhou.
- Ao Engº. Paulo Monteiro, pela forma como me incentivou com o seu entusiasmo e confiança, tornando possível a concretização desta Dissertação.
- Ao corpo de docentes do Mestrado, pelos conhecimentos transmitidos durante o ano curricular.
- A toda a equipa das Águas do Douro e Paiva e, em especial, a Engº. Pedro Perdigão, Engª. Margarida, Engª. Rita, Alexandra, Andreia, Engº. Gaspar e Engº. José Carlos, por toda a simpatia com que me apoiaram ao longo da realização experimental.
- À Dra. Marília, por ter colaborado com a identificação de zooplankton.
- Ao Xavier, pela orientação em fotografia de microscopia.
- A todos os *Hidromergulhões* pela amizade e cooperação que sempre existiu e deverá existir entre nós.
- À Luísa, pelo grande companheirismo revelado durante as amostragens e pela compreensão constante.
- À Clara, pela amizade e disponibilidade de sempre.
- Ao Nando e à Inês, pela grande amizade e paciência com que me aturaram e ajudaram nos momentos mais difíceis.

- A minha Mãe e, também, a meu Pai por tudo.
- A todos os que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Este trabalho foi realizado no âmbito de um Protocolo estabelecido entre a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e as Águas do Douro e Paiva.

ÍNDICE:

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	ASPECTOS GERAIS DAS ALBUFEIRAS.....	1
1.2	ENQUADRAMENTO LEGAL DA ÁGUA.....	2
1.3	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ECOSISTEMAS SEMI-LÊNTICOS (ALBUFEIRAS).....	3
1.3.1	<i>Aspectos físico-químicos e biológicos.....</i>	3
1.3.2	<i>Classificação da qualidade da água das albufeiras.....</i>	6
1.3.2.1	Critérios de classificação.....	6
1.3.2.2	Proposta no Plano Nacional da Política do Ambiente.....	7
1.4	COMUNIDADES ZOOPLANCTÓNICAS E SUA IMPORTÂNCIA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	8
1.4.1	<i>Protozoários.....</i>	10
1.4.2	<i>Rotíferos.....</i>	10
1.4.3	<i>Crustáceos.....</i>	12
1.5	A BACIA HIDROGRÁFICA DO DOURO.....	13
2	A ALBUFEIRA DE CRESTUMA.....	15
3	OBJECTIVOS.....	21
3.1	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1.1	<i>Periodicidade.....</i>	21
3.1.2	<i>Amostragem.....</i>	22
3.1.3	<i>Parâmetros analisados.....</i>	24
3.1.4	<i>Métodos.....</i>	24
3.1.4.1	Zooplankton:.....	24
3.1.4.2	Análises físico-químicas:.....	25
3.1.4.3	Clorofilas e feopigmentos.....	26
3.1.4.4	Determinação do Índice do Estado Trófico (Carlson, 1977).....	26

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.	27
4.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.	27
4.2	PARÂMETROS BIOLÓGICOS	41
4.2.1	<i>Clorofilas e feopigmentos:</i>	41
4.2.2	<i>A Comunidade zooplanctónica</i>	44
4.2.2.1	Protozoa	51
4.2.2.2	Rotifera	52
4.2.2.3	Crustacea	55
5	ÍNDICES DE DIVERSIDADE E EQUITABILIDADE.	59
6	CONCLUSÕES.	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	63
7	ANEXOS	69
7.1	ANEXO I – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	I
7.2	ANEXO II – LEGISLAÇÃO	III
7.3	ANEXO III – ARTIGOS DE IMPRENSA	IV

1 Introdução.

1.1 Aspectos Gerais das Albufeiras.

As Albufeiras são, do ponto de vista físico, lagos artificiais criados pelo Homem, geralmente com profundidade inferior a trinta metros e que, dadas as suas características, podem apresentar uma acentuada produtividade, interactuando as suas águas com os processos químicos e metabólicos do solo e dos sedimentos (Wetzel, 1993).

A produtividade primária é extremamente variável nas Albufeiras devido não só às características de morfometria mas também, por exemplo, a alterações sazonais nos tempos de retenção da água de cada sistema.

Das alterações da qualidade da água armazenada numa albufeira, decorrentes, em particular, de processos de estratificação e de eutrofização, podem resultar efeitos significativos que condicionam a sua utilização a jusante (Coelho, 1997).

Em geral, a sobrecarga de nutrientes e o estado trófico são mais elevados a montante das Albufeiras do que no extremo mais profundo, junto à barragem.

A distribuição de oxigénio pode variar, tanto horizontal como vertical e sazonalmente, o que vai influenciar a dinâmica dos seres vivos do ecossistema.

Cada Albufeira possui uma hidrodinâmica complexa e característica, dependente, nomeadamente, das variações inerentes aos seus afluentes, à sua morfometria e aos abaixamentos de nível e de descarga, entre outros factores.

As variações sazonais dos influxos de matéria orgânica trazida pelos cursos de água afluentes podem exigir o dispêndio de quantidades variáveis do teor de oxigénio, nas Albufeiras.

O ciclo do azoto é complexo, nestes locais, uma vez que devem ser consideradas as variações devidas a alterações do nível da água, a interações com a atmosfera, a influxos provenientes dos afluentes e ainda às perdas por sedimentação e por fluxo para fora da bacia (Wetzel, 1993).

No que respeita ao carbono orgânico dissolvido, este resulta essencialmente de actividade fotossintética e, nas Albufeiras, podem ocorrer grandes variações horizontais no caso da entrada de fluxos fluviais ricos neste elemento (Wetzel, 1993).

Nas albufeiras, é importante conhecer os tempos de retenção, na medida em que estes condicionam as manifestações do nível trófico (Gil, 1997).

1.2 Enquadramento legal da água

Em Portugal, a água das Albufeiras é gerida de acordo com a secção I do capítulo II, Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto relativo a águas para consumo humano. O anexo I desse mesmo Decreto-Lei determina parâmetros físico-químicos e biológicos de avaliação da qualidade da água, referindo no campo microbiológico os coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídeos sulfitorreductores e germes totais.

A Directiva-Quadro da Água (2000/60/CE), aprovada pelo Parlamento Europeu e Conselho em Setembro de 2000 e publicada no Jornal Oficial das Comunidades Europeias de 22 de Dezembro de 2001, no domínio da política da água, propõe já definições normativas das classificações do estado ecológico, o que vem contemplar, de certa forma, outros bioindicadores da qualidade da água. É feita referência a macrófitas, fitobentos e invertebrados bentónicos não havendo, no entanto, referência ao zooplankton. Pode dizer-se que, na legislação, o zooplankton não está justamente valorizado, uma vez que as suas características

bioindicadoras da qualidade da água revelam uma crescente importância no campo referido, com grande relevância num futuro próximo.

1.3 Avaliação da qualidade da água em ecossistemas semi-lênticos (albufeiras).

1.3.1 Aspectos físico-químicos e biológicos.

As variações extremas e irregulares do nível da água a que a maioria das albufeiras está sujeita conduzem a modificações bruscas das taxas de ressuspensão dos sedimentos e da erosão das margens, influenciando, assim, as concentrações dos nutrientes e a turbidez da água. Consequentemente, a qualidade da água e as comunidades destes sistemas vão ser alteradas (Geraldes, 1998)

A água é um bem imprescindível, nomeadamente para abastecimento público, pelo que deve ser sujeita a um rigoroso controlo de qualidade. Os principais parâmetros físico-químicos a considerar na avaliação da qualidade da água de uma albufeira são o oxigénio dissolvido, a temperatura, a carência bioquímica do oxigénio (CBO₅), a carência química do oxigénio (CQO), o fósforo total (mg/m³), o azoto total (mg/m³), a clorofila *a* (mg/m³) e a penetração da luz (m) ou transparência e o pH.

O oxigénio dissolvido é um parâmetro de fundamental importância em qualquer estudo de qualidade de massas de água naturais, podendo ser considerado como a variável, por excelência, para definição do *estado de saúde do ecossistema aquático* (Thomann, 1987; Coelho, 1997).

A temperatura das massas de água é um parâmetro que influencia todas as reacções químicas e biológicas, constituindo, pois, um parâmetro determinante.

Variações significativas na temperatura da água de uma albufeira são susceptíveis de provocar alterações nos ecossistemas aquáticos, podendo levar à rápida diminuição da biomassa de algumas espécies e/ou ao rápido incremento de outras. (Coelho, 1997).

Nos meses mais secos, em que é maior o tempo de retenção, é previsível a estratificação térmica bem marcada, podendo ocorrer diferenças significativas entre a qualidade da água da albufeira, em profundidade e à superfície, pelo que é importante conhecer a cota da tomada de água.

A *temperatura de equilíbrio* corresponde à temperatura em que não há trocas de calor na interface ar/água, caracterizando o regime de temperaturas da água de um rio, em condições normais (Coelho, 1997). Numa albufeira, as variações da temperatura vão depender sobretudo dos caudais descarregados e da cota a que é feita essa descarga. Aquando da ocorrência de grandes alterações, a capacidade de recuperação do meio hídrico, para valores próximos à situação de regime natural, exerce-se de forma mais rápida no caso do oxigénio dissolvido do que no caso da temperatura (Coelho, 1997).

Quanto ao CBO₅ e ao CQO, estes permitem avaliar a concentração de matéria orgânica das águas naturais. O CBO₅ ou carência bioquímica do oxigénio mede exactamente o consumo de oxigénio por microrganismos aeróbios, a 20°C e durante cinco dias, permitindo assim avaliar a concentração de matéria orgânica biodegradável, na água. As águas de consumo devem conter baixo teor de matéria orgânica devendo, nos rios não poluídos, a CBO₅ situar-se entre 1 e 3 mg/l (Wetzel, 1993).

A decomposição da matéria orgânica é acompanhada por uma diminuição da concentração de oxigénio dissolvido na água podendo, em casos extremos, conduzir a situações de anaerobiose com libertação de gases nocivos como o H₂S, o CO₂ ou o CH₄.

O azoto e o fósforo são os principais nutrientes inorgânicos necessários aos sistemas biológicos. A sua presença provoca um elevado nível de produtividade

primária e, conseqüentemente, da biomassa. Uma produção desequilibrada conduz à degradação da qualidade da água.

O azoto aparece sob a forma de nitrato (NO_3), nitrito (NO_2) ou amónia (NH_4), enquanto o fósforo é assimilável pelas algas sob a forma de ortofosfato, sendo tóxico e bioacumulável na sua forma elementar.

As massas de água consideradas não poluídas apresentam, em geral, uma pequena concentração de azoto amoniacal. O ião amónia libertado durante a mineralização da matéria orgânica é transformado, por oxidação, em nitritos e depois em nitratos, a uma temperatura óptima de 30°C (Wetzel, 1993).

Em anóxia, ocorre desnitrificação com redução dos nitratos a azoto gasoso, facto que pode estimular o crescimento do fitoplancton e, de forma indirecta, do zooplancton.

Os ortofosfatos, presentes em fertilizantes agrícolas e em outras formas de poluição orgânica, podem também contribuir para o desenvolvimento anormal de cianobactérias em massas de água.

Pode ainda referir-se que há uma relação directa entre a quantidade de ortofosfatos presente na água e a concentração de clorofila *a*, facto que permite, por vezes, a elaboração de modelos de previsão (Wetzel, 1993).

Em ambientes eutróficos, o pH aumenta devido à fotossíntese que é incrementada pelas concentrações elevadas de fitoplancton.

O pH pode, entre outras situações, provocar a alteração da taxa de absorção do fosfato, por meio de efeitos directos sobre a actividade das enzimas, sobre a permeabilidade da membrana celular ou através de modificações do grau de ionização do fosfato (Wetzel, 1993).

A penetração da luz é importante na medida em que condiciona a produtividade do fitoplancton e estimula a assimilação de fosfato. Um método de

avaliação deste parâmetro é o disco Secchi que permite medir, visualmente, a profundidade de penetração da luz.

Os indicadores biológicos permitem conhecer, de forma indirecta, as alterações na qualidade da água, constituindo um alerta de grande valor pois, qualquer que seja a acção exercida sobre o ecossistema, é praticamente certa a sua repercussão a nível dos elementos que o compõem, bióticos ou abióticos.

Na análise da qualidade da água das Albufeiras, é de grande importância o estudo da comunidade planctónica, fitoplancton e zooplancton, na medida em que esta se situa nos níveis mais baixos da rede trófica, reflectindo rapidamente qualquer alteração sofrida pelo meio (Wetzel, 1993).

Na avaliação da qualidade da água de uma albufeira é importante analisar também os tempos de retenção da mesma, dado que estes condicionam as manifestações do nível trófico. Se, por exemplo, uma albufeira tem tempos de retenção de apenas alguns dias não há tempo para que se concretize claramente uma estratificação térmica e assim, mesmo que a Albufeira possua características potencialmente eutróficas estas não se manifestam uma vez que não se criam as condições necessárias ao desenvolvimento do fitoplancton (Coelho 1997).

1.3.2 Classificação da qualidade da água das albufeiras.

1.3.2.1 Critérios de classificação.

O Índice do Estado Trófico (*TSI-Trophic State Index*, Carlson, 1977), tem sido frequentemente usado para avaliar o grau trófico das albufeiras portuguesas e utiliza três parâmetros: o fósforo total, a clorofila a e a penetração da luz, medida com o *disco de Secchi*.

Posteriormente, Vollenweider (1982; Gil, 1997), no trabalho que elaborou para a OCDE, considera mais uma classe (hipertrófica) introduzindo um novo parâmetro, o azoto total.

Mais recentemente, o oxigénio dissolvido, medido em percentagem de saturação, foi igualmente incluído nos parâmetros indicadores do estado trófico (Chapman, 1992; Gil, 1997).

A classificação utilizada pela EDP baseia-se na transposição dos critérios do Anexo II do Decreto-Lei 74/90, de 7 de Março, referente à *Qualidade das Águas Doces Superficiais Destinadas à Produção de Água para Consumo Humano* e considera quatro classes para a qualidade da água de albufeiras: águas não poluídas (A1), águas moderadamente poluídas (A2), águas poluídas (A3) e águas muito poluídas.

A classificação definida pelo PNPA tem por base o Anexo XXI do referido Decreto-Lei sobre *Qualidade das Águas para Recreio com Contacto Directo*, considerando apenas as três primeiras classes referidas (Gil, 1997).

1.3.2.2 Proposta do Plano Nacional da Política do Ambiente.

A proposta do PNPA considera três classes de qualidade para as Albufeiras. A Classe I corresponde a águas oligotróficas, a Classe II a águas mesotróficas e a Classe III a águas eutróficas (quadro 1). (Gil, 1997).

Na avaliação do grau trófico da água, o PNPA recorre aos seguintes parâmetros analíticos, em quatro amostragens anuais: oxigénio dissolvido, (% de saturação-percentil 10), fósforo total (mg/m³), azoto total (mg/m³), clorofila *a* (mg/m³), penetração da luz média (m) e penetração mínima da luz (m).

No Quadro 1 constam os valores indicadores da qualidade da água das Albufeiras, segundo o PNPA.

Quadro 1 - Indicadores da qualidade da água de albufeiras (in Gil, 1997)

INDICADOR	Cl. I: Oligotrófica	Cl. II: Mesotrófica	Cl. III: Eutrófica
Oxigénio dissolvido %sat-percentil 10	90(epilímnio) 80(hipolímnio) 80(águas não estratificadas)	70(epilímnio) 50(hipolímnio) 50(águas não estratificadas)	<50(epilímnio) <20(hipolímnio) <20(águas não estratificadas)
Fósforo total(mg/m ³)	<10	10-50	>50
Azoto total(mg/m ³)	<300	300-1500	>1500
Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)	<2,5	2,5-30	>30
Pen.luz(média) (m)	>6	6-3	<3
Pen.luz (mín.) (m)	>3	3-1,5	<1,5

1.4 Comunidades zooplanctónicas e sua importância na avaliação da qualidade da água.

Relativamente ao zooplankton de água doce, este é, em geral, dominado por Protozoários, Rotíferos e Microcrustáceos, estes últimos representados, na sua maioria, por Copepoda e Cladocera (Wetzel, 1993).

Os Ostracoda são pequenos crustáceos bivalves nadadores que são também abundantes nas águas doces, embora sendo normalmente bentónicos (Dussart, 1966).

O zooplankton típico das albufeiras é geralmente constituído por 10 a 20 espécies de Protozoários, 20 a 60 espécies de rotíferos e 5 a 10 espécies de

Copépodes e 10 a 20 espécies de Cladocera. Adicionalmente, podem aparecer uma ou duas espécies de Ostracoda, Gastrotricha, larvas de Díptera e Turbelária planctónica (Rocha, 1999). No entanto, a diversidade específica pode apresentar grandes variações, de caso para caso, tendo em conta alterações físico-químicas e condicionantes sazonais inerentes a cada local.

De um modo geral, grandes variações na densidade e na diversidade das comunidades zooplanctónicas ocorrem em consequência de alterações na qualidade da água, resultantes não só da acção antropogénica como também de aspectos inerentes à morfometria da albufeira, ao seu enquadramento geológico, à cobertura vegetal dominante, às condições climáticas e a interacções bióticas no local (Wetzel, 1993).

A poluição ambiental crescente e o aparecimento continuado de novas substâncias químicas levaram a uma preocupação cada vez maior e mais disseminada na sociedade acerca dos seus potenciais efeitos, directos ou indirectos, na saúde humana (Nicolau, 1999).

A avaliação da qualidade da água, crucial para o Homem, pode, pois, ser feita com base na análise do comportamento dos designados *organismos-teste*, muito bem representados no zooplankton, situado na base das cadeias tróficas, nos ecossistemas aquáticos.

Em ambientes eutróficos dominam, geralmente, os elementos zooplanctónicos com hábitos alimentares detritívoros (Rocha *et al*, 1999)

A diminuição de oxigénio dissolvido e o aumento da concentração de amónia não são favoráveis à maioria das espécies mas algumas delas, adaptadas a estas condições, tais como *Moina reticulata* e *Argyrodiaptomus Kozoensis*, podem incrementar substancialmente a sua densidade (Rocha *et al*, 1999).

Em princípio, pequenos organismos tais como os Protozoa, os Rotífera e os Copepoda nauplii são mais vulneráveis do que os Cladocera e os Copepoda, que se deslocam para camadas mais profundas (Rocha *et al*, 1999).

1.4.1 Protozoários.

Os Protozoários são seres unicelulares, heterotróficos, que incluem os Flagelados, Esporozoários, Ciliados e Rizópodes. Geralmente correspondem a uma pequena fracção do zooplankton, podendo, no entanto, constituir uma componente significativa da produtividade zooplancónica, em certas épocas do ano.

Ocasionalmente, encontram-se entre o verdadeiro zooplankton alguns celenterados, larvas de platelmintos e ácaros, entre outros organismos. Embora quase todos os protozoários sejam aeróbios, uma grande parte deles pode desenvolver-se resistindo a baixas concentrações de oxigénio (Wetzel, 1993).

Os Protozoários, e particularmente os ciliados, constituem um grupo de organismos muito sensíveis às alterações ambientais (Nicolau, 1999) podendo considerar-se bons indicadores da qualidade da água.

1.4.2 Rotíferos.

Os Rotíferos (Rotatória) são invertebrados de corpo mole e dimensões microscópicas (50 a 200 μm) que fazem parte do zooplankton de forma bastante significativa, uma vez que a sua diversidade atinge cerca de 1600 espécies, distribuídas por aproximadamente 120 géneros.

Quanto à morfologia do seu corpo, geralmente alongado, é notório um grande número de adaptações. Os Rotíferos podem surgir em formas planctónicas ou, em maior número, constituindo formas sésseis que se fixam a macrófitas submersas ou ao substrato do litoral (Wetzel, 1993).

Estes organismos são muito importantes no plancton da água doce, sendo os principais pequenos filtradores e podendo constituir indicadores da qualidade da água. Não possuindo órgãos respiratórios, estes organismos respiram pela superfície corporal pelo que são incapazes de viver em anaeorobiose (Sladécek, 1983)

Em ambientes oligotróficos, a densidade de rotíferos não ultrapassa, geralmente, alguns indivíduos por litro, enquanto que pode atingir valores na vizinhança dos 10.000 indivíduos por litro em ambientes eutróficos (Pourriot, 1986).

As seis espécies de Rotíferos que, segundo Sladécek (1983), revelam maior resistência a altos níveis de eutrofização são *Brachionus angularis angularis*, *Brachionus urceolaris*, *Brachionus rubens*, *Filinia longiseta*, *Rotatória rotatória* e *Rotatória neptunia*.

Os Rotíferos *Brachionus calyciflorus* e *Asplanchna sieboli* constituem indicadores de meios com alta concentração de matéria orgânica (Rocha *et al*, 1999).

De forma geral, pode considerar-se que o estado de eutrofização, num determinado local onde os dois géneros sejam suficientemente representativos, é tanto mais acentuado quanto maior for o quociente entre o número de espécies de *Brachionus* (género característico de ambientes eutróficos) e o número de espécies de *Trichocerca* (género característico de ambientes oligotróficos) encontradas. Assim, se esse quociente apresentar um valor inferior à unidade teremos uma situação de águas oligotróficas; se estiver compreendido entre 1 e 2, as águas poderão ser classificadas como mesotróficas e se o referido quociente for superior a 2 as águas podem já ser consideradas eutróficas, segundo Sladécek (1983).

Brachionus plicatilis é uma das espécies de rotíferos mais resistentes a pH elevado e a águas muito concentradas (Margalef, 1983).

Sladécek (1983) considerou 82 espécies de rotíferos como bons indicadores de saprobidade ou seja, de poluição orgânica, distribuindo-os por três classes: rotíferos oligosapróbicos, rotíferos β -mesosapróbicos e rotíferos α -mesosapróbicos e polisapróbicos.

Os rotíferos oligosapróbicos são, pois, indicadores de condições oligotróficas enquanto que tanto os α e β -mesosapróbicos como os polisapróbicos são já indicadores de águas em vias de eutrofização (Sladécek, 1983).

A teoria, geralmente aceite, de que o zooplankton de sistemas oligotróficos seria mais diversificado do que o dos sistemas eutróficos parece ser verdadeira para ambientes lênticos mas, em albufeiras, sujeitas a frequentes alterações, a situação não se mantém. Segundo Margalef (1983), em albufeiras de Espanha, a diversidade zooplanctónica é incrementada em sistemas eutróficos.

1.4.3 Crustáceos.

Fazendo parte do zooplankton, podem encontrar-se duas subclasses de Artrópodes Crustáceos dominantes: os Cladocera e os Copepodes.

A subordem Cladocera (Branchiopoda; ordem Phyllopoda) compreende muitos constituintes do microzooplankton. Com excepção de duas espécies, os cladoceros do plancton apresentam dimensões entre 0,2 e 0,3 mm, possuindo cabeça diferenciada e corpo coberto por uma carapaça cuticular bivalve. Os órgãos sensores da luz consistem geralmente num grande olho composto e num ocelo mais pequeno. A segunda antena é um apêndice natatório de grandes dimensões, constituindo o principal órgão de locomoção. A armadura bucal é constituída por mandíbulas grandes e quitinizadas que trituram os alimentos, um par de maxílulas cuja função é empurrar os alimentos para as mandíbulas e por um labrum mediano que cobre as outras peças bucais (Wetzel, 1993).

Os Copepodes de vida livre pertencentes à ordem Copepoda podem dividir-se em três sub-ordens: Calanoida, Cyclopoida e Harpacticoida, segundo pormenores da morfologia dos apêndices. De modo geral, todos apresentam o corpo constituído por metassoma anterior (cefalotorax) dividido nas regiões cefálica, com cinco pares de apêndices, e toraxica, com seis pares de patas predominantemente natatórias. O urossoma, posterior, consiste nos segmentos abdominais, o primeiro dos quais está transformado em segmento genital, nas fêmeas, e também nos ramos caudais terminais, possuidores de sedas (Wetzel, 1993).

Os Crustacea exercem relações de predação sobre os Protozoa e os Rotífera, embora estes últimos se reproduzam mais rapidamente (Rocha et al, 1999).

Entre os Copepoda, os Cyclopoida resistem mais à eutrofização do que os Calanoida (Tundisi et al, 1998; Rocha et al, 1999) pois, devido aos seus hábitos alimentares, os Cyclopoida podem capturar partículas grandes e algas filamentosas, comuns em ambientes eutróficos (Rocha et al, 1999).

1.5 A Bacia Hidrográfica do Douro.

A Bacia Hidrográfica do Douro, com uma área de 97.000Km², é a de maior extensão da Península Ibérica, correspondendo a 17% da sua superfície total.

A parte da Bacia situada em Portugal abrange cerca de 21.500 Km², ou seja, aproximadamente um quarto da superfície do território nacional. O perfil longitudinal do rio, desde a sua entrada em Portugal, apresenta duas zonas com declives próprios bastante distintos. A primeira, correspondendo praticamente a todo o território fronteiriço, é caracterizada por um forte declive médio, 3m/Km, e por um perfil transversal constantemente encaixado. A partir da confluência com o

Huebra, o declive reduz-se para 0,55 m/Km, valor que se mantém até à foz (CPPE, 1997).

As características morfológicas do Douro, associadas ao regime do rio, conferem-lhe boas características para o aproveitamento energético, existindo vários aproveitamentos hidroelétricos no curso principal e nos afluentes.

Em Portugal, o rio Douro tem como afluentes os rios Sabor, Tua, Pinhão, Torto, Távora, Têdo, Corga, Varosa, Zêzere, Bestança, Tâmega, Paiva, Arda, Mau e Sousa, com as barragens de Miranda, Picote, Bemposta e Pocinho a montante do rio Sabor, a barragem de Valeira a montante do rio Tua, a barragem da Régua a jusante do Távora e as barragens do Carrapatelo e de Crestuma-Lever, no troço final do Douro, a jusante do rio Bestança. Todas estas albufeiras são do tipo Fio de Água.

Nos afluentes, podem referir-se as barragens de Vilar de Tabuaço e do Torrão, no rio Távora e no rio Tâmega, respectivamente.

2 A Albufeira de Crestuma.

A barragem de Crestuma-Lever, em actividade desde 1986, está situada no troço fluvio-marítimo do Rio Douro, a montante do rio Sousa, a cerca de 10 Km da cidade do Porto, e a Albufeira constitui uma reserva de água doce utilizada no abastecimento da água do Porto, Gaia e concelhos limítrofes, abrangendo Gondomar, Santa Maria da Feira, Castelo de Paiva, Penafiel e Marco de Canaveses. (Figura 1)

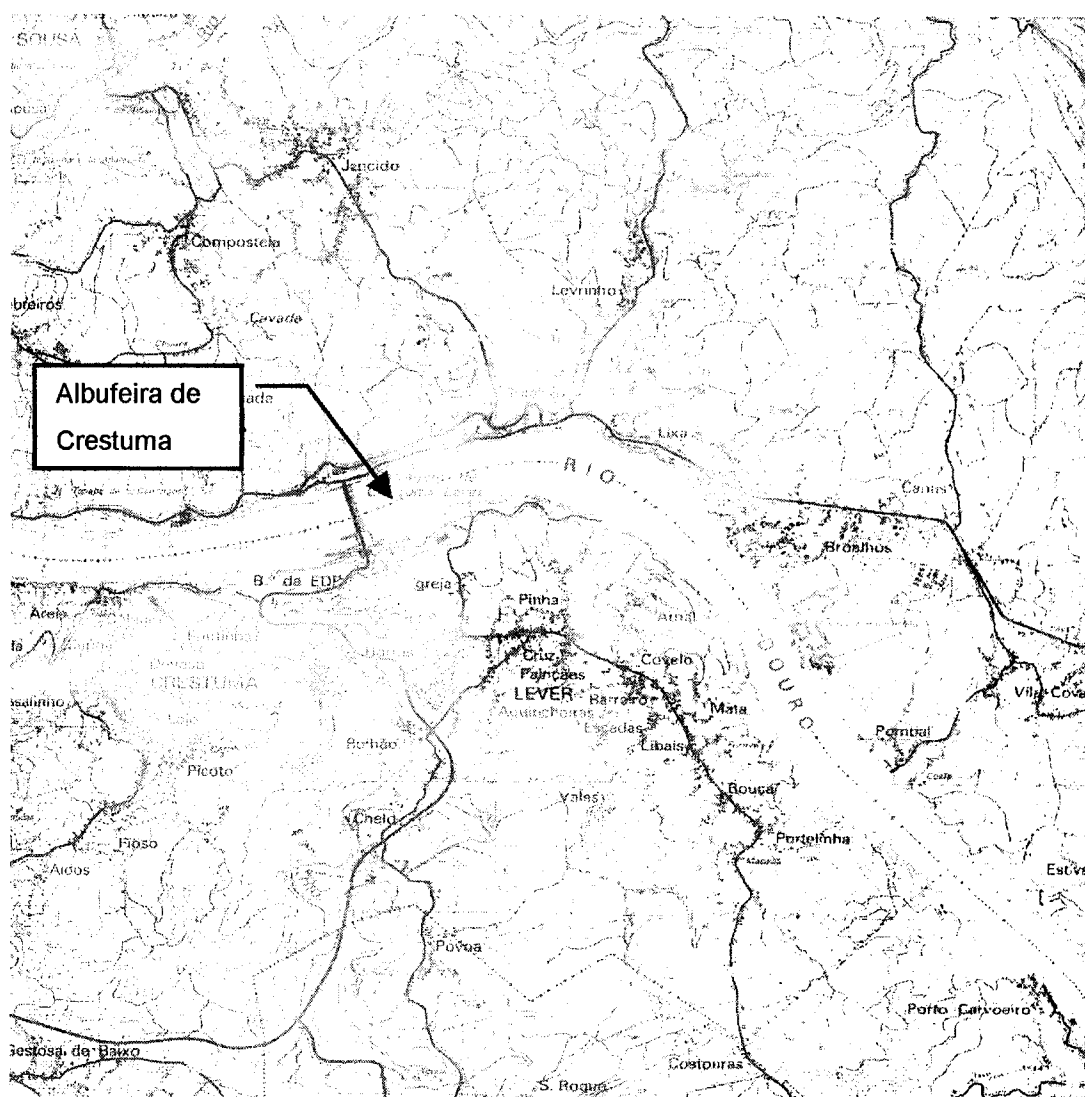
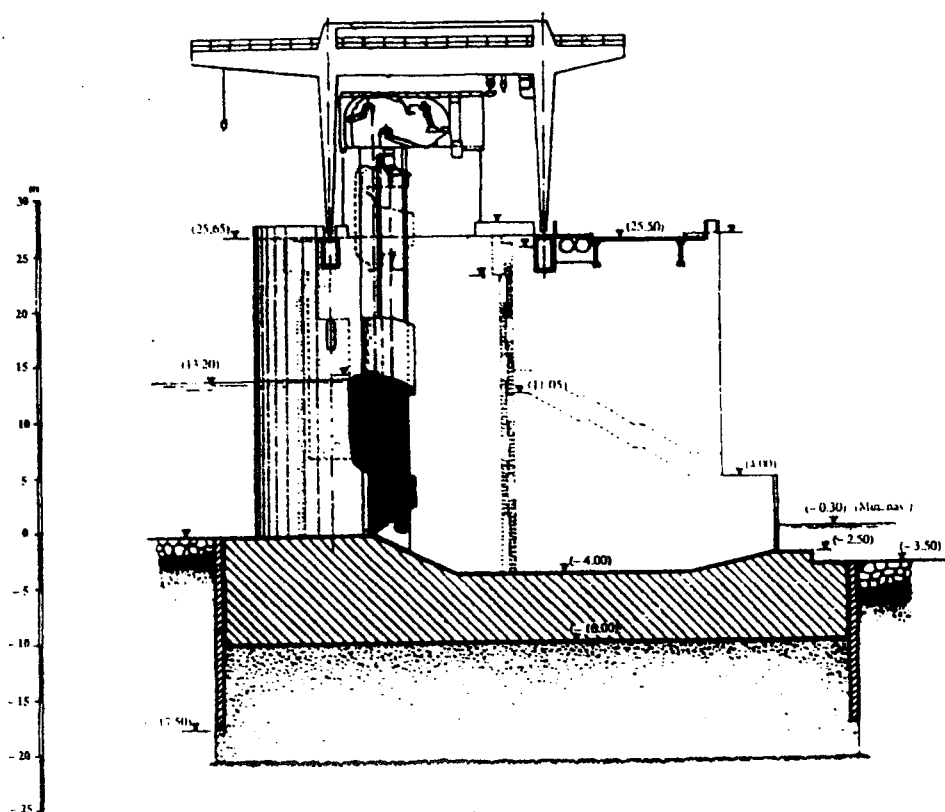


Figura 1- Localização da Albufeira de Crestuma na bacia hidrográfica do Douro.

(Retirado de Carta Militar de Portugal, IGE, folha 134)



A barragem de Crestuma-Lever apresenta, à sua direita, a central eléctrica com capacidade de turbinção de 1200 m³/s e, à sua esquerda, a eclusa para passagem de embarcações. A eclusa permite uma certa trasfega de peixes (CCRN, 1999).

A Albufeira de Crestuma apresenta um aproveitamento do tipo Fio de Água, com tempos de retenção baixos, de alguns dias, verificando-se uma menor estabilidade que no tipo Albufeira propriamente dito, havendo assim, no primeiro caso, um maior condicionamento pelas variações atmosféricas (Gil, 1997).

Segundo o CCRN (1999) e no que diz respeito à água da albufeira, pode referir-se que não ocorre estratificação da mesma, sendo o conteúdo de oxigénio sempre elevado e uniforme na coluna de água.

Do ponto de vista legal e de acordo com o Anexo II do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, a Albufeira de Crestuma é classificada como pertencente à Classe A2.

O despejo térmico da Central Termoeléctrica da Tapada do Outeiro, a montante da barragem, é de 15m³/s, a 15-33 °C.

Nas minas do Pejão, existem despejos originados, possivelmente, por leixivados da escombreira; estes são pouco importantes e têm um efeito a nível local. O sedimento da albufeira é constituído por areia. (CCRN, 1999).

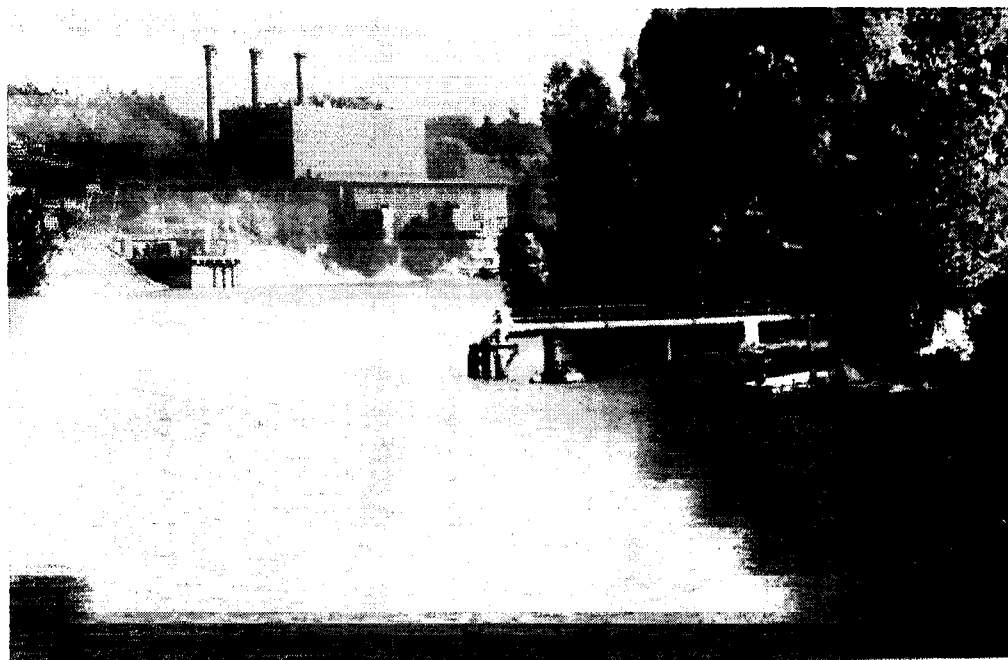


Figura 3 - Albufeira de Crestuma: vista para a central termoeléctrica da Tapada do Outeiro

Na região da albufeira, a vegetação ribeirinha é escassa embora, em alguns sectores, cresça ao longo das orlas e seja prolongada por frondosas massas de arvoredos (CCRN, 1999) de natureza ripícola.

O espelho de água tem cerca de 200 a 300 metros de largura.

O caudal médio ronda os 500m³/s, sendo o caudal médio de estiagem geralmente superior a 100m³/s. As contribuições para o troço são de regime pluvial e, com os caudais mencionados, a albufeira renova-se uma vez em cada três dias, em média, e duas vezes por mês com caudal de estiagem (CCRN, 1999).

As cheias do Douro podem originar grandes caudais que se repetem periodicamente (Quadro 2):

Quadro 2 - Caudais: valores iguais ou excedidos em Crestuma-Lever. (modificado de CPPE, 1997)

Período de retorno	Caudais (m ³ /s)
1 vez em 2 anos	5 400
1 vez em 5 anos	8 900
1 vez em 10 anos	11 300
1 vez em 50 anos	16 500
1 vez em 100 anos	18 800
1 vez em 500 anos	23 700
1 vez em 1000 anos	26 000

No Quadro 3 são referidos os tempos de retenção na Albufeira, desde 1990 até 1996:

*Quadro 3- Tempos de retenção na Albufeira de Crestuma, entre 1990 e 1996.
(Tempo em dias)*

Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Tempo de retenção	3,0	3,0	6,2	3,4	2,8	3,5	1,4

As características específicas do aproveitamento de Crestuma-Lever são as seguintes (Quadro 4):

*Quadro 4- Características de Crestuma-Lever
(Adaptado de Centro de Produção Douro, s/d)*

Entrada em funcionamento.....	1986
Área da Bacia Hidrográfica.....	96.520 hm ²
Módulo caudal anual.....	714 m ³ /s
Em ano seco(80/81)	258m ³ /s
Em ano húmido(78/79).....	1109m ³ /s
Precipitação eficaz média	234 mm
Precipitação efectiva média	698 mm
Défice de escoamento médio.....	464 mm
Coeficiente de escoamento médio.....	0,335
Caudal específico	7,39 l/s/Km ²
Albufeira:	
Nível máximo normal.....	13,20m
Comprimento.....	44Km
Superfície inundada.....	12,98Km ²
Capacidade total.....	110hm ³
Capacidade útil.....	16hm ³

A água é captada na Albufeira de Crestuma-Lever por grupos de elevação submersíveis (figura 4), localizados próximo da margem esquerda, e encaminhada para um reservatório de água bruta.

Posteriormente, a água captada é tratada na ETA com vista à sua utilização para consumo.



Figura 4 - Captação da ETA

3 Objectivos.

Os objectivos deste trabalho foram os seguintes:

- ★ Proceder à avaliação o estado trófico da água da Albufeira de Crestuma, ao longo de um ano, através da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos.
- ★ Estudar a evolução da composição faunística, da densidade e diversidade dos principais grupos Zooplanctónicos (Protozoários, Rotíferos e Crustáceos) na albufeira de Crestuma.
- ★ Valorizar e aplicação dos indicadores biológicos zooplanctónicos na avaliação da qualidade da água.

3.1 Material e Métodos.

3.1.1 Periodicidade.

Para avaliar a variação dos diferentes parâmetros, físico-químicos e biológicos, ao longo do ano, efectuaram-se amostragens mensais, de Novembro de 2000 a Novembro de 2001.

3.1.2 Amostragem.

A escolha dos locais de amostragem na Albufeira de Crestuma foi feita tendo em conta a localização da captação. Assim, colheram-se amostras em dois locais diferentes: um, próximo da captação, a pouca profundidade, e outro no centro da Albufeira, onde a profundidade é de cerca de doze metros (figura 5).



Figura 5 - Local de amostragem no centro da Albufeira

As colheitas foram feitas à superfície e no final da manhã.

As condições climáticas no período de amostragem foram bastante atípicas como pode concluir-se através da análise da figura 6, seguidamente apresentada, que relaciona a pluviosidade mensal verificada com a pluviosidade média ocorrida ao longo dos últimos 100 anos.

Mês	2000/2001	Média100A
Nov.	278,1	156,8
Dez	483,9	170,4
Jan	402,8	153,9
Fev	193,6	139,6
Mar	573	136,5
Abr	94,2	100,5
Mai	94,2	86
Jun	3,4	52,8
Jul.	40,2	19,6
Ago.	24,7	23,7
Set.	42,3	61
Out.	239,1	121,4
Nov.	1,7	156,8

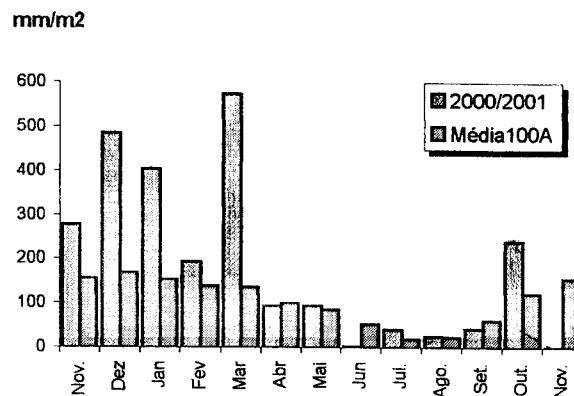


Figura 6 - Relação entre a variação da pluviosidade média de 2000/2001 e a dos últimos 100 anos.

Assim, é notória a intensa pluviosidade ocorrida de Novembro de 2000 a Março de 2001, com valores múltiplos da média verificada na mesma época ao longo dos últimos 100 anos, seguida de um mês de Junho e de um mês de Novembro atipicamente mais secos. A situação referida reflectiu-se numa intensa alteração de caudais e, conseqüentemente, nas características da água da albufeira. Na tabela 1, apresentam-se os dados de caudais médios fornecidos pela Companhia Portuguesa de Produção de Electricidade, nas datas das amostragens.

Tabela 1 - Caudais médios diários (m³/s). (CPPE)

Data	Cota às 24h	Afluente Total	Turbinado	Descarrº	Lançado
06/11/00	13.18	1486	860	629	1489
14/12/00	13.11	2209	852	1344	2196
10/01/01	12.90	3772	821	2951	3772
12/02/01	13.00	3642	863	2648	3511
11/04/01	12.71	1042	0	1047	1047
09/05/01	13.38	634	493	56	549
07/06/01	12.20	392	485	0	485
13/07/01	12.56	305	233	0	233
08/08/01	12.05	257	285	0	285
06/09/01	12.53	412	349	0	349
12/10/01	12.71	317	235	0	235
14/11/01	12.05	332	318	0	318

De referir que, durante este ano em que decorreram as amostragens, a Albufeira de Crestuma esteve envolvida em condições pouco comuns,

nomeadamente o dramático acidente de Castelo de Paiva, no dia 5 de Março de 2001, e a morte massiva de tainhas, em Julho do mesmo ano, como consta das notícias apresentadas em anexo.

3.1.3 Parâmetros analisados.

Do ponto de vista físico-químico, foram determinados os diferentes parâmetros: a temperatura, o pH, o CBO5, CQO, oxigénio dissolvido, fosfatos, nitratos, nitritos, sólidos suspensos totais, ferro total, ferro dissolvido, turvação e transparência.

Do ponto de vista biológico, foi analisada a evolução da comunidade zooplancónica, ao longo de um ano e, no mesmo período, foi feita a quantificação de clorofila *a* e de feopigmentos.

3.1.4 Métodos.

3.1.4.1 Zooplancton:

As amostras de água recolhidas para quantificação e identificação de zooplancton foram filtradas através de discos de rede, de 55 µm de malha.

Procedeu-se à fixação com formol a 4%. Fez-se a identificação e contagem dos seres vivos constituintes da comunidade zooplancónica com recurso ao microscópio óptico, ao microscópio de inversão e à lupa binocular, tendo sido analisadas, sempre que necessário, amostras vivas para a identificação de

espécies dominantes que facilmente se deformam após fixação, como é o caso de rotíferos e de protozoários (Vasconcelos, 1991).

3.1.4.2 Análises físico-químicas:

Foram feitas análises físico-químicas da água (G1), utilizando as metodologias constantes no Anexo III do Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto, para águas superficiais, de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 2 - Metodologias usadas na análise dos diferentes parâmetros

Parâmetro/unidades	Metodologia	Ref ^a bibliográfica
Turvação (NTU)	Método electroquímico	APHA, 1992
Temperatura (°C)	Uso do Termómetro de mercúrio	APHA, 1992
PH	Método electroquímico	APHA, 1992
Cloretos (mg/l)	Espectrofotometria	APHA, 1992
Sulfatos (mg/l)	Espectrofotometria	APHA, 1992
SST (mg/l)	Filtração c/memb. 0.4/secagem 105°C/pesagem	APHA, 1992
Oxigénio dissolv ^o . (% sat.)	Método de Winkler	APHA, 1992
Alcalinidade(mgCaCO ₃ /l)	Titulação c/ H ₂ SO ₄	Golterman, 1971
Nitritos (mg/l)	Espectrofotometria	Strickland & Parsons, 1972
Nitratos (mg/l)	Espectrofotometria	Strickland & Parsons, 1972
Fe (mg/l)	Espectrofotometria	APHA, 1992
Fe dissolvido (mg/l)	Espectrofotometria	APHA, 1992
CBO ₅ (mg/l)	Método respirométrico	APHA, 1992.
CQO (mg/l)	Met ^o do Dicromato de Potássio	APHA, 1992
Fosfatos (mg/l)	Cromatografia iónica	APHA, 1992
Fósforo total (mg/l)	Cromatografia iónica	APHA, 1992
Azoto amoniacal (mg/l)	Espectrofotometria	Koroleff method, 1970
Transparência	Disco de Secchi	APHA, 1992

3.1.4.3 Clorofilas e feopigmentos.

As clorofilas foram extraídas com acetona a 90%, de acordo com Standard Methods (APHA, 1992) após filtração de 2 litros de água através de filtro de acetato Whatman com 4,5 cm de diâmetro.

O doseamento dos pigmentos foi feito pelo método espectrofotométrico e os valores de clorofila *a* e de feopigmentos foram calculados pelas seguintes equações propostas por Lorenzen (1967):

- Clorofila *a* (mg/m³) = $26,7 \times (665a - 665b) \times v / (V \times 1)$
- Feopigmentos (mg/m³) = $26,7 \times [(1,7 \times 665b) - 665a] \times v / (V \times 1)$

Sendo,

- ♦ 665a - valor da densidade óptica antes da acidificação
- ♦ 665b - valor da densidade óptica após acidificação
- ♦ *v* - volume de acetona a 90% utilizada (10 ml).
- ♦ *V* - volume da amostra filtrada (dm³)
- ♦ 1 - percurso óptico

3.1.4.4 Determinação do Índice do Estado Trófico (Carlson, 1977)

A determinação do índice trófico de Carlson (TSI) é feita com base no conhecimento dos valores de transparência (Disco Secchi), clorofila *a* e fósforo total, sendo utilizadas as fórmulas seguintes:

- ★ $TSI_{ds} = 60 - 14,41 \ln ds$
- ★ $TSI_{cla} = 9,81 \ln [cla] + 30,6$
- ★ $TSI_{Pt} = 14,42 \ln [Pt] + 4,15$

Com [cla]- concentração da clorofila à superfície (mg/m³)

[Pt]-concentração do fósforo total à superfície (mg/m³)

ds- valor da transparência medida com o disco Secchi (m)

Os valores resultantes desta determinação variam entre 0 e 100, com valores de cerca de 50 para o estado de mesotrofia.

4 Resultados e Discussão.

A apresentação dos resultados obtidos ao longo do período de amostragem é feita em três fases, na primeira das quais se analisam os dados resultantes das análises físico-químicas realizadas, apresentando depois os resultados das análises zooplanctónicas e procedendo, posteriormente, a uma análise conjunta de ambas, com a discussão que lhe é inerente.

Os resultados são expressos em gráficos e/ou tabelas.

Em anexo figuram tabelas, legislação e artigos que, de alguma forma, complementam o estudo realizado.

4.1 Parâmetros físico-químicos.

Na tabela 4 são apresentados os valores médios anuais verificados entre Novembro de 2000 e Novembro de 2001, resultantes de amostragens mensais nos dois pontos, no centro da Albufeira e junto à captação, na Albufeira de Crestuma:

Tabela 3 - Valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros físico-químicos

Parâmetros	Centro da Albufeira			Junto à Captação		
	Média	Maxº	Minº	Média	Maxº	Minº
Turvação (NTU)	13.6	59	2.10	13.4	56.8	1.8
Transparência (m)	1.57	2.80	0.5	1.57	2.80	0.5
Temperatura (°c)	17.5	26	9	18	26.5	9.5
PH	7.67	7.93	7.29	7.65	7.81	7.39
Cloretos (mg/l)	11.7	16.3	7.8	11.5	15.6	7.8
Sulfatos (mg/l)	42.25	67.2	19.7	40.4	74.6	20.3
SST (mg/l)	11.2	42.5	1.8	10.6	42.2	0.6
Oxigénio dissolv. (% sat.)	101.25	135.4	74.4	99.9	129.6	78.8
Alcalinidade (mg/l)	67.7	89.7	43.6	67.5	90.4	42.2
Nitratos (mg/l)	7.05	11.9	4.2	6.35	9.1	5
Nitritos (mg/l)	0.087	0.32	0.01	0.085	0.32	0.01
Azoto amoniacal (mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fosfatos (mg/l)	1.59	6.4	0.04	2.36	7.4	0.04
P total (mg/l)	0.56	2	0.04	0.76	2.9	0.04
CBO5 (mg/l)	3.1	10	1	2.5	9	1
CQO (mg/l)	14.3	41	3	13	39	2
Fe dissolvº (mg/l)	0.03	0.123	0.013	0.06	0.092	0.017
Fe total (mg/l)	0.276	1.140	0.05	0.256	0.957	0.05

Os resultados obtidos para os diferentes parâmetros são seguidamente analisados:

- Turvação:

A turvação depende do teor de matéria em suspensão na água, nomeadamente argila, limo e matéria orgânica e inorgânica finamente dividida.

Em termos de turvação, medida em NTU (Nephelometric Turbidity Unit), houve um aumento progressivo da mesma a partir do mês de Dezembro de 2000, atingindo-se os valores máximos em Fevereiro e ocorrendo uma grande

diminuição, de mais de 50 NTU, em Abril seguinte. Este facto foi consequência da forte pluviosidade verificada e dos caudais daí resultantes (Figura 7).

Os valores mínimos ocorreram em Maio de 2001 tendo-se verificado, em Agosto, um pequeno pico de turvação.

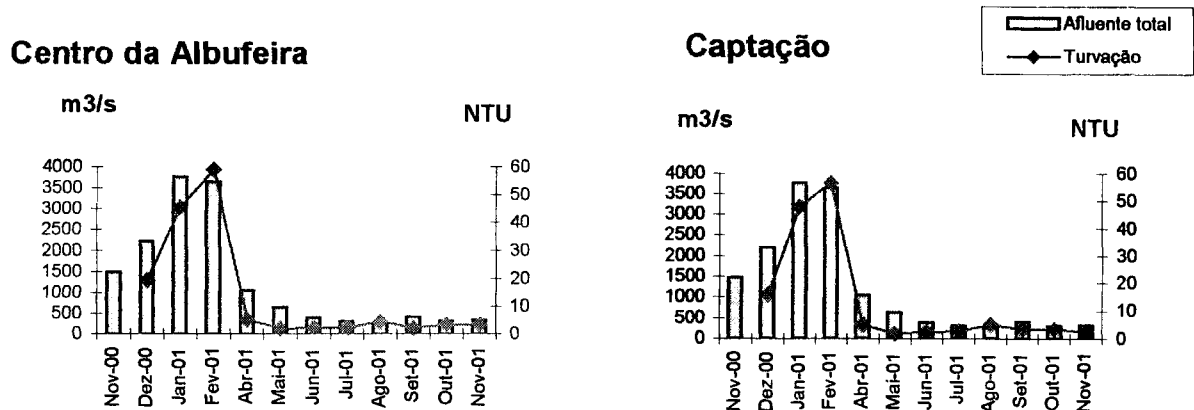


Figura 7 - Relação Turvação / Afluentes total

A quantidade de materiais em suspensão pode condicionar, de forma acentuada, a vida no ecossistema. De referir, por exemplo, que há indicações de que muitas Cladocera são eliminadas pelo silte. Estes pequenos crustáceos, alimentam-se, pouco selectivamente, de materiais que retêm com os seus apêndices e assim, na água turbulenta, inevitavelmente ingerem silte que os torna pesados, impossibilitando-os de manter a sua posição na água (Hynes, 1970).

- Transparência:

Na tabela 4 encontram-se registados os valores de transparência, medidos com o Disco Secchi (m), nos dois pontos de amostragem ou seja, no centro da Albufeira e junto à captação da Estação de Tratamento de Águas de Crestuma-Lever:

Tabela 4 - Valores de Transparência (Disco Secchi), em metros

Mês	Centro da Albufeira	Captação
Novembro 2000	1.2	1.2
Dezembro 2000	0.7	0.7
Janeiro 2001	0.5	0.5
Fevereiro 2001	0.5	0.5
Abril 2001	2.0	2.0
Maio 2001	2.0	2.0
Junho 2001	1.7	1.8
Julho 2001	1.5	1.5
Agosto 2001	2.0	2.0
Setembro 2001	2.8	2.8
Outubro 2001	2.2	2.2
Novembro 2001	1.8	1.8

Pela análise gráfica destes valores (Figura 8), não se notam diferenças relevantes entre os dois pontos de amostragem. Os valores obtidos variaram entre um mínimo de 0,5m nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2001 e um máximo de 2.8m em Setembro do mesmo ano, tendo-se verificado uma média de 1.5m que, segundo a OCDE (1992) corresponde a uma albufeira de características eutróficas.

A transparência diminuiu drasticamente com a forte pluviosidade e aumento de caudais verificados em Janeiro, Fevereiro e Março, devido ao transporte de sedimentos, apresentando um rápido incremento com a melhoria das condições climatéricas e consequente acalmia das águas. A partir desse momento de maior estabilidade, passou a notar-se uma lenta diminuição da transparência até ao mês de Julho, com um valor de 1.5m, a partir do qual a transparência passou a aumentar até atingir um pico máximo de 2.8m no mês de Setembro.

Os valores de Disco Secchi inferiores a 1m decorreram provavelmente do grande transporte verificado.

Em estudos feitos na albufeira de Crestuma, Gil (1997) refere para o Disco Secchi um valor mínimo de 1,3m e um valor máximo de 2,01m.

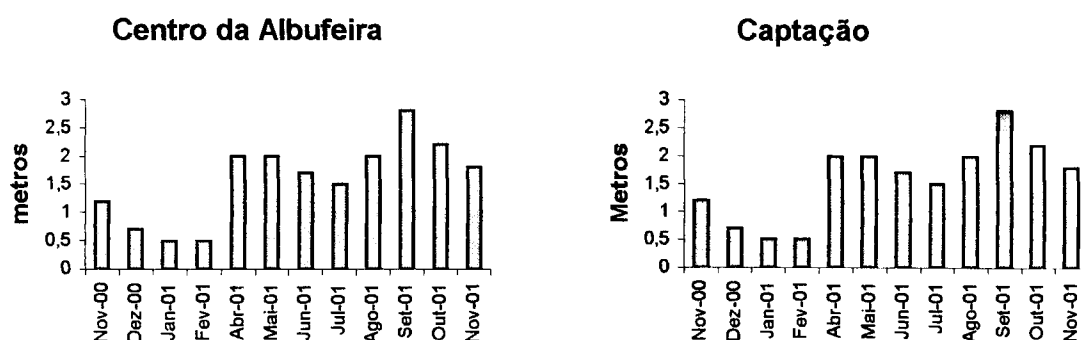


Figura 8 - Variação da transparência (Disco Secchi)

De acordo com a classificação de Margalef (1983), a albufeira de Crestuma apresenta um estado de eutrofização avançado, com uma profundidade de visão do disco Secchi sempre inferior a 3m.

Calculando o Índice do Estado Trófico (Carlson, 1977) para o Disco Secchi, observaram-se valores de tendências eutróficas durante o Inverno, enquanto que, a partir do mês de Abril, se verificaram valores correspondentes a um estado de mesotrofia (Tabela 5)

Tabela 5 - Índices de Estado Trófico para o Disco Secchi (Carlson, 1977).

Data	TSI ds
Nov. 00	57.37
Dez.00	61.14
Jan.01	69.99
Fev.01	69.99
Abr.01	50.01
Mai.01	50.01
Jun.01	52.35
Jul.01	54.16
Ago.01	50.01
Set.01	45.16
Out.01	48.64
Nov.01	51.53

-Temperatura:

A temperatura à superfície da coluna de água variou de acordo com as estações do ano, com uma amplitude térmica de cerca de 17°C, tendo sido verificados os valores mínimos em Janeiro (9°C) e em Fevereiro (9,5°C) e os valores máximos em Julho (24°C), Agosto (24,5°C) e Setembro (26°C), como pode ver-se pela análise gráfica da figura 9. De notar que as temperaturas aqui referidas correspondem à temperatura verificada aquando da colheita e não a uma

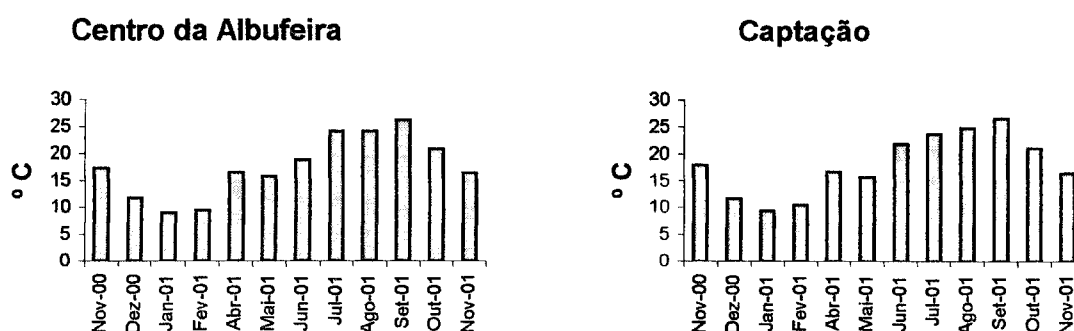


Figura 9 - Variação da temperatura da água.

temperatura média.

Estes valores de temperatura variaram de acordo com as estações do ano, aproximando-se muito da temperatura do ar verificada no local.

- pH:

O pH apresentou-se básico e semelhante nos dois pontos de amostragem, com valores sempre inferiores a 8 havendo, nesta situação, predomínio de iões HCO_3^- .

O valor máximo de pH, 7.93, verificou-se em Agosto, no centro da Albufeira, tendo a média anual, nesse local, sido de 7,67. Os valores mais altos ocorreram nos meses de Verão, provavelmente devido a uma maior taxa fotossintética.

- Cloretos:

Em relação aos cloretos, verificou-se, no período de amostragem considerado, um valor médio de 11,6 mg/l, com valores mais elevados nos meses de Novembro e Dezembro de 2000 e entre Julho e Novembro de 2001. De referir que qualquer um desses valores é baixo, relativamente ao VMR para albufeiras do tipo A2.

- Sulfatos:

As águas superficiais dos locais amostrados revelaram um teor médio de sulfatos de 41 mg/l, com um pico notório no mês de Julho (67.2 mg/l no centro da Albufeira e 74.6 mg/l junto à captação da ETA). Comparativamente, o centro da Albufeira apresentou um valor médio ligeiramente mais elevado.

Os valores verificados estão dentro dos VMR decretados para albufeiras tipo A2, de acordo com o Decreto-Lei 236/98.

- Sólidos suspensos totais:

Na ausência de poluição provocada por actividades humanas, os sólidos suspensos provêm da erosão natural e do arrastamento, pela água, de detritos orgânicos e minerais.

Os valores, em mg/l, de sólidos suspensos totais foram similares nos dois locais de amostragem, com valores crescentes em Dezembro, Janeiro e Fevereiro, com um pico de 45.2 mg/l neste último mês, facto que decorreu da intensa pluviosidade e dos grandes caudais verificados (figura 10).

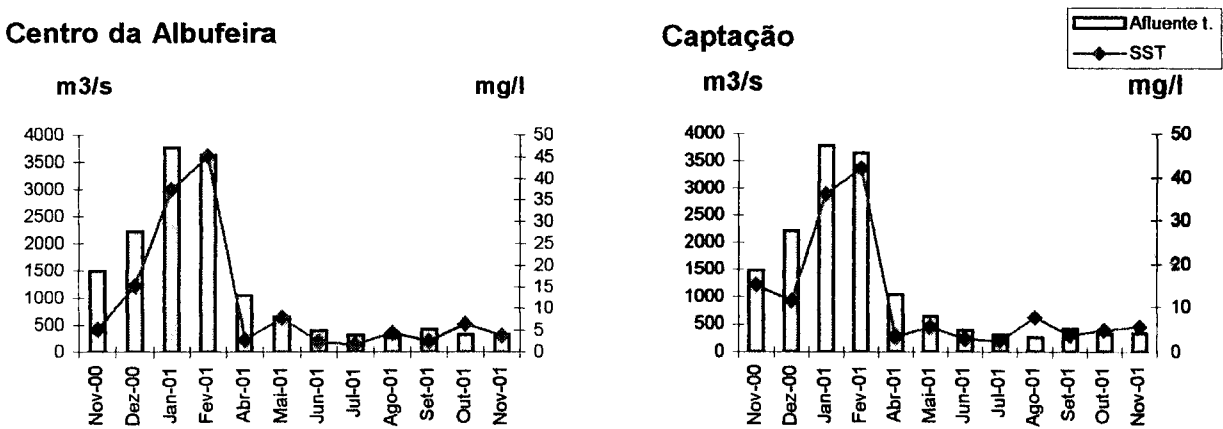


Figura 10 - Relação entre a variação de Afluente total e SST

Relacionando os sólidos suspensos totais com a turvação, atrás referida, pode dizer-se que a turvação verificada se deve, na sua maior parte, à presença dos SST transportados pelas águas (Figura 11).

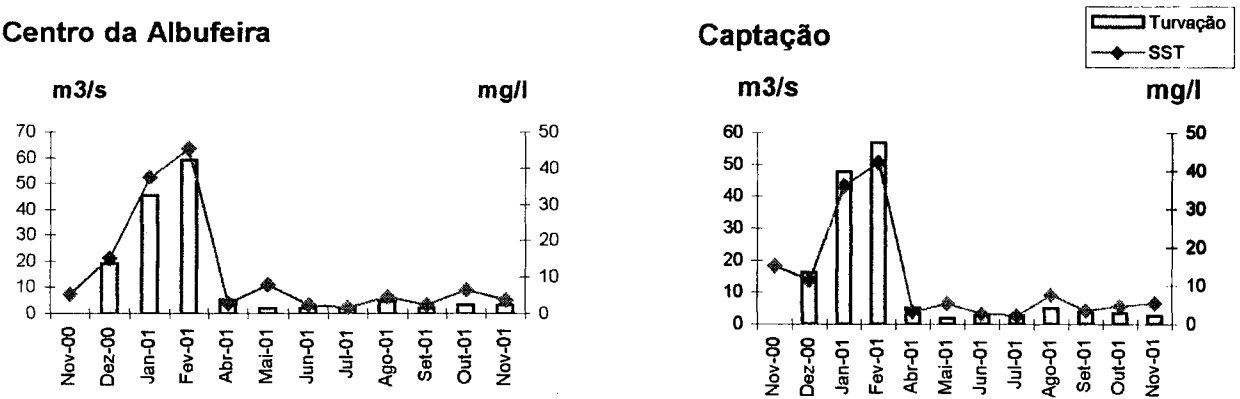


Figura 11 - Relação entre a variação de Turvação e SST.

- Oxigénio dissolvido:

O oxigénio dissolvido apresentou valores sempre superiores a uma % de saturação de 74%, tendo revelado valores superiores a 100% de Dezembro de 2000 a Maio de 2001, bem como em Agosto do mesmo ano.

Os meses que apresentaram menor % de saturação de oxigénio foram Novembro de 2000 e Julho de 2001, nos dois pontos de amostragem. O valor médio de % de saturação foi da ordem dos 100%, o que indica um alto grau de oxigenação superficial da albufeira.

A grande percentagem de saturação de oxigénio dissolvido, sempre muito superior ao VMR de 50% para albufeiras de tipo A2 (D.R.,1-8-98), deve-se provavelmente à forte dinâmica das águas, associada aos acentuados caudais verificados no Inverno. Assim, os valores mais altos ocorreram nos meses de maior pluviosidade e em Agosto, mês em que esta situação pode ser devida a uma mais intensa actividade fotossintética.

Comparando os valores obtidos nos dois locais de amostragem, a percentagem de saturação de oxigénio dissolvido é geralmente superior no centro da Albufeira, o que pode justificar-se pela maior dinâmica das águas , aqui verificada.

Em trabalhos anteriores, a albufeira de Crestuma apresentou também valores altos para o oxigénio dissolvido: em 1988/89 Fidalgo (1990) obtém um mínimo de 74% e um máximo de 132% e, em 1997, Gil refere um mínimo de 85% e um máximo de 115%.

- Alcalinidade:

A alcalinidade da água refere-se à quantidade e ao tipo de compostos nela presentes que, em conjunto, provocam uma viragem de pH de neutro para alcalino (Wetzel, 1993).

A alcalinidade, tal como o pH e a dureza das águas, exerce uma considerável influência no desenvolvimento do fitoplancton (Hynes, 1970).

Os valores de alcalinidade foram semelhantes nos dois pontos de amostragem, com uma média de 67.6 mg de CaCO_3/l , tendo-se verificado os valores mais altos de Julho a Novembro de 2001.

- Nitratos (NO_3^-), Nitritos (NO_2^-), ião amónia.

No que respeita a concentração de nitratos na água superficial da Albufeira de Crestuma, verificaram-se valores médios da ordem dos 7.05 mg/l no centro da Albufeira e 6.35 mg/l junto à captação. No primeiro local, houve valores mais altos em Dezembro de 2000 e Junho/Julho e Novembro de 2001 enquanto que, no segundo, os valores mais altos se verificaram em Novembro de 2000, Janeiro e Novembro de 2001.

Em Dezembro de 2000 bem como em Junho/Julho de 2001, a concentração de nitratos foi notoriamente superior no centro da Albufeira, em relação às imediações da captação da ETA de Crestuma-Lever.

De notar que nunca se verificaram valores superiores a 11.9 mg/l, valores esses bastante inferiores ao VMA de 50mg/l constante no Decreto-Lei 236/98.

Os altos valores de nitratos verificados podem ter sido devidos, não só à forte lixiviação provocada pelas chuvas, como a focos pontuais de poluição orgânica.

Em estudos feitos no local, antes da entrada em funcionamento da albufeira (Fidalgo, 1988), a concentração de nitratos era inferior a 1mg/l, valor que não apresentou grande variação em 1988/89 (Fidalgo, 1990) e em 1995/96 (Gil, 1997).

Em relação aos nitritos, a semelhança entre os dois pontos de amostragem foi relevante, com um pico de 0.32mg/l, em ambos os locais, em Julho, relativamente a um valor médio de 0.086 mg/l. De notar que as concentrações de nitritos verificadas são muito inferiores às concentrações de nitratos, em idênticas condições espacio-temporais.

Os valores de azoto amoniacal, nos dois pontos de amostragem, foram sempre iguais ou inferiores a 0.01mg/l, ao longo de todo o período estudado, estando muito abaixo do VMR para albufeiras do tipo A2.

- Ferro total e Ferro dissolvido

O ferro é um micronutriente essencial à microflora, sendo absolutamente necessário nas trajectórias enzimáticas da síntese de clorofilas e de proteínas (Wetzel, 1993). Este elemento pode estar envolvido no ciclo do fósforo, na medida em que o fósforo dos sedimentos está predominantemente sob a forma de apatite, fósforo orgânico e iões ortofosfato ligados, por covalência, a óxidos de ferro hidratados (Wetzel, 1993).

O ferro total (mg/l), apresentou um pico em Fevereiro de 2001, correspondente a 1.140mg/l, destacando-se de um valor médio anual de cerca de 0.3mg/l.

O ferro dissolvido, em mg/l, apresentou quase sempre valores inferiores a 0.05mg/l com excepção de Dezembro de 2000 e Fevereiro de 2001, meses em que

se registaram respectivamente valores de 0.123mg/l e 0.59mg/l. Todos os valores verificados são inferiores ao VMR para albufeiras tipo A2.

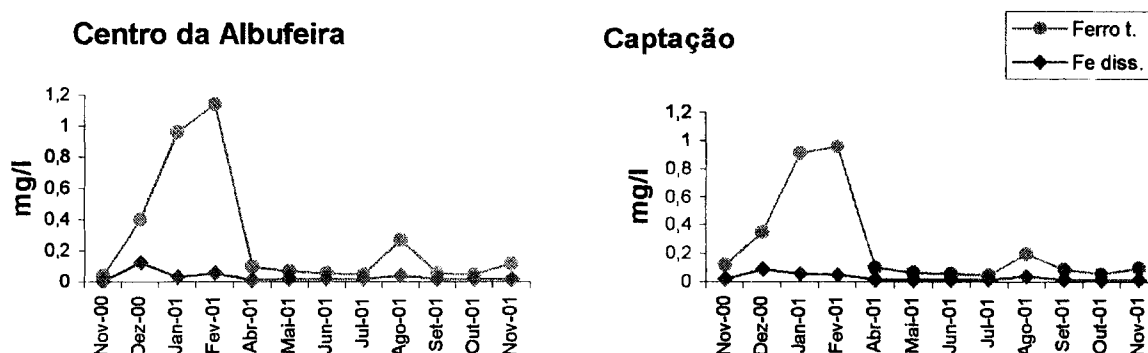


Figura 12 - Relação entre a variação de Ferro total e Ferro dissolvido.

Pela análise gráfica (Figura 12), constata-se que há, na água, pouco ferro dissolvido e que o pico correspondente ao ferro total traduz o transporte de ferro particulado pelas águas, aquando dos intensos caudais verificados.

- CBO₅ e CQO

O valor de CBO₅ à superfície da coluna de água variou entre valores iguais ou inferiores a 2 mg/l, ao longo do período de amostragem, com a exceção de dois picos verificados em Janeiro e em Junho de 2001 em que o CBO₅ atingiu respectivamente os valores de 9 mg/l e 10 mg/l no centro da Albufeira e 5mg/l e 9 mg/l junto à captação da ETA de Crestuma-Lever. Nesses dois meses referidos, o CBO₅ ultrapassou bastante o VMR de 5mg/l estipulado pelo Decreto-Lei 236/98, para albufeiras do tipo A2, definindo possivelmente situações temporárias de poluição orgânica. Em Junho poderá também ser devido ao aumento da biomassa fitoplanctónica.

Quanto ao CQO, este apresentou os valores mais altos em Junho (41mg/l no centro da Albufeira e 39 mg/l junto à captação) e Janeiro (MA: 32mg/l e C:17mg/l), com valores ainda altos em Abril (MA: 25mg/l e C: 26mg/l) e Maio de 2001 (MA:17mg/l e C: 14mg/l). Nos restantes meses apresentou valores inferiores a 10 mg/l, com a excepção do mês de Fevereiro, cujo valor de CQO junto à captação foi de 21 mg/l enquanto que no centro da Albufeira apresentou um valor mínimo de 2mg/l.

Os valores de CBO e CQO apontam, pois, para uma pior qualidade da água no mês de Junho (figura 13).

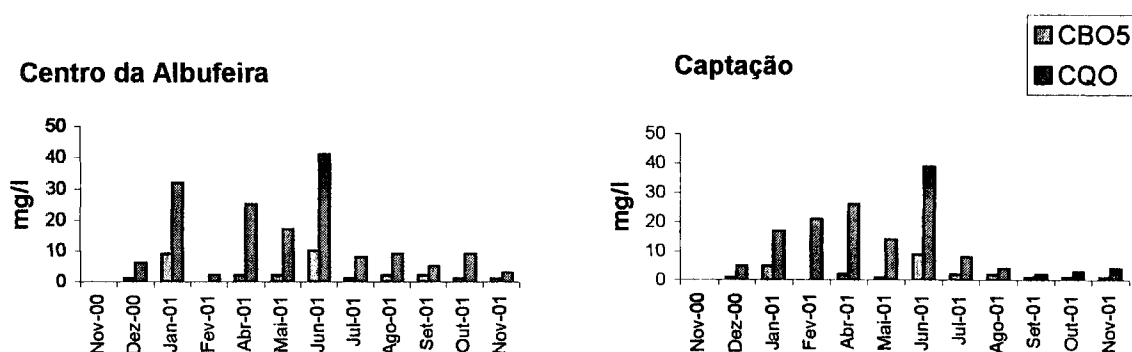


Figura 13 - Relação entre o CBO5 e o CQO.

De referir que, por impedimentos imprevistos não foram realizadas as análises de CBO₅ e CQO de Novembro de 2000, bem como a de CBO₅ de Fevereiro de 2001.

Os valores de CBO₅, no centro da Albufeira, em 1988/89 (Fidalgo, 1990) variaram entre 1,21mg/l e 4,13mg/l, correspondendo este valor a um pico em Julho de 1989. Deste modo, globalmente, os actuais valores apontam para um crescente enriquecimento da água em matéria orgânica.

- Fosfatos (PO_4^{3-}):

No que respeita aos fosfatos, ocorreram picos nos dois locais de amostragem em Janeiro (6.4mg/l) e Julho (6.1mg/l) de 2001 e, em Abril, um pico apenas junto à captação (9mg/l) por oposição a 0.3 mg/l no centro da Albufeira.

De referir que em Janeiro a tendência era de um teor em fósforo superior junto à captação enquanto que em Julho esta situação se inverteu.

Os valores de fosfatos verificados nos dois locais de amostragem, nos meses de Janeiro/Fevereiro e Julho/Agosto bem como o valor verificado em Abril, na captação, foram superiores ao VMR constante no Decreto-Lei 236/98 para a qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano.

Nos meses de Janeiro/Fevereiro, os valores verificados poderão ter decorrido da forte lixiviação que existiu em consequência das chuvas, arrastando para o rio uma maior quantidade de matéria orgânica e inorgânica de origem terrestre.

Em Julho/Agosto, os altos valores de fosfatos (Figura 14) poderão ser de origem biológica, uma vez que, com o aumento da temperatura há uma maior produção de biomassa. Para esta situação poderá também ter contribuído não só a morte do grande número de tainhas, situação documentada pela notícia em anexo, como também a libertação de fósforo pelos sedimentos, em caso de anoxia nas camadas profundas.

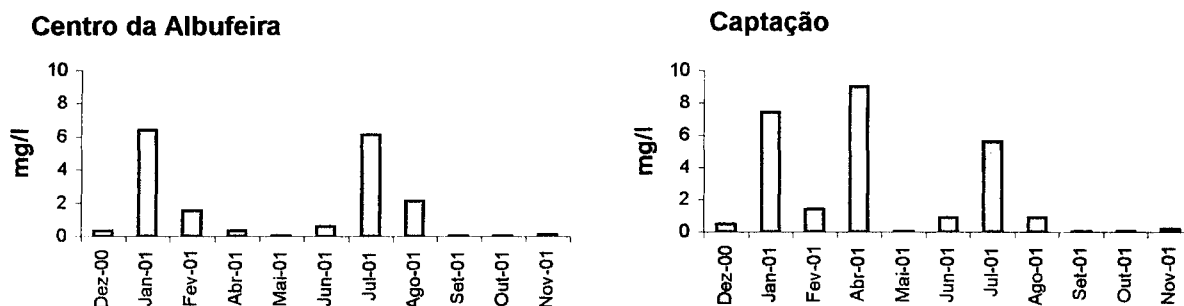


Figura 14 – Variação da concentração de fosfatos.

O valor de 9mg/l verificado em Abril, junto à captação, parece dever-se a um foco pontual de contaminação orgânica uma vez que, no centro da Albufeira, a uma curta distância, a concentração de fosfatos não excedia os 0.3mg/l.

Não foi realizada a análise relativa ao mês de Novembro de 2000.

Durante o ano de 2000/2001, os valores de concentração de fosfatos apresentaram-se superiores a 0.1mg/l e 1,33mg/l, valores médios correspondentes, respectivamente, a trabalhos realizados em 1988/89 (Fidalgo,1990) e 1995/6 (Gil,1997), sendo de notar um crescente enriquecimento em matéria orgânica.

4.2 Parâmetros Biológicos

4.2.1 Clorofilas e feopigmentos:

No que diz respeito à clorofila a, observaram-se, nos dois locais de amostragem, curvas com aumento da produtividade na Primavera e no Outono e um decréscimo da mesma ao longo do Inverno e do Verão. Os valores obtidos caracterizam um ecossistema altamente produtivo. O pico correspondente à Primavera surgiu mais tardiamente, provavelmente devido ao desequilíbrio provocado pelas fortes chuvas do mês de Março.

As curvas relativas aos feopigmentos, resultantes das clorofilas, mostram uma visível relação com estas últimas, sendo os valores de feopigmentos sempre inferiores aos de clorofila a (figuras 15 e 16).

De notar que, em Julho, o pico de clorofilas coincidiu com um pico verificado no caso dos fosfatos. Nos meses de inverno esta relação não se verificou o que faz prever, nesta época, uma origem de fosfatos exterior ao sistema.

Relativamente a estudos feitos anteriormente sobre a concentração de clorofila a, na albufeira de Crestuma, são de referir situações de picos de clorofila muito superiores aos valores verificados neste trabalho.

Antes da entrada em funcionamento da albufeira, num trabalho realizado em 1981/83, (Fidalgo, 1988), a concentração de clorofila apresentou um valor médio de 8,66 mg/l, com um valor mínimo de 0,39 mg/l em Janeiro de 1982 e um valor máximo de 39,2 mg/l em Agosto de 1981.

Em 1989 (Fidalgo, 1990) ocorreram picos de clorofila em Janeiro (12,3 mg/l), Maio (20,5 mg/l) e Julho (40,1 mg/l).

Em análises efectuadas em 1995/96, Gil (1997) refere para a clorofila a, na albufeira de Crestuma, um valor mínimo de 3,2 mg/l e um valor máximo de 27 mg/l.

Centro da Albufeira		
Data	Clorofilas	Feopigm.
Nov-00	13	3,2
Dez-00	8,1	2
Jan-01	1,2	0
Fev-01	0,3	0
Abr-01	0,8	0
Mai-01	5,3	2,5
Jun-01	11	5,7
Jul-01	13,2	7,2
Ago-01	9,2	1,4
Set-01	6,1	2,9
Out-01	5,1	2
Nov-01	7,3	3

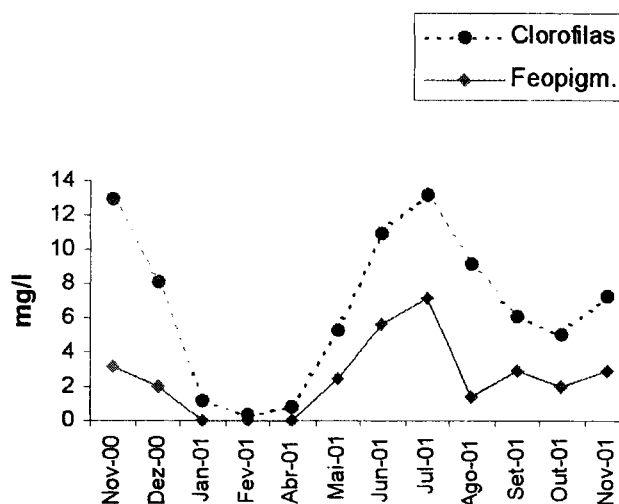


Figura 15- Relação entre a variação de Clorofilas e Feopigmentos, no centro da Albufeira.

Captação		
Data	Clorofilas	Feopigm.
Nov-00	13,2	3,3
Dez-00	8,0	2,3
Jan-01	1,1	0
Fev-01	0,3	0
Abr-01	0,7	0
Mai-01	5,1	2,3
Jun-01	10,6	5,8
Jul-01	13,3	7,0
Ago-01	9,2	1,4
Set-01	6,0	2,8
Out-01	5,1	1,9
Nov-01	7,1	3,2

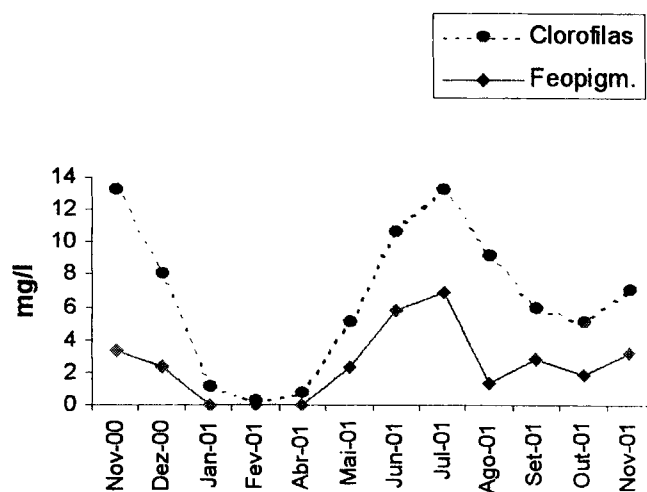


Figura 16 - Relação entre a variação de Clorofilas e Feopigmentos, na captação.

Calculando o Índice do Estado Trófico para a clorofila a (Carlson, 1977), obtiveram-se os valores constantes na tabela 6:

Tabela 6 - Índices do Estado Trófico para a clorofila a (Carlson, 1977)

Data	TSicla
Nov00	55.76
Dez00	51.12
Jan01	32.39
Fev01	18.97
Abr01	28.41
Mai01	46.96
Jun01	54.12
Jul01	55.91
Ago01	52.37
Set01	48.34
Out01	46.58
Nov01	50.10

Os índices constantes na tabela 7 mostram que a albufeira apresentou, para a clorofila a, características oligotróficas nos meses de Janeiro a Abril, enquanto que revelou um estado de mesotrofia durante o resto do ano. Dadas as condições de atípica pluviosidade durante o primeiro trimestre de 2001, pode considerar-se que a albufeira de Crestuma apresentou tendências mesotróficas, durante o período de tempo considerado.

Em estudos realizados em Agosto de 1989 foi determinado o TSI da albufeira de Crestuma, tendo este revelado também tendência para a mesotrofia (Branco, 1992).

4.2.2 A Comunidade zooplanctónica

A estrutura e funcionamento das comunidades zooplanctónicas limnéticas podem ser profundamente alteradas por variações do grau trófico do meio. Estas alterações traduzem-se em modificações na composição específica e na abundância do zooplankton, expressa quer em densidade, quer em biomassa (Monteiro, 1988; Cunha, 1999).

Experiências realizadas *in vitro* por Bick, em 1964 (Angeli, 1979), mostram que, conforme aumenta o grau de eutrofização da água, vai ocorrendo uma evolução da comunidade planctónica, sucedendo-se diferentes tipos de associações. Assim, o zooplankton composto por rotíferos associados a ciliados corresponderá, possivelmente, a ambientes de tendências mesotróficas (Angeli, 1979).

Sladécek (1983) considera a existência, entre os Rotíferos, de espécies indicadoras que, possuindo exigências ecológicas bem definidas, permitem reconhecer meios com determinadas características.

Dado que o valor indicador das espécies, consideradas separadamente, é relativo na medida em que há também a considerar factores como o ciclo anual e o conteúdo mineral da água, devem sempre considerar-se conjuntos de espécies e aspectos gerais da comunidade, no processo de avaliação da qualidade da água (Margalef *et al*, 1976).

A densidade zooplanctónica total teve, junto à Captação da Estação de Tratamento de Água de Crestuma-Lever, um valor médio anual de 5717 indivíduos por metro cúbico, superior ao valor médio anual verificado no centro da Albufeira que foi de 4440 indivíduos por metro cúbico. Esta diferença observada poderá dever-se a uma menor corrente e à existência de substrato rochoso e de vegetação, junto à margem, factos que favorecem o desenvolvimento de algumas espécies.

Dos grupos do zooplankton, os *Rotifera* foram os mais abundantes, representando cerca de 50% da comunidade zooplanctónica. Os *Protozoa* e os *Crustacea* apresentaram densidades aproximadas, embora o primeiro grupo tenha revelado maior diversidade.

Em Crestuma, durante o período de amostragem considerado, foram identificadas 39 espécies de *Protozoa* (Tabela 8), 29 espécies de *Rotifera* (Tabela 9) e 11 espécies de microcrustáceos, nomeadamente 6 de *Cladocera* e 5 de *Copepoda* (Tabela 10).

No período em estudo, em Crestuma, a maior diversidade específica de zooplankton verificou-se em Dezembro de 2000 no centro da Albufeira (25 espécies), em Julho/Agosto, também no centro da Albufeira (21 espécies) e, junto à captação, em Janeiro de 2001 (20 espécies) e Setembro/Outubro de 2001 (18 espécies).

De notar que a maior diversidade e densidade de *Protozoa* ocorreu no Inverno (tabela 8), principalmente em Dezembro de 2000/Janeiro de 2001, enquanto que a maior densidade de *Rotifera* se verificou entre Maio e Agosto, junto à Captação (figura 17).

A partir do mês de Maio passou a existir um predomínio de Rotífera, grupo que atingiu, neste mês, a densidade máxima de 39.000 e 68.000 indivíduos/m³, respectivamente no centro da Albufeira e junto à captação. *Synchaeta* sp. apresentou uma densidade digna de referência nos meses de Junho, Agosto, Setembro e Novembro, não tendo sido identificada nos restantes meses (tabela 9).

As formas *Keratella* c. *cochlearis* e *Polyarthra dolichoptera* apareceram de forma constante, ao longo do período amostrado.

Os Crustácea apareceram com maior frequência no segundo semestre do ano, com um pico em Agosto devido à presença de uma grande população de nauplios.

O facto de a maior diversidade específica ter ocorrido nos meses de Verão, em que os parâmetros físico-químicos revelaram maior carga orgânica, parece vir de encontro ao pressuposto (Margalef, 1983) de que a diversidade zooplanctónica é incrementada em albufeiras com características tendencialmente eutróficas.

No mês de Janeiro, é mais difícil estabelecer uma relação entre os parâmetros físico-químicos e os parâmetros biológicos dado que houve uma grande instabilidade ecológica, devida às chuvas e fortes caudais verificados.

Datas	3Nov		14Dez		10Jan		14Jan		14Fev		14Abr		9Mai		7Jun		13Jul		8Ago		6Set		12Out		14Nov	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
PROTOZOA	5000	3000	400	25700	36200	15400	0	0	0	700	1100	1200	400	0	640	5600	2490	7840	3300	1000	2930	1560	920	910		
ROTÍFERA	3000	18750	200	1100	1400	1600	0	0	0	2700	800	39000	68000	0	16960	1270	19570	23800	3260	2110	4500	1580	5980	12910		
CRUSTÁCEA	12000	4870	7000	2500	1000	1200	0	0	0	600	1000	1600	1000	500	4480	1700	2170	30520	7710	4360	11780	6520	3190	4260		

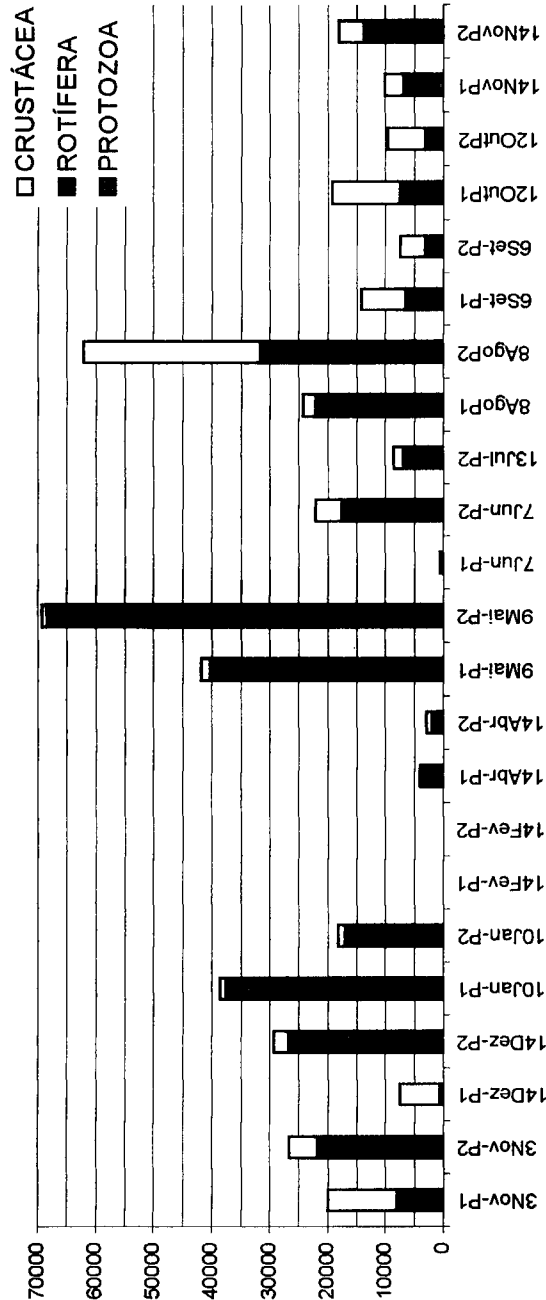


Figura 17 - Variação gráfica da densidade do Zooplankton ao longo do ano, nos dois pontos de amostragem.
(P1 - Centro da albufera; P2 - Captação)

TABELA: 8 Densidade (nº de indivíduos/m³) de Protozoa nas diferentes amostragens

Protozoa	3Nov	3Nov	14Dez	14Dez	10Jan	14Fev	14Fev	14Abr	14Abr	9Mai	7Jun	13Jul	13Jul	8Ago	8Ago	6Set	6Set	12Out	12Out	14Nov	14Nov
	P1	P2	P1	P2	P1	P1	P2	P1	P2	P1	P1	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
<i>Actinosphaerium</i>																					
<i>Amoeba sp.</i>			100									140		560	940						
<i>Arcella dentata</i>					200																
<i>Arcella polyzona</i>												100									
<i>Arcella vulgaris</i>			500		2400	1000		100	100							100	200	260	130	130	
<i>Astramoeba radiosa</i>																100					
<i>Assulina sp.</i>																					
<i>Bursaria</i>																					
<i>Phascolodon</i>						600															
<i>Centropyxis aculeata</i>			1900		4200	2800		300	100			350		560				530	130		
<i>Centropyxis arcuoloides</i>						400										100					
<i>Centropyxis ecomis</i>												140		280							
<i>Centropyxis sp.</i>					3400	1000		400				140	150								
<i>Coleps hirrus</i>														560	400	100					
<i>Codonella cratera</i>	4000		200									2140		280	780	500	300			260	
<i>Cryptodiffugia sp.</i>			200			600						850				100		1600	130		130
<i>Cyphoderia ampulla</i>			100													100					
<i>Diffugia acuminata</i>			100		400	800						70		280							
<i>Diffugia lobostoma</i>					200																
<i>Diffugia sp. 1</i>			100		400	1000															
<i>Diffugia sp. 2</i>					200											100		400		130	
<i>Epispylis plicatilis</i>			1600																		
<i>Epispylis rotans</i>			3000		800	1200								4480							
<i>Heterophrys</i>												350	470								
<i>Hyalosphaeria sp.</i>					200																
<i>Lembadion</i>																					
<i>Lesqueretisia modesta</i>			100		200													130			
<i>Nebela sp.</i>			200		200	200												400			
<i>Raphidiophrys sp.</i>	500	3000										780				1000		130	660	130	
<i>Stentor sp.</i>			100																		
<i>Syllocometes</i>					200																
<i>Tintinnidium fluviatile</i>			200		400							200				200	100				
<i>Vorticella sp.</i>			16100		20000	1600				1200	400	200									
<i>Walesella sp.</i>			100													400					
<i>P. Ritzopoulos n. i.</i>	500		200	1200	3000	3200		300	100			140		840	100				520	130	
<i>P. Ciliados n. i.</i>			100	200	600			400			320				400				260	130	
TOTAL	5000	3000	400	25700	36200	15400	0	0	700	1100	400	0	640	7840	2490	3300	1000	2930	1560	920	910

TABELA: 9 Densidade (nº de indivíduos/m³) de Rotífera nas diferentes amostragens

ROTÍFERA	3Nov P1	3Nov P2	14Dez P1	14Dez P2	10Jan P1	10Jan P2	14Fev P1	14Fev P2	14Abr P1	14Abr P2	9Mai P1	9Mai P2	7Jun P1	7Jun P2	13Jul P1	13Jul P2	8Ago P1	8Ago P2	6Set P1	6Set P2	12Out P1	12Out P2	14Nov P1	14Nov P2
<i>Ascomorphia</i> sp.					400								960				1250							
<i>Asplanchna</i> sp.														640										130
<i>Asplanchnopus multiceps</i>												400								440	130			
<i>Brachionus angularis</i>												1600							560	170				
<i>Brachionus calyciflorus</i>																	300	560	350		1060			
<i>B. cal pala</i>									100		3600	4800									260			
<i>B. falcatus</i>																								
<i>Brachionus</i> sp.				300																	260			
<i>Collotheca</i>																					130	530	400	
<i>Conochilus unicornis</i>												48000												
<i>Cephalodella</i> sp.	500	750																						
<i>Euchlanis</i>				100																				
<i>Filinia opoliensis</i>		9750				400			900							70						530	400	
<i>Floscularia</i>						200																		
<i>Keratella c. cochlearis</i>	1000	2250	200	100	400	600			600	300	1600	5200	320			710	620	400	260	400	130	260	130	
<i>Keratella c. tecta</i>				100					200							140	300	1680	400			260		
<i>Keratella quadrata</i>		2250									400													
<i>Lecane</i> sp.				200	200				100									280						
<i>Lepadella</i>				100	200																			
<i>Philodina</i> sp.										400														
<i>Polyarthra vulgaris</i>																		2240						
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	1500	2250							700		1600		960				1880	2520	1000	400	530	400	130	2000
<i>Polyarthra</i> sp.																70		560						
<i>Pompholyx complanata</i>																280								
<i>Proates</i>											400													
<i>Synchaeta</i> sp.																								
<i>Trichocerca</i> sp.																								
Ovos																								
<i>Rot. ind.</i>		1500		200	200	400			100	100	31400	8000					1250	280	170	260		260	800	130
TOTAL	3000	18750	200	1100	1400	1600	0	0	2700	800	39000	68000	0	16960		1270	19570	23800	3260	2110	4500	1580	5980	12910

TABELA: 10 Densidade (nº de indivíduos/m³) de Crustácea nas diferentes amostragens

CLADOCERA	3Nov P1	3Nov P2	14Dez P1	14Dez P2	10Jan P1	10Jan P2	14Fev P1	14Fev P2	14Abr P1	14Abr P2	9Mai P1	9Mai P2	7Jun P1	7Jun P2	13Jul P1	13Jul P2	8Ago P1	8Ago P2	6Set P1	6Set P2	12Out P1	12Out P2	14Nov P1	14Nov P2
<i>Alona quadrangularis</i>					200											70					1460		1460	130
<i>Bosmina longirostris</i>	11000	3370	100	300					100			400		320		570	780	4200	530	260	1200	3460	130	1600
<i>Chydorus sphaericus</i>			3400	500									100									400		
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>													100				150	560			260			
<i>Daphnia longispina</i>																	150	560	80		400	130		
<i>Phrixura lee</i>			100															280			130			
TOTAL	11000	3370	3600	800	200	0	0	0	100	0	0	400	200	320		640	1080	5600	610	260	3450	3990	1590	1730

COPEPODA	3Nov P1	3Nov P2	14Dez P1	14Dez P2	10Jan P1	10Jan P2	14Fev P1	14Fev P2	14Abr P1	14Abr P2	9Mai P1	9Mai P2	7Jun P1	7Jun P2	13Jul P1	13Jul P2	8Ago P1	8Ago P2	6Set P1	6Set P2	12Out P1	12Out P2	14Nov P1	14Nov P2
<i>Copidodiaptomus</i>		375																						
<i>Calanoida</i>														320							130			
<i>Cyclopoida copepoditos</i>			3200	800		400			300	600		200	100	640		850	470	5320	700	100	1600	400	400	800
<i>Harpacticoida</i>																								
<i>Nauplios</i>	1000	1125	200	900	800	800	0	0	200	400	1600	400	200	3200		210	620	19600	6400	4000	6600	2130	1200	1730
TOTAL	1000	1500	3400	1700	800	1200	0	0	500	1000	1600	600	300	4160		1060	1090	24920	7100	4100	8330	2530	1600	2530

4.2.2.1 Protozoa.

De um modo geral, os *Protozoa* podem ser importantes na monitorização da poluição, dados o seu curto tempo de geração e a rápida resposta a variações do meio aquático (Ruppert & Barnes, 1991; Cunha, 1999).

Em Crestuma, os *Protozoa* foram o grupo que apresentou maior diversidade (tabela 8), constituindo 25,4% do zooplankton total.

No que diz respeito aos protozoários, a maior diversidade e densidade verificou-se em Dezembro de 2000/Janeiro de 2001, tendo ocorrido uma representatividade mínima nos meses de Abril, Maio e Junho.

Branco *et al* (1992) refere, em Crestuma, uma percentagem de protozoários inferior a 10% do zooplankton total, sugerindo os dados actuais uma notória evolução das populações de *Protozoa*.

A dominância dos *Protozoa*, tanto em termos de densidade como de diversidade, verificou-se em Dezembro/Janeiro. Nestes meses, destacaram-se *Vorticella sp.*, com um máximo de 20.000 indivíduos/m³, *Centropyxis aculeata* com um pico de 4200 indivíduos/m³ e *Centropyxis sp.* com um calor máximo de 3400 indivíduos/m³, em Janeiro e no centro da Albufeira. Em Fevereiro não foi identificada nenhuma espécie, provavelmente em consequência das condições climáticas adversas e só no mês de Julho seguinte é que voltou a instalar-se a comunidade de Protozoários, com *Codonella cratera* a atingir um pico de 2140 indivíduos/m³.

Codonella cratera é predominantemente uma espécie de Verão (Hutchinson, 1967) tendo sido identificada, de forma constante, entre Julho e Setembro, com uma maior densidade no centro da Albufeira.

Tintinnidium fluviatile é um ciliado pouco frequente na albufeira de Crestuma e a que Hutchinson (1967) atribui um pico de Primavera que não foi possível identificar ao longo deste trabalho.

Epistylis rotans é uma espécie fitoplanctófaga de Protozoa (Branco, 1993), tendo-se verificado a sua ocorrência em Dezembro/Janeiro e Agosto, meses em que se notou um decréscimo de clorofila *a* (figura 18).

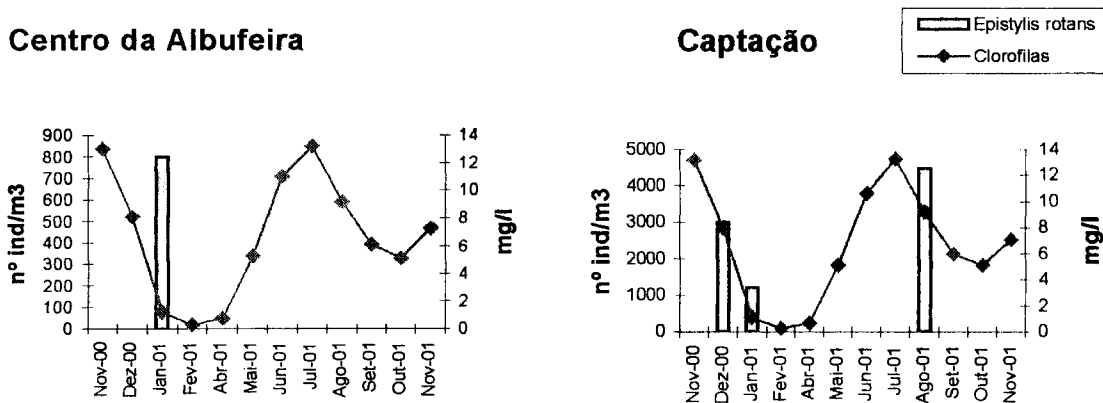


Figura 18 Relação entre a densidade de *Epistylis rotans* e a concentração de clorofila *a*

4.2.2.2 Rotífera

A importância dos *Rotífera* é significativa no ciclo produtivo, apesar da sua pequena biomassa, pela renovação rápida das suas populações e por serem capazes de utilizar material em suspensão de origem diversa, cobrindo o nicho dos pequenos filtradores (Margalef *et al*, 1976; Margalef, 1983; Herzig, 1987; Cunha, 1999).

Em Crestuma, os *Rotifera* apresentaram uma densidade correspondente a 50% da comunidade zooplanctónica, com maior ocorrência no Verão.

Das 27 espécies de *Rotifera* identificadas ao longo das doze amostragens realizadas, são de referir:

-*Synchaeta* sp. com uma densidade correspondente a 21% do total de rotíferos, distribuindo-se pelos meses de Verão e Novembro de 2001.

-*Conochilus unicornis* com uma densidade de 48000 indivíduos por metro cúbico, em Maio de 2001, junto à captação, na única ocasião em que foi identificado ao longo deste trabalho e representando 21% do total de rotíferos.

-*Polyarthra dolicoptera* com uma distribuição regular e representando cerca de 7% do total de rotíferos identificados. Esta espécie de rotifera é oligosapróbica (Sladécek, 1983), podendo também ocorrer em mesosaprobia.

Apareceram ainda as espécies indicadoras *Keratella quadrata* (Novembro de 2000 e Maio de 2000) e *Polyarthra vulgaris* (Agosto de 2001), de carácter β -mesosapróbico, segundo Sladécek (1983). Foram ainda identificados *Brachionus angularis* (Maio, Agosto e Setembro de 2001) e *Brachionus calyciflorus* (Agosto, Setembro e Outubro de 2001), identificados como espécies α -mesosapróbicas e polisapróbicas (Sladécek, 1983).

Keratella c. cochlearis é uma espécie perene que apareceu com larga distribuição mas que muitos autores não consideram espécie indicadora, uma vez que tanto aparece em condições de eutrofia como de oligotrofia (Sladécek, 1983).

A espécie *Brachionus falcatus* é também considerada β -mesosapróbica (Sladécek, 1983), tendo aparecido apenas em Outubro de 2001 e com uma densidade de 260 indivíduos por m³.

Das espécies referidas por Sladécek como α -mesosapróbicas/polisapróbicas, apenas foi detectada a presença de *Brachionus calyciflorus*, em Agosto, Setembro e Outubro de 2001, com um máximo de 1060 indivíduos/m³.

Brachionus calyciflorus é uma espécie cosmopolita de Rotífera que suporta viver em águas poluídas. Starkweather (1980, 1981 in Sládecek, 1983) descobriu que esta espécie se alimenta de filamentos da cianobactéria *Anabaena flos-aquae*.

Polyarthra vulgaris apresenta, geralmente, um máximo de ocorrência no Verão preferindo, nos seus hábitos alimentares, os flagelados às algas (Wetzel, 1993). Em Crestuma, nas amostragens realizadas, esta espécie apenas foi encontrada em Agosto de 2001, com uma densidade de 2240 indivíduos/m³ e, sendo classificada como β -mesosapróbica (Sladécek, 1983), é indicadora de condições eutróficas.

Como o género *Brachionus* está relacionado com águas eutróficas, ao contrário do género *Trichocerca* que é indicador de oligotrofia, o cálculo do quociente *Brachionus/Trichocerca* será tanto maior quanto maior for o grau de eutrofização verificado no local.

No caso de Crestuma-Lever, foram identificadas cinco espécies de *Brachionus* e apenas uma espécie de *Trichocerca*, pelo que $Q=5$. Este valor, segundo Sladécek, permite classificar as águas da albufeira de Crestuma como eutróficas, sendo esta classificação apoiada pela presença das espécies β -mesosapróbicas e α -mesosapróbicas, atrás referidas.

No estudo feito entre 1988 e 1990, no rastreio da qualidade da água das albufeiras do Norte do país, Branco *et al* (1992) refere *Keratella cochlearis* como um rotífero de acentuado desenvolvimento em Crestuma, o que é confirmado pelo

presente trabalho. No entanto, é de referir que *Polyarthra* sp., *Trichocerca* spp. e *Pompholix sulcata* se revelam, actualmente, muito menos abundantes.

4.2.2.3 Crustacea.

Em água doce, os crustáceos verdadeiramente planctónicos são quase inteiramente dominados pelos *Cladocera* e pelos *Copepoda* (Wetzel, 1993).

Os *Cladocera*, grupo mais conhecido dos BRANCHIOPODES, preferem à vida planctónica uma existência mais próxima das plantas e substratos litorais, ou vivem mesmo aproveitando a cobertura biológica que cobre os fundos, mais ou menos vasosos, como os CHYDORIDAE, como *Chydorus sphaericus* e *Alona* (Dussart, 1966).

Alona quadrangularis foi identificada no presente estudo, principalmente nos meses de Outubro/Novembro, com maior abundância no centro da Albufeira do que junto à captação, o que parece não vir aqui confirmar as referidas preferências.

Os *Cladocera* são crustáceos planctónicos que, ecologicamente, se assemelham aos Rotíferos, não só pelo seu tamanho como pelo seu rápido desenvolvimento e ciclos reprodutivos (Margalef, 1983).

Os *Copepoda* apresentam um êxito evolutivo notável (Cunha, 1999), representando a maior biomassa viva, macroscópica, existente à superfície do Globo (Dussart, 1966; Cunha, 1999).

Quanto aos microcrustáceos, os *Cladocera* apresentaram uma densidade máxima de 11.000 indivíduos/m³ (tabela 10), sendo, em Novembro de 2000,

totalmente representados pela espécie *Bosmina longirostris* (figura 20), no centro da Albufeira.

Bosmina longirostris apresenta periodicidade sazonal, relacionada com os seus hábitos alimentares. Geralmente, *Bosmina longirostris* aparece em Maio, por altura do primeiro pico de fitoplankton, apresentando um outro aumento de densidade na segunda metade de Agosto, aquando da ocorrência do segundo pico fitoplanctónico (Hutchinson, 1967).

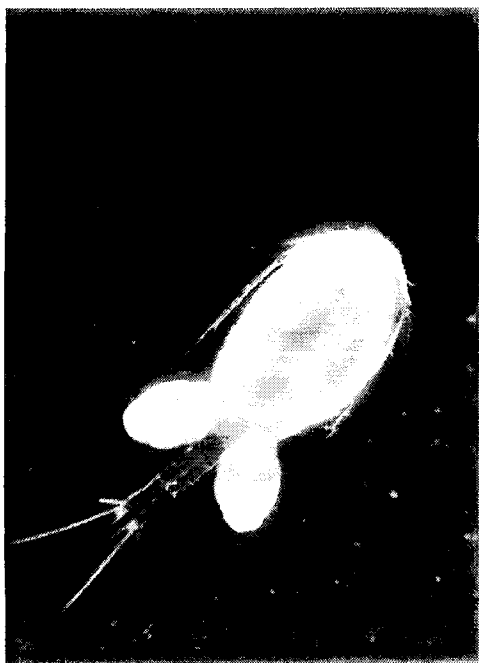


Figura 19 - Cyclopoida



Figura 20 - *Bosmina longirostris*

Esta relação existente entre a densidade e distribuição de *Bosmina longirostris* e a concentração de clorofila a existiu, de facto, sendo evidenciada na figura 21, relativa aos dados obtidos durante as amostragens realizadas.

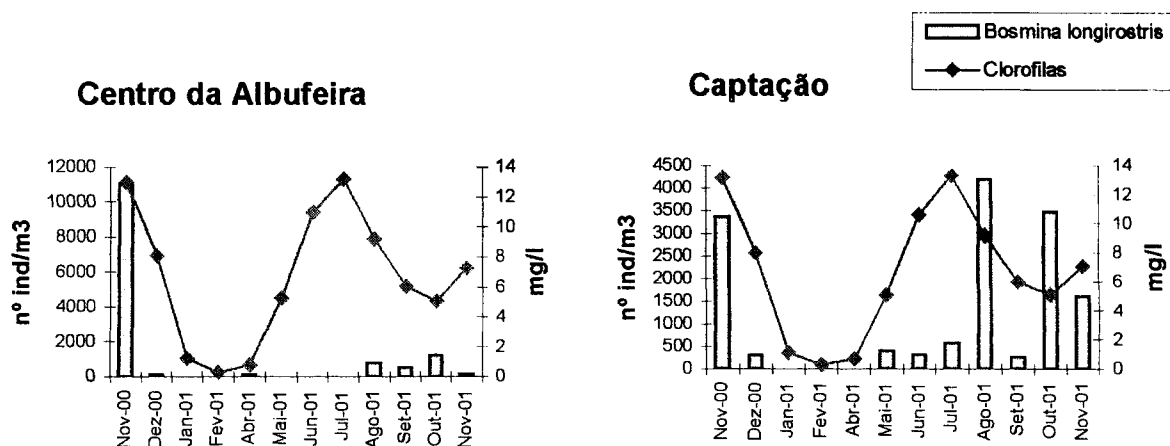


Figura 21- Relação entre a densidade de *Bosmina longirostris* e a concentração de clorofila *a*

A maior diversidade de microcrustáceos ocorreu em Agosto e em Outubro de 2001. Os Copepoda apresentaram predomínio de nauplios, formas jovens, e de *Cyclopoida*, tendo tido uma densidade máxima no mês de Agosto de 2001.

A elevada densidade de nauplios, que aumenta consideravelmente a totalidade de Crustáceos, pode indicar não só um esforço de predação sobre as formas adultas mas também uma maior produtividade deste grupo (Cunha, 1999).

Pela pequena representatividade de Calanoida e pela presença persistente de *Cyclopoida* (Figura 19), mais resistentes à eutrofização, pode também dizer-se que a albufeira de Crestuma apresentou, no período de amostragem considerado, uma tendência para a eutrofização, tendo este facto sido mais evidente em Agosto, junto à captação.

Branco *et al* (1992) refere, para a albufeira de Crestuma, uma densidade de Crustáceos superior a 50%, com grande predomínio de *Cladocera*. Esta situação não se mantém, presentemente, uma vez que a comunidade de Crustáceos não excede 24,6% do total zooplancónico, com uma abundância de *Cladocera* de apenas cerca de 8% do referido total.

Este facto poderá dever-se à grande instabilidade ecológica que se verificou em 2000/2001 e às dificuldades que a comunidade encontra no processo de restabelecimento do seu equilíbrio.

De notar que, no mês de Fevereiro de 2001 toda a comunidade zooplanctónica parece ter desaparecido em consequência dos factores externos adversos, reiniciando a sua instalação no local.

5 Índices de diversidade e equitabilidade.

Os índices de diversidade e equitabilidade constituem metodologias de interesse relevante para a caracterização das comunidades bióticas, sendo actualmente mais utilizados, em trabalhos de ecologia e nomeadamente em sistemas hídricos, o índice de diversidade de Shannon-Weaver (1949,1963) e o índice de equitabilidade de Pielou (1975).

O índice de diversidade de Shannon-Weaver, H' , diz respeito à riqueza específica, dependendo muito do número de espécies presentes na amostra .

O índice de equitabilidade de Pielou (1975), E , mede o modo como o número total de indivíduos se distribui pelas diferentes espécies que constituem a comunidade. Deste modo, este índice indica a maior ou menor dominância de espécies presentes.

Para a determinação dos índices referidos, foi utilizado o programa STATECOL (Ludwing & Reynolds, 1988) aplicado aos dados referentes à comunidade zooplancónica presente nas amostras de água da Albufeira de Crestuma, de acordo com as fórmulas seguintes:

$$H' = \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \ln \frac{N}{N_i} \quad \text{e} \quad E_1 = \frac{H'}{\ln S}$$

Sendo, H' = índice de diversidade específica de Shannon-Weaver

E = índice de equitabilidade de Pielou

S = número de espécies ou de outros grupos taxonómicos

N_i = número de indivíduos do grupo taxonómico i

N = número total de indivíduos.

Analisando os resultados obtidos para os índices de diversidade e de equitabilidade (tabelas em anexo), observa-se, em Crestuma e ao longo do período de amostragens considerado, uma maior diversidade específica zooplanctónica em Janeiro e nos meses de Verão, principalmente junto à Captação, com alguma dominância de espécies.

Estes valores de maior diversidade específica coincidem com situações de maior carga orgânica e o baixo valor do índice de Pielou, no mês de Maio e junto à Captação, deve-se à grande dominância de Rotífera, nomeadamente da espécie *Conochilus unicornis*. Também em Agosto, no centro da Albufeira, este índice teve um valor mais baixo, devido à presença dominante da espécie *Synchaeta sp.*

O grupo Protozoa apresentou maior diversidade em Janeiro, junto à Captação, com boa equitabilidade. No centro da Albufeira, houve, nesse mês, dominância da espécie *Vorticella sp.*

Os Crustacea ocorreram com pequena diversidade, máxima no centro da Albufeira, e boa equitabilidade, exceptuando-se a acentuada dominância de *Bosmina longirostris* em Novembro de 2000, principalmente no referido ponto.

6 Conclusões.

O estudo realizado, ao longo de um ano, na Albufeira de Crestuma, permitiu tirar as seguintes conclusões:

1-As análises físico-químicas mostram que a água da albufeira apresentou valores de qualidade aceitável para uma albufeira de tipo A2, durante o período decorrente entre Novembro de 2000 e Novembro de 2001, à excepção de duas situações de maior eutrofização verificadas, respectivamente, em Janeiro/Fevereiro e nos meses de Verão.

2-Não parece existir uma diferença relevante entre a qualidade da água nos dois pontos de amostragem considerados.

3-Os valores de concentração de clorofila a apontam para um estado tendencialmente mesotrófico da água da albufeira de Crestuma, facto apoiado pelos Índices de Estado Trófico de Carlson (1977), não só para a clorofila a como para o Disco Secchi.

4-A comunidade zooplanctónica mostra que:

- a maior diversidade e densidade populacional de protozoários ocorreu nos meses de Inverno.
- Os Rotifera foram dominantes em Maio e Junho, tendo constituído um grupo geralmente abundante ao longo do ano, o que denota alguma tendência eutrófica.
- Os Crustacea revelaram uma pequena diversidade específica, tendo a sua presença sido mais relevante no Verão e Outono, provavelmente em consequência dos hábitos fitoplanctófagos de espécies dominantes.

- Pelo quociente entre o número de espécies de *Brachionus* e o número de espécies de *Trichocerca* identificadas, a albufeira de Crestuma apresenta características tendencialmente eutróficas.
- A maior parte das espécies identificadas são classificadas como α e β -mesosapróbicas, o que permite concluir que a albufeira possui características de tendência eutrófica, com alguma carga orgânica.
- A composição específica é semelhante nos dois pontos de amostragem considerados.

5-No que diz respeito a indicadores biológicos da qualidade da água, e de acordo com os dados obtidos das análises de zooplankton realizadas e com a classificação de Sládecek(1983), parecem poder constituir indicadores do estado trófico da água da albufeira os Protozoa *Codonella cratera*, *Tintinnidium fluviatile*, *Epistylis rotans* e *Vorticella sp.*, os Rotífera do género *Brachionus* e os *Crustacea* *Bosmina longirostris* e *Cyclopoida*, havendo necessidade de um estudo mais aprofundado sobre a ecologia destas espécies.

6-Comparativamente com trabalhos anteriormente realizados, parece existir uma evolução no estado trófico da água da Albufeira de Crestuma para um grau crescente de eutrofização.

7-Os resultados obtidos sugerem que é importante prosseguir com trabalhos de monitorização da Albufeira, por forma a acompanhar a evolução da comunidade zooplanctónica uma vez que, dadas as condições climatéricas atípicas verificadas ao longo do ano de amostragem e a consequente redução do tempo de estudo efectivo, não é possível fazer afirmações conclusivas sobre a caracterização ecológica da referida comunidade.

Referências Bibliográficas:

ANGELI, N. (1979). Influencia de la polución del agua sobre los elementos del plancton. In *La contaminación de las aguas continentales*. Edi por Pesson, P. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 115-157 pp.

APHA (1992)- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th edition. American Public Health Association, Inc., Washington D.C., 10-221pp.

BRANCO, R., GUIMARÃES, C. & COELHO, M., 1992. Avaliação da Qualidade da Água de Albufeiras do Norte do País através de Parâmetros Biológicos. *3ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente*, Ed. A. R. Pires, C. Pio, C. Boia & T. Nogueira, vol. I: 151-160.

BRANCO, R. & GUIMARÃES, M. C., 1993. Qualidade da Água de Três Albufeiras da Bacia Hidrográfica do Rio Sabor - Sagueiro, Burga e Estevinha. *Actas do 2º Encontro de Planctonologistas Portugueses – Bol. UCA. U. Algarve, UCTRA, Vol. I: 58-67.*

CARLSON, R.E., 1977. A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography* **22(2)**:361-369.

CENTRO DE PRODUÇÃO DOURO, DOPR- Produção Hidráulica, EDP - Electricidade de Portugal, SA.

CCRN, Junta de Castilla & Leon, *Atlas Ecológico do Rio Douro*, Douro-Duero-Programa Terra, Julho 1999.

CHAPMAN, D., 1992. *Water Quality Assessments*. UNESCO, WHO, UNEP, Chapman & Hall, Londres.

COELHO, P. S.; RODRIGUES, A. C., Simulação da Qualidade da Água em Sistemas Albufeira-Rio, *Recursos Hídricos*, APRH, Julho 1997, vol.18, nº2 :19-24.

COELHO, M.M. & VASCONCELOS, V.M., 1999. Qualidade da Água das Albufeiras dos Rios Vouga e Mondego (Zooplankton). *6ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente*, Fac. Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa - Vol.II, Lisboa, pp. 493-497.

CPPE, *Crestuma-Lever*, Imagens & Obras Ltd., Julho 1997.

CUNHA, M.J.,1999. *A Comunidade Zooplanctónica de Duas Albufeiras do Norte de Portugal. Ermal e Alto Lindoso*. Dissertação de Mestrado. FCUP, Porto.

DUSSART, B. ,1969. *Limnologie. L'Étude des Eaux Continentales*. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 677pp.

EDMONSON, W.T., 1959. *Freshwater Biology*. Ed. Wiley, New York.

FIDALGO, M. L., 1988, Some Ecological Parameters Estimated in Crestuma/Lever Area before the Closure of the Dam, *Publ. Instituto de Zoologia Dr. Augusto Nobre*, n.203, FCUP, Porto.

FIDALGO, M.L., 1990, About the Relationship between some Bacteriological Parameters and other Ecological Factors in Crestuma/Lever Reservoir (River Douro, Portugal),*Publ. Instituto Zoologia Dr. Augusto Nobre*, n.217,FCUP,Porto.

FONTOURA, A. P., 1985. Manual de Vigilância da Qualidade das Águas Superficiais - Avaliação Biológica da Qualidade da Água, *Publicações Avulsas*, 2ª edição, FCUP, (1993).

GERALDES, A.M. & BOAVIDA, M.J., 1988, Variação de Alguns Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água em Duas Albufeiras da Serra da Estrela, *Recursos Hídricos*, APRH, vol.19, (2 e 3):21-27 pp.

GIL, L. & FERNANDES, J.N., 1997, Classificação Trófica das Albufeiras Exploradas pela EDP, *Recursos Hídricos*, APRH, vol.18,nº 2:43-51.

GUIMARÃES, M.C. & OLIVA TELES, L., 1993. Os Rotíferos de Albufeiras do Norte de Portugal - sua relação com o estado trófico da água. *Actas do 2º Encontro de Planctonologistas Portugueses - Bol. UCA. U. Algarve, UCTRA Vol. I:* 173-192.

GUIMARÃES, M.C., 1992, Planctonic Rotifer Community Structure in Alto Cávado Reservoir in Relation to Trophic Status, *Publicações avulsas-231, I. Zoológico Dr. Augusto Nobre, Fac. Ciências UP, Porto.*

HERZIG, A., 1987. The Analysis of Planctonic Rotifer Populations: a Plea for a Long-Term Investigation. *Hidrobiologia*, **147**: 163-180.

HUTCHINSON, G.E., 1967, *A Treatise on Limnology*, John Wiley & Sons, inc., New York, 490-954.

HYNES, H.B.N., 1970. *The Ecology of Running Waters*, 3ª ed., Liverpool University Press, Liverpool, 1976, 50-111.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO, *Carta Militar de Portugal - Foz do Sousa (Gondomar)*, Folha 134, Lisboa, 1998.

LORENZEN, C.J., 1967. Determination of Chlorophyll and Pheopigments: *Limnol. Oceanogr.* **12(2)**:343-346.

LUDWIG, J.A. & Rynolds, J.F., 1988. *Statistical Ecology, A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons, Inc. 337pp.

MARGALEF, R., 1974. *Ecologia*. Ed. Omega, Barcelona, 951.

MARGALEF, R., 1983. *Limnologia*. Ed. Omega, Barcelona, 1010pp.

MARGALEF, R.; PLANAS, D.; ARMENGOL, J.; VIDAL, A.; PRAT, N.; GUISET, A.; TOJA, J. & ESTRADA, M., 1976. *Limnologia de los Embalses Españoles*. Dep. Ecologia. U. Barcelona. Publ. De la Direccion General de Obras Hidraulicas. Min. Das Obras Públicas. Madrid, 450pp.

MEDEIROS, A. C., *Carta Geológica de Portugal*, Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Lisboa, 1964.

MONTEIRO, M. T., 1988. *Comunidades Zooplancónicas de Albufeiras a Sul do Tejo: variações da sua estrutura e funcionamento com o estado trófico*. Tese apresentada no INIP, Lisboa. Policopiado, 278pp.

NICOLAU, A.; DIAS, N.; CARVALHO, G.S.; MOTA, M. & LIMA, N., Os Protozoários como Ferramenta da Monitorização Biotecnológica da Poluição: Ensaio in Vitro, 6ª Confª Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, vol.2, Outº 1999, Plátano Editora.

OCDE, 1992. *Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control*, OCDE, Paris, 164pp.

PIELOU, E. C., 1975. *Ecological diversity*. Ed. Wiley-Interscience, New York, 165pp.

POURRIOT, R.; FRANCEZ, AZ., 1986, Rotifères, *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, Lyon.

RELATÓRIO TÉCNICO, 1999, CPPE- Comp.ª Portuguesa de Produção de Electricidade, SA. - Grupo EDP, Abril 2000.

ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; RIETZLER, A.C., 1999, *Ecological Theory Applied to Reservoir Zooplankton*, Theoretical Reservoir Ecology and its Applications, J.G.Tundisi.

- RODRIGUES, A.M. F.V., 2001. *Avaliação do Estado Trófico da Albufeira do Rio Sôrdo – Vila Real*. Dissertação de Mestrado. FCUP, Porto.
- RUPPERT, E. E. & BARNES, R.D. ,1991. *Invertebrate Zoology*. 6ªEd.Saunders College Publishing, USA, 1056 pp.
- SHANNON, C.E.& WIEVER, W., 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana Univ. Illinois Press, 117pp.
- SILVA, M. J. C. , e VASCONCELOS,V.M., Avaliação da Qualidade da Água do Rio Douro (Troço Melres/Lomba) e do Rio Inha (Foz), 6ªConferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente-vol.2., Outubro 1999, Plátano Edª.
- SLADÉCEK, V., 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, **100**: 169-201.
- STARKWEATHER, L., 1980.Aspects of feeding behaviour and trophic ecology of suspension-feeding rotifers. *Hydrobiologia* **73**: 63-72.
- STARKWEATHER, L., 1981. Trophic relationship between the rotifer *Brachionus calyciflorus* and the blue-green alga *Anabaena flos-aquae*. *Verh .int. Ver. Limnol.* **21**: 1507-1514.
- TUNDISI, J.G.&MATSUMURA-TUNDISI, T.,Plancton diversity in a warm monomitic lake and a polymictic reservoir: a comparative analysis of the intermediate disturbance hypothesis. *An.Acad.Bras. Ciênc.*, 66(Suppl.i):15-28.
- STRASKRABA, M., *Retention Time as a Key Variable of reservoir Limnology, Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*, J.G. Tundisi, 1999.
- THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. ,*Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*, Harper & Row Publishers, Nova Iorque (EUA),1987.

VASCONCELOS, V.M., 1991. Técnicas de Colheita e Análise de Plancton Dulciaquícola, *Publicações Avulsas*, Instituto de Zoologia Dr. Augusto Nobre, FCUP, Porto.

WETZEL, R.G., 1993. *Limnologia*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 919pp.

236/98, D.L. n.(1998). *Qualidade da Água Destinada ao Consumo Humano*. Diário da República – I série – A, nº 176.

7 ANEXOS

7.1 ANEXO I – Parâmetros físico-químicos

Análises realizadas na albufeira de Crestuma ao longo de um ano (Novembro de 2001 a Novembro de 2002).

Parâmetro	Turvação(NTU)		Temperatura(°C)		pH		Alcalinidade	
Data	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação
03/11/00			17.2	17.9	7.53	7.54	81.7	85.0
14/12/00	19.2	16.1	11.7	11.7	7.60	7.63	52.9	53.4
10/01/01	45.4	47.8	9.0	9.5	7.62	7.49	43.6	42.2
14/02/01	59.0	56.8	9.5	10.5	7.78	7.72	53.5	49.2
11/04/01	5.32	5.16	16.4	16.6	7.67	7.71	52.6	52.3
09/05/01	2.10	1.80	15.6	15.6	7.82	7.85	59.5	59.9
07/06/01	2.20	2.67	18.8	21.7	7.29	7.39	57.5	57.5
13/07/01	2.22	2.74	24.0	23.7	7.82	7.72	70.9	69.4
08/08/01	4.62	5.09	24.5	24.7	7.93	7.81	78.6	77.0
06/09/01	2.23	3.59	26.0	26.5	7.83	7.77	88.0	90.2
12/10/01	3.45	3.40	20.7	21.0	7.65	7.66	84.2	84.0
14/11/01	3.51	2.67	16.3	16.4	7.53	7.52	89.7	90.4

Parâmetro	Cloretos(mg/l)		Sulfatos(mg/l)		Sól. susp. Totais(mg/l)		Ferro total(mg/l)	
Data	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação
03/11/00	12.8	13.5	29.3	27.2	5.2	0.6	0.041	0.122
14/12/00	10.6	10.6	19.7	20.3	15.2	11.5	0.398	0.351
10/01/01	8.5	10.6	35.2	34.2	37.4	36.1	0.961	0.913
14/02/01	9.8	9.8	26.0	26.9	45.2	42.2	1.140	0.957
11/04/01	7.8	7.8	38.9	39.4	2.8	3.4	0.098	0.105
09/05/01	8.5	8.5	36.5	33.5	7.9	5.6	0.070	0.070
07/06/01	9.9	8.5	40.9	34.3	2.4	2.9	0.060	0.060
13/07/01	14.9	15.2	67.2	74.6	1.8	2.4	0.050	0.050
08/08/01	12.1	11.3	53.8	68.0	4.5	7.8	0.270	0.200
06/09/01	16.3	14.2	56.5	49.4	2.5	3.7	0.060	0.090
12/10/01	13.5	12.1	54.6	51.8	6.5	4.9	0.050	0.060
14/11/01	15.6	15.6	48.4	56.0	3.9	5.6	0.120	0.100

Parâmetro	CBO5(mg/l)		CQO(mg/l)		O2 dissolvido(% sat)		Fe dissolvido(mg/l)	
Data	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação
03/11/00					78.2	78.8	<0.004	0.021
14/12/00	1	1	6	5	125.6	122.2	0.123	0.092
10/01/01	9	5	32	17	130.1	129.6	0.033	0.058
14/02/01	-	-	2	21	135.4	124.6	0.059	0.055
11/04/01	2	2	25	26	109.3	108.3	0.013	0.017
09/05/01	2	1	17	14	109.3	106.2	<0.02	<0.02
07/06/01	10	9	41	39	84.0	96.1	<0.02	<0.02
13/07/01	1	2	8	8	74.4	80.0	<0.02	<0.02
08/08/01	2	2	9	4	100.8	92.4	0.04	0.04
06/09/01	2	1	5	2	95.5	88.2	0.02	0.02
12/10/01	1	1	9	3	85.8	86.2	<0.02	<0.02
14/11/01	1	1	3	4	87.0	87.3	<0.02	<0.02

Parâmetro	Nitritos(mg/l)		Nitratos(mg/l)		Fósforo total(mg/l)		Fosfatos(mg/l)	
Data	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação	Centro da Albufeira	Captação
03/11/00	0.124	0.109	4.9	7.7	-	-	-	-
14/12/00	0.102	0.099	11.9	5.3	0.4	0.6	0.3	0.5
10/01/01	0.096	0.099	8.0	9.1	2	2.1	6.4	7.4
14/02/01	0.102	0.093	5.9	5.1	0.6	0.5	1.5	1.4
11/04/01	0.050	0.050	6.5	6.0	0.09	2.9	0.3	9
09/05/01	0.010	0.010	4.2	6.7	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
07/06/01	0.080	0.080	10.3	5.5	0.2	0.3	0.6	0.9
13/07/01	0.320	0.320	9.2	6.0	2	1.8	6.1	5.6
08/08/01	0.050	0.040	4.7	5.1	0.7	0.3	2.1	0.9
06/09/01	0.040	0.040	5.8	6.0	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
12/10/01	0.040	0.040	4.5	5.0	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
14/11/01	0.040	0.040	8.8	8.7	0.04	0.05	0.1	0.2

Parâmetro	Azoto amoniacal (mg/l)	
Data	Centro da Albufeira	Captação
03/11/00	-	-
14/12/00	<0.01	<0.01
10/01/01	<0.01	<0.01
14/02/01	<0.01	<0.01
11/04/01	<0.01	<0.01
09/05/01	0.01	0.01
07/06/01	<0.01	0.01
13/07/01	<0.01	<0.01
08/08/01	<0.01	<0.01
06/09/01	<0.01	<0.01
12/10/01	<0.01	<0.01
14/11/01	<0.01	<0.01

7.2 ANEXO II – Legislação

**TABELA dos VMR e VMA para uma Albufeira tipo A2
(adaptado de Anexo I do Dec.Lei 236/98)**

Parâmetro	VMR	VMA
pH a 25 ^a C	5.5-9.0	-
SST (mg/l)	-	-
Temperatura (°C)	22	25
Nitratos (mg/l)	-	50
Fe dissolvido (mg/l)	1.0	2.0
Sulfatos (mg/l)	150	250
Cloretos (mg/l)	200	-
Fosfatos (mg/l)	0.7	-
CQO (mg/l)	-	-
O2 diss°. (% sat.)	50	-
CBO5 (mg/l)	5	-
Azoto amoniacal (mg/l)	1.00	1.50

7.3 ANEXO III – Artigos de imprensa

Tragédia no Douro

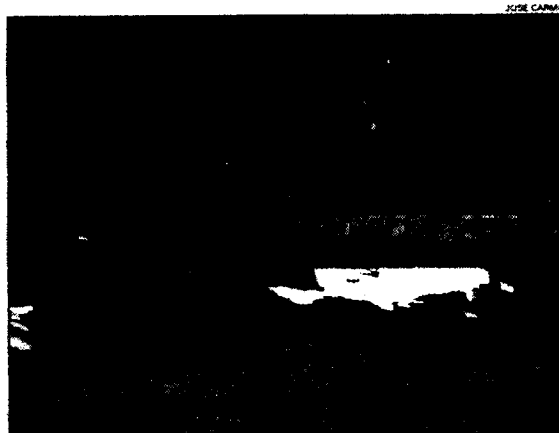
Ponte de Entre-os-Rios ruiu e arrastou para o rio um autocarro, com 67 pessoas, e dois automóveis

Um autocarro, com mais de 60 passageiros, e duas viaturas ligeiras caíram ao rio Douro quando parte da velha ponte de ferro que liga Entre-os-Rios e Castelo de Paiva ruiu ontem, cerca das 21 horas. A hora de fecho desta edição, já teriam sido localizados três corpos e as esperanças de encontrar sobreviventes eram escassas.

Segundo o que o JN conseguiu apurar no local, algumas testemunhas oculares viram um autocarro de turismo a cair ao Douro. A Protecção Civil e o Serviço Nacional de Bombeiros, através do comandante João Abrantes, acabariam por confirmar, cerca da meia-noite, a queda do autocarro, com 67 passageiros, e de duas viaturas ligeiras, com número indeterminado de ocupantes.

De acordo com moradores da zona, trata-se de um autocarro da empresa 'Asa Douro', mas fonte da empresa, contactada pelo JN, negou ter conhecimento de algum incidente. Já depois da meia-noite, a empresa acabaria por confirmar, em declarações citadas pela agência Lusa, que o autocarro que efectua o trajecto Castelo de Paiva-Porto ainda não tinha chegado ao seu destino, o que deveria ter acontecido às 22.30 horas. Os passageiros eram oriundos, na sua maioria, de Castelo de Paiva e Cinfães.

O mau tempo e o corte das telecomunicações dificultavam a obtenção de informações mais precisas, mas era consensual que tinham caído também duas viaturas



A VELHA PONTE morreu aos 114 anos

ligeiras. Os primeiros balanços desta tragédia indicam três corpos encontrados, um deles em Pedrido, a 13 km de distância.

Mergulhadores só hoje

O coronel Alves da Cunha, da Protecção Civil do Porto, disse ao JN que os mergulhadores só conseguiriam mergulhar na manhã de hoje, uma vez que, ontem à noite, não havia condições para fazer, não só por falta de visibilidade mas, também, porque a corrente estava muito forte e as águas ameaçavam transbordar as margens. "É uma catástrofe porque vai ser muito difícil tirar de lá alguém com vida", lamentou o responsável da Protecção Civil.

Os dois tramos da ponte terão ruído depois de um dos pilares ter

sido arrastado pelas águas. A ponte velha (como era conhecida a ponte Hintze Ribeiro) datava de 1887 e estava em bastante mau estado. Apesar disso, registava um movimento intenso de automóveis e de camiões, de uma exploração de areias do lado de Castelo de Paiva, já que era única ligação entre os concelhos de Penafiel e Castelo de Paiva.

Para o local foram destacados meios de praticamente todas as corporações de bombeiros da região, assim como os mergulhadores dos Sapadores Bombeiros do Porto e embarcações da Marinha. No total, estavam, 65 bombeiros, 17 viaturas, cinco botes, duas equipas de mergulhadores e duas equipas do Instituto Nacional de Emergência Médica.

In Jornal de Notícias

05/03/2001

ESTRANHO DESASTRE ECOLÓGICO

Milhares de peixes contaminam o Douro

Análises efectuadas pelo centro de Saúde Pública obrigaram Capitania a encerrar praias fluviais de Avintes, Cabedelo e de Areinho, em Gaia

EDRICA NUNES
E MARIA LEONOR PINHA

A Capitania do Porto do Douro ermitiu, ontem à tarde, um comunicado à imprensa, informando que, "como consequência de análises efectuadas pelo Centro Regional de Saúde Pública do Porto, é interdito o uso para fins balneares" das praias fluviais de Cabedelo e de Areinho, em Avintes e em Oliveira do Douro, no concelho de Vila Nova de Gaia.

A essa hora, alertado por vários leitores, o JN já constata, junto à barragem de Crestuma/Lever, as marés prateadas de tainhas mortas. Aos milhares, se não milhões, mas não havia tempo, nem coragem para os contar.

Assustadas, as populações ribeirinhas não hesitam em atribuir culpas às turbinas da barragem, até porque muitos peixes aparecem sem cabeça ou cortados. A preocupação, agora, é que alguém retire as tainhas mutiladas das águas, onde começaram a aparecer na sexta-feira passada, de forma a evitar contaminações mais perigosas.

Ontem à tarde, contudo, as crianças ainda tomavam banho naquelas águas.

Rio poluído

Certo é que, desde o fim-de-semana passado, os pescadores deixaram de arriscar comer aquilo que vem à linha. Mas relatam que também há quem tenha enchido sacos daqueles peixes misteriosamente mortos para levar para casa. "Sei

lá o que têm os peixes, não vou arriscar", comentou José Barbosa, adiantando que "as tainhas, aqui, como estamos a 20 quilómetros do Porto e da poluição, são comestíveis como qualquer outro peixe".

Só que, pelos vistos, desta feita a poluição - na forma de milhares de peixes mortos há vários dias dentro de água, com temperaturas ambiente a subir - vem de juzante.

Anteontem à noite, em Gramido, dez quilómetros a juzante

da barragem, começaram a chegar as primeiras tainhas em decomposição, surpreendendo veraneantes e pescadores, ainda convencidos que era "peixe deitado fora pelos miúdos que andam a pescar".

"Isto é um crime", concluiu José Barbosa, olhando, com desgosto de pescador, os cardumes de peixes mortos que dominam, neste momento, as águas do Douro junto a Crestuma/Lever.

CHAMEM OS BOMBEIROS

Desde sexta-feira passada, milhares de peixes mortos começaram a tinger as águas do Douro de prateado, junto à barragem de Crestuma/Lever, em Vila Nova de Gaia. Apesar de alarmada, a população aguardou uns dias, antes de exigir explicações, dar o alarme e pedir às autoridades a limpeza pronta das margens e das águas, para evitar a eventual contaminação (se é que não há alguma por detrás deste fenómeno) de toda a área.

In Jornal de Notícias

25/07/2001

7.4 ANEXO IV- Tabelas de índices de diversidade e equitabilidade

Índice de Shannon-Wiener e índice de Pielou, relativos aos dados obtidos em Crestuma (2000/2001) sobre a comunidade zooplanctónica.

S = número de espécies

H' = índice de Shannon-Wiener

E = índice de Pielou

NR – Análise não realizada

Zooplankton Total:

Mês	Centro da Albufeira			Captação		
	S	H'	E	S	H'	E
Nov-00	6	1,197	0,668	8	1,741	0,837
Dez-00	6	1,032	0,576	24	1,634	0,514
Jan-01	19	1,58	0,537	16	2,531	0,913
Fev-01	0			0		
Abr-01	10	1,993	0,866	6	1,621	0,905
Mai-01	4	1,15	0,829	10	0,943	0,409
Jun-01	3	1,099	1	9	1,192	0,543
Jul-01	NR	NR	NR	20	2,498	0,834
Ago-01	16	1,579	0,57	20	2,462	0,822
Set-01	17	2,566	0,906	13	2,222	0,866
Out-01	18	2,638	0,913	14	1,828	0,693
Nov-01	10	1,554	0,675	13	1,375	0,536

Protozoa:

Mês	Centro da Albufeira			Captação		
	S	H'	E	S	H'	E
Nov-00	2	0,349	0,503	1	0	1,70E+38
Dez-00	1	0	1,70E+38	15	1,265	0,467
Jan-01	14	1,404	0,532	12	2,278	0,917
Fev-01	0			0		
Abr-01	2	0,562	0,811	3	0,868	0,79
Mai-01	1	0	1,70E+38	1	0	1,70E+38
Jun-01	0			0		
Jul-01	NR			12	1,94	0,781
Ago-01	5	1,385	0,86	7	1,278	0,657
Set-01	8	1,777	0,854	7	1,834	0,943
Out-01	4	1,183	0,854	5	1,561	0,721
Nov-01	3	0,791	0,72	4	1,332	0,961

Rotífera:

Mês	Centro da Albufeira			Captação		
	S	H'	E	S	H'	E
Nov-00	3	1,011	0,921	5	1,256	0,781
Dez-00	1	0	1,70E+38	6	1,677	0,936
Jan-01	4	1,329	0,959	3	1,011	0,921
Fev-01	0			0		
Abr-01	6	1,507	0,841	2	0,683	0,985
Mai-01	3	0,831	0,756	7	0,858	0,441
Jun-01	0			6	0,931	0,519
Jul-01	NR			5	1,221	0,759
Ago-01	7	0,918	0,472	8	1,657	0,797
Set-01	6	1,576	0,879	4	1,141	0,823
Out-01	7	1,786	0,918	5	1,501	0,932
Nov-01	4	0,637	0,459	6	0,736	0,411

Crustacea:

Mês	Centro da Albufeira			Captação		
	S	H'	E	S	H'	E
Nov-00	1	0	1,70E+38	2	0,325	0,469
Dez-00	4	0,825	0,595	3	1,023	0,932
Jan-01	1	0	1,70E+38	1	0	1,70E+38
Fev-01	0			0		
Abr-01	2	0,562	0,811	1	0	1,70E+38
Mai-01	0	0,637	0,918	2	0,637	0,918
Jun-01	3	1,098	1	3	1,04	0,946
Jul-01	NR	0,831	0,757	3	0,831	0,757
Ago-01	4	1,159	0,836	5	1,116	0,694
Set-01	3	0,872	0,793	2	0,591	0,852
Out-01	7	1,592	0,818	4	0,728	0,525
Nov-01	3	0,728	0,663	3	0,806	0,734