

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Caracterização das fontes de poluição na orla costeira do
Concelho de Matosinhos e respectivo impacte sobre a
qualidade das águas balneares.**

Celeste Andreia de Sá Reis

Dissertação realizada sob orientação de
Doutor Rui Alfredo Boaventura
Departamento de Engenharia Química
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
e de
Eng.º João Paulo Graça
INDAQUA Matosinhos – Gestão de Águas de Matosinhos, S. A.

Porto, 15 de Janeiro de 2010

Agradecimentos

Aos meus orientadores Doutor Rui Boaventura e ao Engenheiro João Paulo Graça, pelo conhecimento e experiência transmitida, orientação, disponibilidade e incentivo que sempre demonstraram e que foram essenciais para a concretização deste trabalho.

À INDAQUA Matosinhos - Gestão de Água de Matosinhos, S. A. pela oportunidade de realizar a minha dissertação no âmbito do Protocolo de Colaboração estabelecido com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Ao Professor Paulo Monteiro pela cedência de dados de caracterização da qualidade das águas de algumas das ribeiras em estudo.

À Engenheira Carla Alves, do Departamento do Ambiente da Câmara de Matosinhos, pela informação sobre empresas que se encontram ligadas à rede de saneamento.

Ao Engenheiro Sérgio Martins, do Departamento do Ambiente da Câmara de Matosinhos, pela ajuda na recolha de amostras em alguns pontos estratégicos.

À Mestre Cármen Deus pela disponibilidade, participação e ajuda nas amostragens efectuadas nos rios e ribeiras assim como na realização e compreensão das análises efectuadas.

Ao Departamento de Engenharia Química, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em especial ao Laboratório de Ciências do Ambiente, nomeadamente: à Engenheira Liliana Pereira pelo conhecimento e ajuda prestada na realização das análises físico-químicas, à Engenheira Sílvia Faia e à assistente técnica Paula Pinho pelos conhecimentos e realização das análises microbiológicas e à D. Maria do Céu Lopes pela ajuda nas diversas análises realizadas; ao Laboratório de Ciências de Engenharia nomeadamente: ao Engenheiro Luís Martins, à Engenheira Arminda Lopes e à assistente técnica Sónia Medeiros pela realização das análises dos Óleos minerais e Óleos e gorduras.

Aos meus mais recentes colegas mas não menos importantes pelo apoio e camaradagem prestados nesta última fase.

Aos meus pais por tudo o que fizeram para que eu chegasse até aqui, pela paciência, compreensão e incentivo o meu profundo muito obrigada. Ao Bruno Nunes pela compressão, incentivo e companhia na visita de algumas empresas e vacarias.

Sumário

O município de Matosinhos tem manifestado ao longo dos últimos anos uma grande preocupação na resolução de problemas ambientais, nomeadamente os que influenciam negativamente a qualidade das águas das ribeiras e, por consequência, as águas balneares.

A degradação da qualidade das águas superficiais devido a descargas de efluentes domésticos, pecuários e industriais e às práticas agrícolas inadequadas tem levado à necessidade de um planeamento e a uma gestão integrada dos recursos hídricos mais acentuada.

Neste estudo foram realizadas 7 campanhas de amostragem e monitorizados 16 locais de amostragem. Nove locais foram estabelecidos na foz das ribeiras, quatro nos rios Leça e Onda e os restantes três, em colectores de descargas. Nas campanhas realizadas durante a época balnear algumas ribeiras encontravam-se em *by-pass*, de modo a não afectarem a qualidade das águas balneares enquanto que outras estavam secas, pelo que não tinham influência sobre a qualidade dessas águas.

A qualidade das águas superficiais foi avaliada em termos de matéria orgânica, alguns poluentes inorgânicos, nutrientes, contaminação por metais e contaminação fecal.

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas foram tratados, analisados e discutidos, tendo-se calculado posteriormente um índice de qualidade da água (*IQ*) para uma comparação simples e imediata da qualidade da água nos vários locais e ao longo do tempo. Concluiu-se que a ribeira do Corgo (CRG) foi a que apresentou o melhor índice de qualidade da água.

A análise dos dados obtidos relativamente aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos foi realizada segundo o descrito na legislação Portuguesa.

Realizaram-se também inquéritos a unidades industriais e agro-pecuárias localizadas no conselho de Matosinhos com o intuito de identificar possíveis fontes de poluição, mas os elementos obtidos não foram muito conclusivos.

Sugeriu-se que, em trabalhos futuros, o horário das amostragens tenha em conta o regime de marés e que se mantenha a monitorização da qualidade da água de modo a minimizar possíveis impactes nas águas balneares.

Abstract

The municipality of Matosinhos has been showing over the past few years major concerns about the resolution of environmental problems, namely those affecting adversely the water quality of streams and, consequently, beaches water quality.

The degradation of surface water quality due to both livestock and industrial effluent discharges and unsuitable agricultural practices has led to a more pronounced need for planning and integrated management of aquatic resources.

In this study, 7 sampling campaigns were conducted and 16 sampling sites were monitored. Nine sites were established at the mouth of streams, four in the rivers Leça and Onda, and the remaining three in discharge collectors. In the campaigns conducted during the summer, some streams were in by-pass mode, in order to keep from affecting beach water quality, whereas some were dry, thus having no influence on the quality of water.

Surface water quality parameters were evaluated, such as organic matter content, some inorganic pollutants, nutrients, contamination by metals and fecal contamination.

The results obtained in the physical-chemical and microbiological analysis were treated, analyzed and discussed. An index of water quality (*IQ*) was then calculated for a simple and immediate comparison of water quality values in the various sites, and over time. It was concluded that the stream of Corgo (CRG) was the one which presented the best water quality index.

Sample data analysis as regards physical, chemical and microbiological parameters were conducted according to Portuguese legislation.

Surveys were also conducted in industrial, agricultural and livestock units located in Matosinhos council, in order to identify possible sources of pollution, but findings were rather inconclusive.

For future studies, it was suggested that sample collection timetables should take into account tidal regimes, and that water quality monitoring should be maintained in order to minimize future possible impacts on beach waters.

Índice Geral

Sumário.....	iv
Abstract.....	v
Índice Geral.....	vi
Índice Figuras.....	vii
Índice Tabelas.....	ix
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento Legal.....	3
2. Caracterização dos Rios e Ribeiras em Estudo.....	5
2.1 Clima	6
2.2 Geologia	6
2.3 Fontes de poluição	7
2.3.1 Poluição difusa.....	7
2.3.2 Poluição pontual.....	7
2.4 Histórico da Qualidade das Águas Superficiais.....	8
3. Qualidade das Águas Superficiais: Situação Actual	13
3.1 Amostragem	13
3.1.1 Identificação dos Locais de Amostragem	13
3.1.2 Caracterização sumária dos cursos de água.....	16
3.1.3 Campanhas de Amostragem.....	24
4. Resultados e Discussão	26
4.1 Parâmetros Físico-Químicos.....	26
4.2 Parâmetros Microbiológicos.....	33
4.3 Análise Global da Qualidade dos Rios e Ribeiras	35
4.4 Impacte Sobre a Qualidade das Águas Balneares.....	49
5. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros	51
6. Referências	53
Anexo I.....	57
Anexo II.....	59
Anexo III.....	66

Índice Figuras

Figura 1 – Localização da área em estudo.	5
Figura 2 – Concelho de Matosinhos.	5
Figura 3 – Carta Geológica de Portugal.....	6
Figura 4 – Evolução de alguns parâmetros ao longo dos anos 1988 até 2001.	9
Figura 5 – Evolução de alguns parâmetros ao longo dos anos 1988 até 2001.	10
Figura 6 – Representação dos rios e ribeiras em estudo.	14
Figura 7 – Amostragem na foz da ribeira do Funtão.	16
Figura 8 – Amostragem na foz da ribeira do Corgo.	17
Figura 9 – Amostragem na foz da ribeira da Agudela.	18
Figura 10 – Amostragem na foz da ribeira de Pampelido.	18
Figura 11 – Amostragem na foz da ribeira de Joane.	19
Figura 12 – Amostragem na foz da ribeira da Guarda.	20
Figura 13 – Amostragem na foz da ribeira da Boa Nova e no Colector de Águas Pluviais.	21
Figura 14 – Amostragem na foz da ribeira do Sardoal.....	21
Figura 15 – Amostragem na foz da ribeira da Riguiinha e do Colector de Águas Pluviais	22
Figura 16 – Amostragem no Colector, na foz do rio Onda e no início da fronteira dos concelhos.....	23
Figura 17 – Amostragem na foz do rio Leça e na Ponte de Moreira.	24
Figura 18 – Distribuição do parâmetro condutividade pelas respectivas estações de amostragem.....	27
Figura 19 – Distribuição do parâmetro oxigénio dissolvido pelas respectivas estações de amostragem.....	28
Figura 20 - Distribuição do parâmetro COT pelas respectivas estações de amostragem.....	29
Figura 21 – Distribuição do parâmetro detergentes aniónicos pelas respectivas estações de amostragem.....	30
Figura 22 – Distribuição do parâmetro óleos minerais e óleos e gordura pelas respectivas estações de amostragem.....	31
Figura 23 – Distribuição do parâmetro azoto amoniacal pelas respectivas estações de amostragem.....	32
Figura 24 – Distribuição do parâmetro azoto total kjeldahl pelas respectivas estações de amostragem.....	33

Figura 25 – Distribuição do parâmetro coliformes fecais e <i>Escherichia coli</i> pelas respectivas estações de amostragem.....	34
Figura 26 - Distribuição do parâmetro estreptococos fecais e enterococos intestinais pelas respectivas estações de amostragem.....	35
Figura 27 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 1ª campanha.....	43
Figura 28 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 2ª campanha.....	43
Figura 29 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 3ª campanha.....	44
Figura 30 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 4ª campanha.....	45
Figura 31 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 5ª campanha.....	45
Figura 32 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 6ª campanha.....	46
Figura 33 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 7ª campanha.....	47
Figura 34 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem ao longo das 7 campanhas efectuadas.....	48
Figura 35 – Variação do Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem ao longo das 7 campanhas efectuadas. Erro! Marcador não definido.	
Figura 36 – Variação média da <i>Escherichia coli</i> e dos <i>Enterococos</i> intestinais nas diferentes estações de amostragem.	50

Índice Tabelas

Tabela 1 – Classes de classificação da qualidade da água para usos múltiplos. ...	11
Tabela 2 – Classificação da qualidade da água para usos múltiplos por parâmetros segundo o INAG. (adaptação)	12
Tabela 3 – Identificação dos locais de amostragem.....	15
Tabela 4 – Identificação dos locais onde se recolheram as amostras.....	16
Tabela 5 – Data e hora da recolha nas respectivas estações de amostragem e para cada campanha (camp.).....	25
Tabela 6 – Máximos, mínimos e médias para cada parâmetro e para cada ribeira.	37
Tabela 7 – Matriz de correlação dos parâmetros obtidos no rio Leça (LEC1 e LEC2).	39
Tabela 8 – Matriz de correlação dos parâmetros obtidos no rio Onda – Foz (OND1)	40
Tabela 9 - Matriz de correlação dos parâmetros obtidos no rio Onda – Limite do Concelho (OND2).	41
Tabela 10 – Resultados das análises da primeira campanha.	67
Tabela 11 – Resultados das análises da segunda campanha.....	68
Tabela 12 – Resultados das análises da terceira campanha.	69
Tabela 13 – Resultados das análises da quarta campanha.	70
Tabela 14 – Resultados das análises da quinta campanha.....	71
Tabela 15 – Resultados das análises da sétima campanha.....	73

1. Introdução

A disponibilidade de recursos hídricos tem sido um factor determinante desde o início da existência do Homem para a fixação das populações numa determinada região e para o seu desenvolvimento.

Os problemas relacionados com a poluição da água intensificaram-se principalmente após a Segunda Guerra Mundial, altura que ocorreram aumentos significativos de industrialização e urbanização (Grassi, 2001).

As zonas industriais começaram a localizar-se preferencialmente junto de linhas de água, uma vez que, tecnicamente o abastecimento de água e o despejo de resíduos da produção fica bastante mais simplificado e económico.

As águas superficiais, em particular os rios, constituem uma das principais fontes de abastecimento de água e directa ou indirectamente constituem o suporte da vida das mais variadas espécies de flora e fauna, pelo que a preservação da qualidade é fundamental para satisfazer a procura e as necessidades das várias actividades e organismos que dela dependem (Vieira, 2007).

No entanto, a descarga descontrolada o despejo de resíduos descontrolado coloca graves problemas ambientais e de saúde pública com sérios riscos para a potabilidade da água sentindo-se a necessidade de construção de redes de drenagem de esgoto e o seu posterior tratamento. Apesar de inicialmente as redes de saneamento serem unitárias (drenagem conjunta de águas residuais e pluviais) já era um grande passo no desenvolvimento da sociedade, verificando-se posteriormente que o ideal seria construir redes separativas assim como estações de tratamento (Ordem dos Biólogos, 2001).

Devido às alterações ocorridas, surgiu a necessidade de assegurar a protecção dos vários meios receptores através de um controlo eficaz das águas residuais, nomeadamente, fixação de normas de descarga tendo em conta a capacidade de diluição e autodepuração dos diferentes meios receptores. Todos os sistemas aquáticos são capazes de absorver uma certa quantidade de poluição orgânica através dos organismos que compõem a sua estrutura trófica, o que constitui a capacidade de autodepuração de um sistema aquático natural. Sendo assim, a poluição de facto preocupante é aquela que ultrapassa os valores limites que faz com que os recursos hídricos sejam capazes de se auto-depurarem (Ordem dos Biólogos, 2001).

Os principais tipos de descargas para os cursos de água incluem as seguintes:

- Águas residuais brutas (domésticas e industriais) ou águas de drenagem de terrenos agrícolas;
- Efluentes finais dos processos de tratamento;
- Águas de arrefecimento;
- Águas pluviais;
- Águas provenientes de descarregadores de tempestade.

Os efeitos causados nos meios hídricos superficiais pelas descargas poluentes, apesar de poderem apresentar aspectos diferentes, podem, de um modo geral se podem agrupar-se em seis tipos:

- Desoxigenação, quer por oxidação de agentes redutores inorgânicos, quer por biodegradação de matéria orgânica;
- Turvação devida a limos ou outra matéria em suspensão;
- Toxicidade directa devida a constituintes orgânicos ou inorgânicos;
- Variações de salinidade que afectam os sistemas de densidade ou pressão osmótica dos organismos;
- Variações de temperatura;
- Interferência mecânica com a migração ou distribuição das espécies e o seu habitat.

Por outro lado, a poluição dos cursos de água poderá dividir-se em dois tipos: poluição pontual e poluição difusa, sendo a poluição pontual de fácil monitorização contrariamente ao que acontece com as fontes de poluição difusa (Ribeiro, Lourencetti, Pereira, Marchi, 2007).

O município de Matosinhos tem manifestado ao longo dos últimos anos uma preocupação na resolução dos problemas ambientais, nomeadamente os que influenciam negativamente a qualidade das águas das ribeiras e por consequência as águas balneares, que apresentam uma importância sócio-económica muito elevada para o concelho (Rodrigues, 2005).

Este trabalho teve como objectivo principal avaliar o impacte decorrente da poluição dos recursos hídricos superficiais na qualidade da água para fins balneares do concelho de Matosinhos, sendo também importante a caracterização de fontes de poluição difusa e de origem industrial.

O trabalho foi organizado em cinco capítulos, da seguinte forma:

No **Capítulo 2** apresentou-se uma caracterização geral do concelho de Matosinhos assim como do histórico da qualidade das respectivas águas superficiais.

No **Capítulo 3** referem-se as amostragens efectuadas nas 7 campanhas realizadas assim como a identificação dos locais e uma caracterização mais detalhada dos cursos de água.

No **Capítulo 4** avaliam-se os resultados obtidos nomeadamente para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Apresentam-se também os resultados da aplicação de um índice de qualidade da água e uma comparação global e por campanhas nos diferentes locais, assim como possíveis impactes relativamente às águas balneares.

No **Capítulo 5** são apresentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho e algumas sugestões para trabalho futuro.

1.1 Enquadramento Legal

O conceito de água com qualidade é relativo pois depende do uso a que se destina, sendo por isso importante o estudo dos parâmetros e substâncias que se podem encontrar na água em função dos diferentes tipos de utilização.

O Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos nomeadamente:

- águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano;
- águas doces superficiais para fins aquícolas (águas piscícolas);
- águas destinadas a rega;
- águas balneares;
- águas doces superficiais – objectivos de qualidade mínima;

Para as águas residuais estão também fixadas neste Decreto-Lei normas gerais de descarga em meios hídricos naturais, para o solo ou para colectores municipais.

Neste estudo seguiu-se o anexo XXI do Decreto-Lei nº 236/98, relativo aos objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais, para avaliação e comparação dos valores obtidos nas análises efectuadas aos parâmetros físico-químicos. Para os parâmetros microbiológicos recorreu-se ao Decreto-Lei nº 135/09 de 3 de Junho.

O Decreto-Lei nº 135/09 estabelece o regime jurídico de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares e de prestação de informação ao público sobre as mesmas.

Apenas as águas superficiais interiores, costeiras e de transição são abrangidas neste Decreto-Lei, podendo ser classificadas, consoante os resultados obtidos nas análises como más, aceitáveis, boas e excelentes.

2. Caracterização dos Rios e Ribeiras em Estudo

O concelho de Matosinhos situa-se a norte de Portugal, na região do Douro Litoral e no distrito do Porto (Figura 1). Este município é delimitado a norte pelo concelho de Vila do Conde, a nordeste pelo concelho da Maia, a sul pelo concelho do Porto e a oeste pelo Oceano Atlântico.

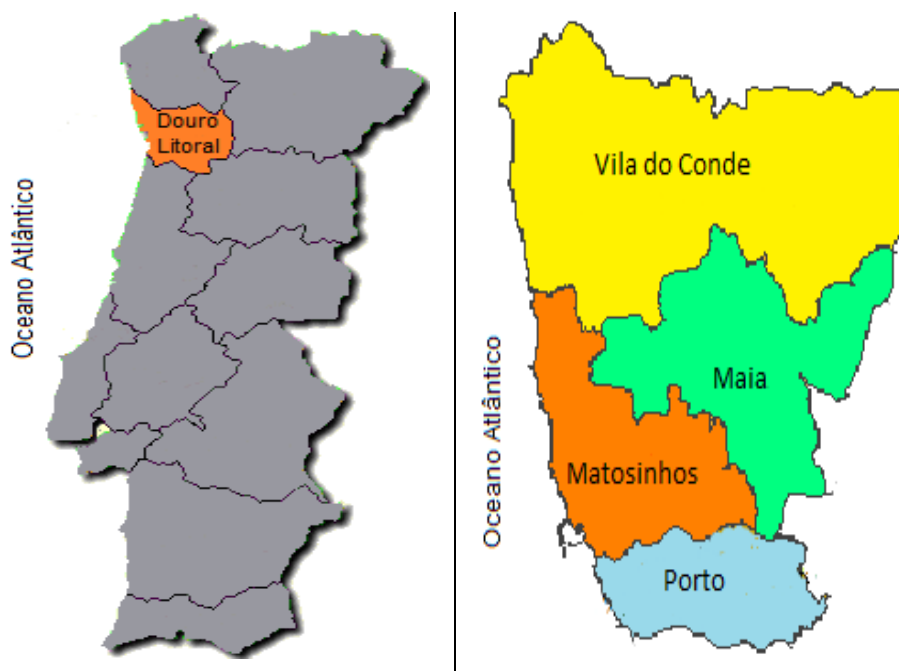


Figura 1 – Localização da área em estudo.

O município de Matosinhos apresenta uma área de 62,30 km² e 169 261 habitantes encontrando-se subdividido em 10 freguesias: Lavra, Perafita, Santa Cruz do Bispo, Guifões, Custoias, Leça do Balio, São Mamede Infesta, Senhora da Hora, Leça da Palmeira e Matosinhos (Wikipédia, 17 de Outubro de 2009).

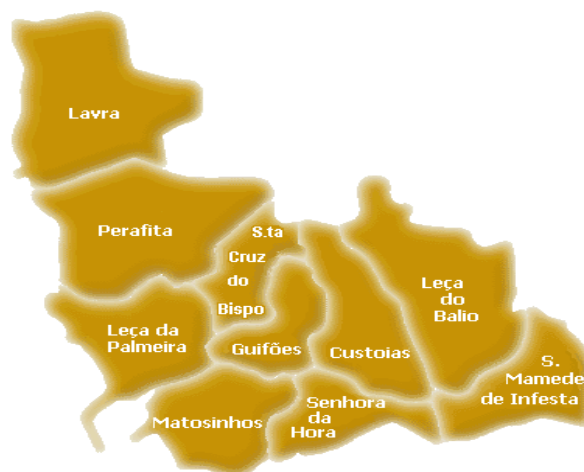


Figura 2 – Concelho de Matosinhos.

moderada a baixa, com uma intensidade na ordem de 6 na escala de Mercalli (Prof. Fernando Noronha, 2005).

2.3 Fontes de poluição

O concelho de Matosinhos apresenta-se, de um modo geral, fortemente urbanizado e industrializado levando a grandes impactos sobre os cursos de água. Hoje em dia poucos são os cursos de água que não apresentam modificações ou artificialização ao longo do seu percurso favorecendo o aparecimento de situações de descargas ilegais (IHRH, 2000).

A indústria presente nesta região é bastante diversificada sendo predominante o sector têxtil, alimentar, metalúrgico, transporte, automóvel (oficinas manutenção), refinaria e agropecuária.

2.3.1 Poluição difusa

Poluição difusa é todo o tipo de poluição com origem incerta relacionada com alterações provocadas pelo Homem no meio ambiente e pelo fenómeno das primeiras chuvas. Estas primeiras chuvas ocorrem após um período de estivagem durante o qual se verifica uma grande acumulação de poluentes nas estradas (Lima e Santos, sem data). Este tipo de poluição não apresenta plumas de contaminação definidas.

O concelho de Matosinhos apresenta zonas intensamente urbanizadas mas há outras zonas, nomeadamente Lavra, Perafita Guifões e Custóias, ainda muito rurais onde o sector da agropecuária ocupa um lugar de destaque sendo uma das maiores preocupações relativamente a poluição difusa devido a problemas de infiltrações, lixiviados e arrastamentos.

A existência de canalizações parciais de linhas de água, assim como muitas vezes a densa vegetação, por vezes também favorece o aparecimento de descargas ocultas e dificulta bastante a detecção (IHRH, 2000)

2.3.2 Poluição pontual

A poluição pontual ou tópica resulta de descargas em locais específicos e facilmente identificáveis e monitorizáveis (Souza, 2007). Neste tipo de poluição geram-se plumas de contaminação (Ribeiro, Lourencetti, Pereira, Marchi, 2007).

As indústrias do concelho de Matosinhos são o principal factor de poluição pontual uma vez que muitas delas não apresentam tratamento adequado dos efluentes que produzem. No entanto, a existência de sistemas unitários que descarregam

directamente nas linhas de água assim como ligações inadequadas e por vezes até clandestinas de esgotos domésticos também são factores a ter em conta.

A existência de habitações junto às linhas de água e, por vezes até sobre as mesmas também é um factor a ter em conta pois leva a que ocorram descargas directas de esgotos domésticos, constituindo uma situação não aceitável quer em termos ambientais quer de risco (IHRH, 2000).

Com o intuito de ter uma visão mais credível relativamente a possíveis fontes de poluição pontuais existentes no concelho de Matosinhos foi efectuado um inquérito a várias indústrias e agro-pecuárias encontrando-se no Anexo I o inquérito modelo.

2.4 Histórico da Qualidade das Águas Superficiais

No que se refere à qualidade das águas superficiais, o rio Leça apresenta um histórico de análises da qualidade da água considerável, mas os dados disponibilizados referem-se apenas à estação de amostragem de Ponte de Moreira (LEC2) (Boaventura, 1993; 1995; 1998a; 1998b; 2000; 2001a e 2001b).

De acordo com a Figura 4 e a Figura 5 é possível observar a evolução dos parâmetros oxigénio dissolvido, detergentes aniónicos, azoto amoniacal, coliformes fecais e estreptococos fecais ao longo de vários anos e comparar os respectivos valores com os obtidos neste estudo.

O teor de oxigénio dissolvido apresenta valores baixos (0 – 4,2 mg/L), com excepção das análises efectuadas em 2000-2001 e em 2009. Sendo o oxigénio dissolvido um bom indicador da qualidade da água, a sua presença em baixas concentrações é suficiente para evidenciar as más condições deste local como suporte da vida piscícola. É de notar também que para o ano de 1992 o oxigénio dissolvido não apresentou valor.

Relativamente aos detergentes aniónicos pode observar-se na Figura 4 que apresentaram concentrações muito elevadas entre 1997 e 2000 sendo no entanto em 1997-1998 que se observa o valor mais elevado de todos. Não há valores disponíveis para os anos de 1988, 1991, 1992 e entre 1994 e 1997.

O azoto amoniacal apresentou concentrações mais elevadas no ano 1991 e em 2009, superiores a 12 mg N/L, assumindo, assim, particular importância pois elevados teores podem prejudicar e em alguns casos até impedir a vida piscícola. Para o ano de 1994-1995 não existe valor.

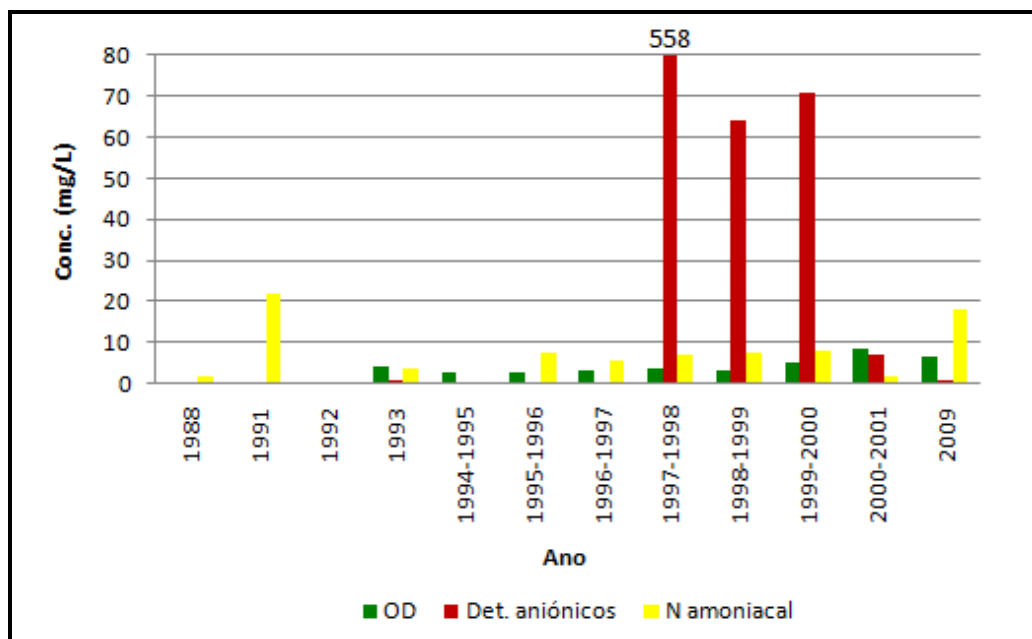


Figura 4 – Evolução de alguns parâmetros ao longo dos anos 1988 até 2001.

Relativamente aos parâmetros microbiológicos (coliformes fecais e estreptococos fecais) encontrou-se apenas registo de valores a partir de 1993. Em 1993 os valores registados foram de $1,00 \times 10^4$ e $3,20 \times 10^2$ ufc/100 mL para coliformes fecais e estreptococos fecais, respectivamente, tendo-se verificado um aumento significativo de ambos os parâmetros nas análises efectuadas no ano de 1994-1995. No entanto, foi no ano de 1997-1998 que se verificou o valor mais elevado de coliformes fecais.

Apesar de actualmente os valores obtidos terem diminuído drasticamente poder-se-á ainda dizer que este tipo de contaminação indicia a existência de descargas de esgotos domésticos neste local ou nas proximidades, a montante.

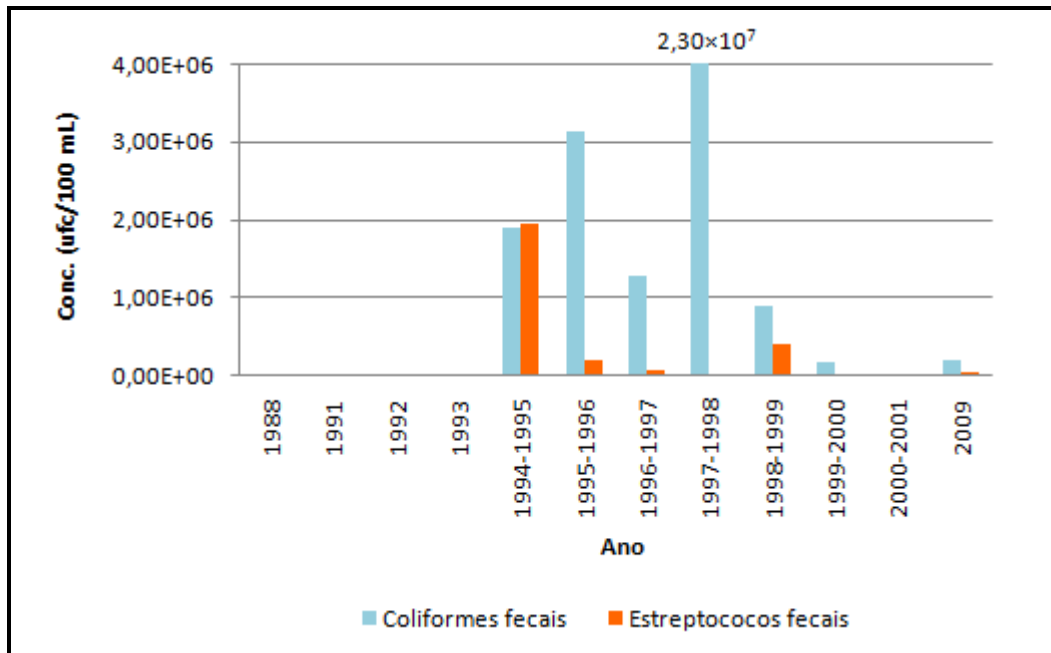


Figura 5 – Evolução de alguns parâmetros ao longo dos anos 1988 até 2001.

Segundo o Instituto da Água (INAG), a classificação dos cursos de água superficiais tendo em conta as características de qualidade das águas para usos múltiplos, é realizada em 5 classes, da A à E, sendo a classe A classificada como “sem poluição”, a classe B “fracamente poluída”, a classe C “poluída”, a classe D “muito poluída” e a classe E “extremamente poluída”, como se pode observar na Tabela 1 (SNIRH, sem data).

Tabela 1 – Classes de classificação da qualidade da água para usos múltiplos.

Classes	
A (sem poluição)	Águas consideradas como isentas de poluição, aptas a satisfazer potencialmente as utilizações mais exigentes em termos de qualidade.
B (fracamente poluído)	Águas com qualidade ligeiramente inferior à classe A, mas podendo também satisfazer potencialmente todas as utilizações.
C (poluído)	Águas com qualidade "aceitável", suficiente para irrigação, para usos industriais e produção de água potável após tratamento rigoroso. Permite a existência de vida piscícola (espécies menos exigentes) mas com reprodução aleatória; apta para recreio sem contacto directo.
D (muito poluído)	Águas com qualidade "medíocre", apenas potencialmente aptas para irrigação, arrefecimento e navegação. A vida piscícola pode subsistir, mas de forma aleatória.
E (extremamente poluído)	Águas ultrapassando o valor máximo da Classe D para um ou mais parâmetros. São consideradas como inadequadas para a maioria dos usos e podem ser uma ameaça para a saúde pública e ambiental.

Na Tabela 2 apresentam-se apenas as gamas de valores dos parâmetros mais relevantes, correspondentes às diferentes classes de qualidade das águas superficiais para usos múltiplos (SNIRH, sem data).

Capítulo 2 – Caracterização dos Rios e Ribeiras em Estudo

Tabela 2 – Classificação da qualidade da água para usos múltiplos por parâmetros segundo o INAG. (adaptação)

Classe / Parâmetro	A (sem poluição)	B (fracamente poluído)	C (poluído)	D (muito poluído)	E (extremamente poluído)
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 20°C)	≤ 750	751 - 1000	1001 - 1500	1501 - 3000	>3000
OD saturado (%)	≥ 90	89 - 70	69 - 50	49 - 30	<30
Detergentes aniónicos (mg LAS/L)	$\leq 0,2$	-	0,21 - 0,50	-	>0,50
Azoto amoniacal (mg NH_4^+/L)	$\leq 0,10$	0,11 - 1,00	1,10 - 2	2,01 - 5	>5
Coliformes fecais (/100 mL)	≤ 20	21 - 2000	2001 - 20000	>20000	-
Estreptococos fecais (/100 mL)	≤ 20	21 - 2000	2001 - 20000	>20000	-

3. Qualidade das Águas Superficiais: Situação Actual

3.1 Amostragem

As amostras recolhidas nos rios e ribeiras do concelho de Matosinhos destinaram-se, fundamentalmente, a avaliar a qualidade das respectivas águas junto da foz e a prever o eventual impacte sobre a qualidade das águas balneares.

Para além dos pontos de amostragem seleccionados nos rios e ribeiras em estudo, foram também considerados colectores de descarga que existissem nas imediações desses pontos de amostragem.

Em cada local foram recolhidas amostras para três frascos, sendo um deles de plástico de 3,5 L para as análises físico-químicas, outro de vidro escuro de 1,5 L para as análises dos óleos minerais e dos óleos e gorduras e outro de 250 mL, previamente esterilizado em autoclave, para as análises microbiológicas. Foram também determinados no local os seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade, oxigénio dissolvido e o potencial de oxidação-redução.

Os frascos foram depois transportados em malas térmicas e caixas para o laboratório, iniciando-se logo as análises microbiológicas e de alguns parâmetros químicos, sendo depois armazenadas as amostras no frigorífico e no congelador para conclusão das análises.

Além destas amostras foram recolhidas também, com apoio da Câmara Municipal de Matosinhos, outras amostras em pontos estratégicos para uma melhor compreensão da situação global.

3.1.1 Identificação dos Locais de Amostragem

Foram seleccionados 16 pontos de amostragem, sendo 9 na foz das ribeiras (ribeira do Funtão (FNT), ribeira do Corgo (CRG), ribeira da Agudela (AGD), ribeira de Pampelido (PPL), ribeira de Joane (JOA), ribeira do Guarda (GRD), ribeira da Boa Nova (BNV), ribeira do Sardoal (SAR) e ribeira da Riguinha (RIG)), 4 nos rios em estudo (rio Onda (OND) e rio Leça (LEC)), sendo 2 no limite do concelho e os outros 2 na foz do rio, e os restantes 3 pontos nos colectores de descargas detectados (rio

Onda – Foz (COND), ribeira da Boa Nova – Foz (CBNV) e ribeira da Riguinha – Foz (CRIG)) (Tabela 3 e Figura 6)

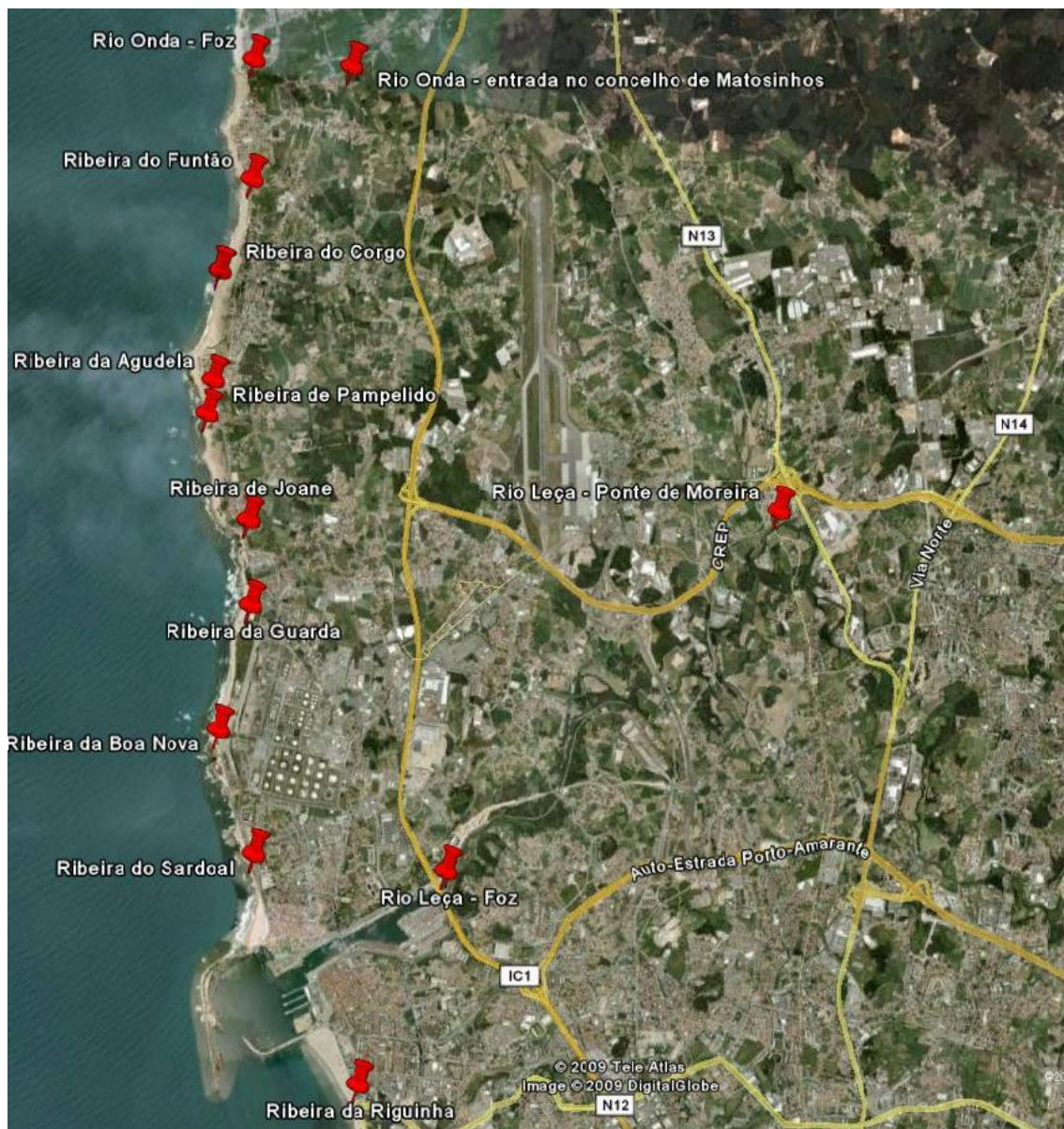


Figura 6 – Representação dos rios e ribeiras em estudo.

Tabela 3 – Identificação dos locais de amostragem.

Local	Designação	Latitude	Longitude
Funtão (FNT)	Ribeira – Foz	41°15'31.97"N	8°43'25.88"O
Corgo (CRG)	Ribeira – Foz	41°14'58.05"N	8°43'33.84"O
Agudela (AGD)	Ribeira – Foz	41°14'20.15"N	8°43'28.38"O
Pampelido (PPL)	Ribeira – Foz	41°14'8.01"N	8°43'28.48"O
Joane (JOA)	Ribeira – Foz	41°13'33.57"N	8°43'0.21"O
Guarda (GRD)	Ribeira – Foz	41°13'4.19"N	8°42'52.46"O
Boa Nova (BNV)	Ribeira – Foz	41°12'18.74"N	8°42'57.55"O
Sardoal (SAR)	Ribeira – Foz	41°11'38.07"N	8°42'30.72"O
Riguinha (RIG)	Ribeira – Foz	41°10'24.52"N	8°41'22.94"O
Onda (OND 2)	Rio – Limite Concelho	41°16'19.91"N	8°42'47.02"O
Onda (OND 1)	Rio – Foz	41°16'13.64"N	8°43'34.54"O
Leça (LEC 2)	Rio – Ponte Moreira	41°14'9.58"N	8°38'48.94"O
Leça (LEC 1)	Rio – Foz	41°11'44.24"N	8°40'58.11"O
Colector Onda (CRO)	Descarga – Foz		
Colector Riguinha (CRIG)	Descarga – Foz		
Colector Boa Nova (CBNV)	Descarga – Foz		

Para a recolha das amostras efectuadas com o apoio da Câmara Municipal de Matosinhos foram seleccionados colectores nos locais indicados na Tabela 4

Tabela 4 – Identificação dos locais onde se recolheram as amostras.

Amostra	Locais
1	By-pass Adega Amarela
2	À saída da empresa Jomar
3	By-pass Rib. Joane (junto à foz)
4	By-pass 9 de Julho (Rib. Joane)
5	By-pass 9 de Julho (canal que descarrega na Rib. Joane)

3.1.2 Caracterização sumária dos cursos de água

A bacia hidrográfica da ribeira do Funtão (FTN) também conhecida por ribeira da Certagem ou da Carreira apresenta os seus limites entre o aeroporto Francisco Sá Carneiro e a povoação de Lavra sendo a foz da ribeira mais propriamente no lugar do Funtão a sul da praia de Angeiras.

A bacia hidrográfica tem uma área de 5,82 km² e uma forma alongada. A extensão do curso de água principal é de 5,1 km sendo pouco ramificado e resumindo-se praticamente à linha de água principal. O relevo da bacia é pouco acentuado e a densidade de drenagem é baixa.

Apesar de apresentar características cada vez mais urbanas junto à zona costeira esta bacia hidrográfica ainda possui características bastante rurais à medida que nos afastamos da zona costeira (IHRH, 2000).



Figura 7 – Amostragem na foz da ribeira do Funtão.

A ribeira do Corgo (CRG) foi praticamente toda artificializada, tendo sido incluída na rede de drenagem de água pluviais da povoação do Corgo. Apenas um pequeno trecho que atravessa uns campos de cultivo não sofreu grandes alterações, apresentando apenas caudal em dias de precipitação intensa.

A bacia hidrográfica da ribeira do Corgo tem uma área de 1,88 km² e apresenta características de uma progressiva urbanização.

A descarga de águas pluviais da zona do Corgo efectua-se para a praia, com um traçado que segue o antigo percurso da ribeira, antes de esta ter sido canalizada (IHRH, 2000).



Figura 8 – Amostragem na foz da ribeira do Corgo.

A ribeira da Agudela (AGD) também conhecida por rio Bouça apresenta um curso de água principal de 1,3 km, pouco ramificado, que desagua entre a praia da Agudela e a praia do Marreco.

A bacia hidrográfica tem uma forma alongada e uma área de 1,79 km², o relevo é pouco acentuado e apresenta uma densidade de drenagem baixa. Apresenta características medianamente urbanizadas e abrange os lugares de Gandra, Picoutos e Agudela.

A jusante da rua de Agudela, a linha de água apresenta muita vegetação infestante que confere um aspecto degradado e de abandono à sua embocadura (IHRH, 2000).



Figura 9 – Amostragem na foz da ribeira da Agudela.

A bacia hidrográfica da ribeira de Pampelido (PPL) apresenta uma pequena área de 0,63 km² e uma forma arredondada limitando-se à povoação de Pampelido.

A extensão da linha de água principal é de pouco mais de 500 m e resume-se praticamente a um único curso de água que recebe algum caudal proveniente da rede de drenagem de águas pluviais e desagua junto à praia do Marreco.

A ribeira de Pampelido apresenta-se artificializada durante alguns trechos e com densa vegetação sem trechos a céu aberto (IHRH, 2000).



Figura 10 – Amostragem na foz da ribeira de Pampelido.

A ribeira de Joane (JOA) apresenta-se intensamente artificializada nomeadamente o curso de água principal encontra-se canalizado na sua extensão total de 3,7 km. A artificialização desta ribeira deve-se principalmente à densidade populacional relativamente alta e à existência de uma intensa infra-estrutura rodoviária e de grandes superfícies destinadas a unidades industriais.

A bacia hidrográfica tem uma área de 6,53 km² e apresenta uma forma arredondada, com um relevo pouco acentuado. As zonas de Telheira, Freixieiro, Santa Cruz do Bispo, Perafita e ainda uma parte do aeroporto Francisco Sá Carneiro drenam para a ribeira de Joane que desagua na praia do Paraíso, junto à estação elevatória do Cabo do Mundo (IHRH, 2000).



Figura 11 – Amostragem na foz da ribeira de Joane.

A bacia hidrográfica da ribeira da Guarda (GRD) foi completamente alterada de modo a ser desviada dos terrenos da Petrogal, sendo inserida na rede de água pluviais. No entanto, mantiveram-se dois trechos a céu aberto, localizando-se um deles a montante da rua da Guarda cerca de 500 m e outro junto à foz da ribeira, que desagua na praia do Cabo do Mundo.

A área da bacia hidrográfica é de 1,01 km² e abrange uma zona medianamente urbanizada, nomeadamente o lugar de Almeiriga e parte dos terrenos da refinaria da Petrogal. A linha de água principal tem uma extensão de 2,6 km e um relevo pouco acentuado (IHRH, 2000).



Figura 12 – Amostragem na foz da ribeira da Guarda.

A ribeira da Boa Nova (BNV) também conhecida por ribeira da Amorosa ou ribeira da Adega Amarela encontra-se essencialmente numa zona urbana, encontrando-se praticamente toda artificializada. A extensão da linha de água principal tem 3,6 km e a sua foz é a cerca de 70 m a norte da praia da Conchinha.

A bacia hidrográfica desta ribeira divide-se pelas freguesias de Perafita e Leça da Palmeira ocupando uma área de 3,42 km², nomeadamente nos lugares de Monte Avó, Monte Espinho, Padrão, Amorosa e uma parte nos terrenos da refinara da Petrogal. O relevo desta bacia hidrográfica, de forma alongada, é pouco acentuado.

Nos trechos que ainda existem a céu aberto as margens apresentam bastante vegetação infestante (IHRH, 2000).

Na foz da ribeira da Boa Nova também existe um colectador de águas pluviais.



Figura 13 – Amostragem na foz da ribeira da Boa Nova e no Colector de Águas Pluviais.

A ribeira do Sardoal (SAR) encontra-se numa zona fortemente edificada da freguesia de Leça da Palmeira, sendo notória a sua artificialização devido ao desenvolvimento urbanístico.

A bacia hidrográfica apresenta 0,36 km² e uma linha de água principal de cerca de 1,3 km que desagua a norte da Piscina das Marés de Leça da Palmeira.

Esta ribeira recebe uma ligação de estrutura de by-pass de cheia, isto é, sempre que ocorre uma cheia e é necessário escoar os caudais, o colector de águas residuais descarrega todo o efluente para esta ribeira (Rodrigues, 2006).

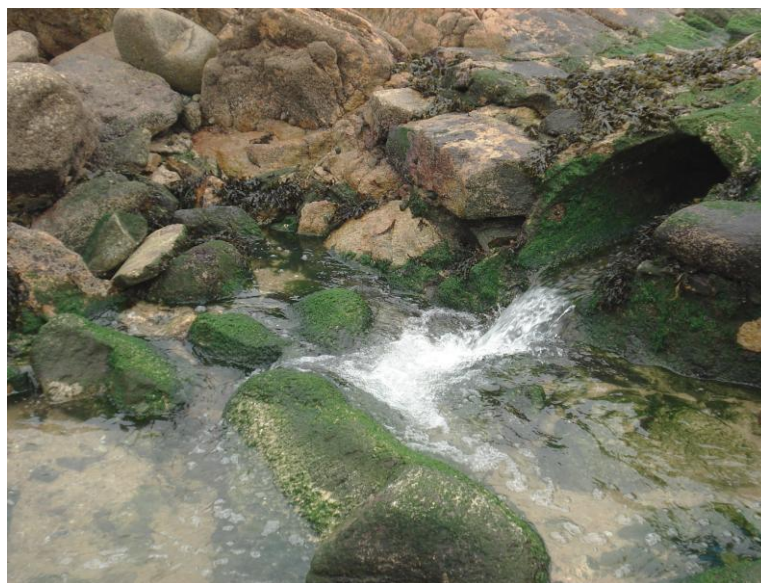


Figura 14 – Amostragem na foz da ribeira do Sardoal.

A ribeira da Riguiinha (RIG) encontra-se bastante artificializada e praticamente toda canalizada. Tal facto deve-se ao facto desta ribeira passar numa zona bastante urbanizada e com uma elevada densidade populacional.

A bacia hidrográfica desta ribeira tem uma área de 3,11 km² e uma forma alongada, sendo a extensão da linha de água principal de 3,8 km. Esta ribeira tem a sua nascente na fonte das Sete Bicas e desagua a sul da praia de Matosinhos (Rodrigues, 2006).

Esta bacia apresenta um trecho a montante de cerca de 275 m com um declive acentuado sendo o declive do restante percurso da ribeira mais suave.

Na foz da ribeira da Riguiinha também existe um colector de águas pluviais.



Figura 15 – Amostragem na foz da ribeira da Riguiinha e do Colector de Águas Pluviais

A bacia hidrográfica do rio Onda (OND) tem uma área de 47,73 Km² e uma forma arredondada. A maioria da área desta bacia estende-se em território do concelho de Vila do Conde numa zona moderadamente urbanizada e com um curso de água principal de 12,5 km e um declive médio de 1,8% sendo os primeiros 190 m a zona mais acidentada deste rio.

O rio Onda, conhecido também por rio de Moures, nasce no limite do concelho de Vila do Conde com a Trofa mais propriamente na freguesia de Guilhabreu passando pelas freguesias de Mosteiró, Vilar e Labruge até chegar a foz. A foz deste rio situa-se na fronteira entre o concelho de Vila do Conde e Matosinhos mais propriamente a sul da praia de Labruge e a norte da praia de Angeiras.

Na foz do rio Onda existe um colector da estação elevatória de água residuais da freguesia de Labruge que dispõe de uma saída de emergência sempre que ocorre

alguma avaria de modo ao efluente ser encaminhado para este rio. As margens deste rio também apresentam muitas vacarias, indústrias e habitações (Rodrigues, 2006).

No rio Onda consideraram-se dois pontos de amostragem, na foz (OND1) e no início da fronteira entre os dois concelhos (OND2), de modo a ter-se uma percepção da qualidade do efluente quando chega ao concelho de Matosinhos.



Figura 16 – Amostragem no Colector, na foz do rio Onda e no início da fronteira dos concelhos.

O rio Leça (LEC) nasce no Monte de Santa Luzia no concelho de Santo Tirso, a cerca de 420 m de altitude, percorrendo 48 km até à sua foz, no Oceano Atlântico, junto ao Porto de Leixões, com um declive médio de 0,9%, verificando-se nos primeiros 6 km um relevo mais acidentado (IST, acedido em 4/11/2009). Este rio passa também pelos concelhos de Valongo e Maia.

O rio Leça apresenta vários afluentes sendo a ribeira do Arquinho e a ribeira do Leandro os principais na margem direita.

A respectiva bacia hidrográfica tem uma área de cerca de 185 km² e uma forma alongada, encontrando-se limitada a norte pela bacia hidrográfica do rio Ave e a oriente e a sul pela bacia hidrográfica do rio Douro.

A bacia hidrográfica do rio Leça encontra-se bastante alterada devido à elevada densidade populacional e à forte industrialização, principalmente nos concelhos de Matosinhos e Maia, que apresentam actividades particularmente poluentes e que em muitos casos ainda não apresentam instalações de tratamento dos efluentes (Ministério do Ambiente e Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Norte, 2000).

No rio Leça também foram considerados dois pontos de amostragem, um na Ponte de Moreira (LEC2), onde o rio Leça entra definitivamente no concelho de Matosinhos, e o outro na foz, alguns metros a montante do Porto de Leixões (LEC1).

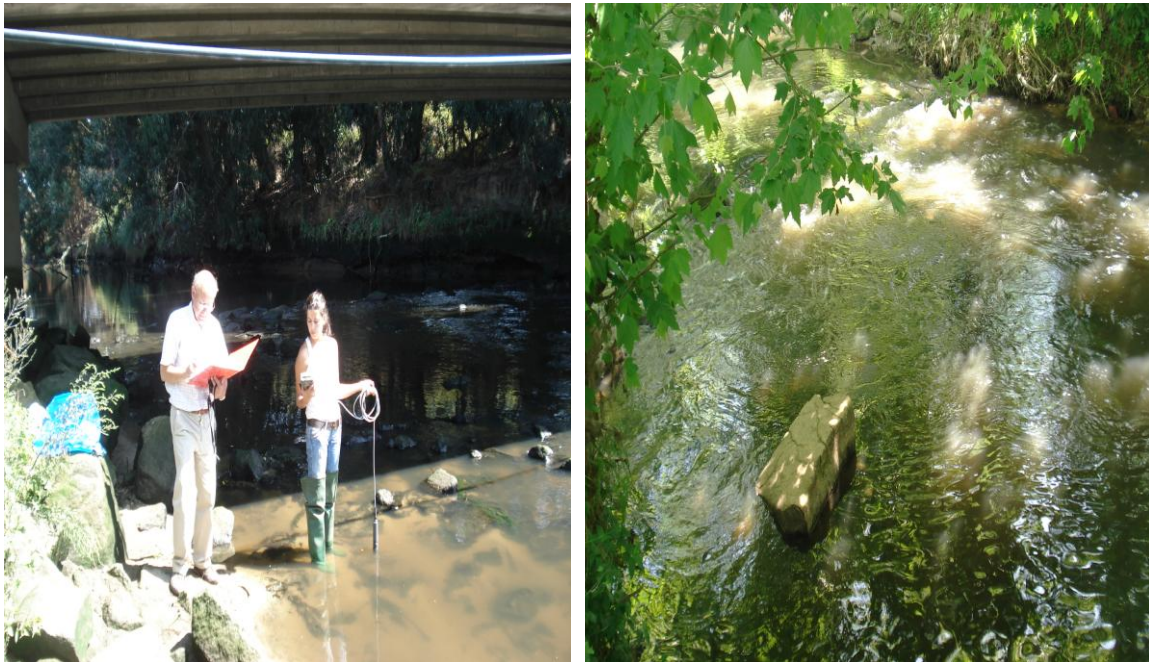


Figura 17 – Amostragem na foz do rio Leça e na Ponte de Moreira.

3.1.3 Campanhas de Amostragem

Foram efectuadas 7 campanhas de amostragem aos rios e ribeiras em estudo conforme se pode visualizar na Tabela 5.

Numa primeira fase, que englobou 2 campanhas, foram determinados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, potencial redox, cor, carbono orgânico total (COT), compostos fenólicos, detergentes aniónicos, óleos minerais, azoto amoniacal, azoto total Kjeldahl, fosfatos, arsénio, cádmio, chumbo, crómio, cobre, níquel, zinco, crómio hexavalente, mercúrio, coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais.

Nas 5 campanhas da segunda fase foram determinados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, potencial redox, cor, carbono orgânico total (COT), carência bioquímica de oxigénio (CBO₅), detergentes aniónicos, óleos e gorduras, cianetos, azoto amoniacal, azoto total Kjeldahl, fosfatos, sulfatos, cloretos, nitratos, zinco, mercúrio, *escherichia coli* e enterococos intestinais.

Nas restantes amostras foram determinados os parâmetros: temperatura, pH, condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, potencial redox, cor, carência química de

Capítulo 3 – Qualidade das Águas Superficiais: Situação Actual

oxigénio (CQO), carência bioquímica de oxigénio (CBO₅), detergentes aniónicos, óleos e gorduras, azoto total, fósforo total e compostos fenólicos.

No Anexo II apresenta-se uma breve descrição dos métodos utilizados na realização das análises.

Tabela 5 – Data e hora da recolha nas respectivas estações de amostragem e para cada campanha (camp.).

Locais de Amostragem	1ª Camp.		2ª Camp.	3ª Camp.	4ª Camp.	5ª Camp.	6ª Camp.	7ª Camp.
	13-Jan	14-Jan	16-Mar	19-Mai	07-Jul	28-Ago	28-Set	09-Nov
FNT	09:45	-	09:37	10:00	-	-	09:30	09:40
CRG	10:00	-	09:52	10:20	-	-	-	-
AGD	10:20	-	10:11	-	-	-	-	-
PPL	11:00	-	10:41	-	-	-	-	-
JOA	11:30	-	11:15	11:25	-	-	10:45	10:30
GRD	11:47	-	11:30	11:40	10:30	10:45	11:00	10:45
BNV	12:15	-	11:50	11:55	10:55	11:05	11:30	11:00
SAR	11:35	-	12:10	12:15	11:25	11:45	11:50	11:20
RIG	14:20	-	12:10	12:00	12:20	12:40	12:35	12:35
OND1	08:45	-	08:57	09:10	08:40	08:40	08:45	08:50
OND2	09:20	-	09:16	09:45	09:05	09:00	09:10	09:20
LEC1	13:00	-	12:35	12:35	11:45	12:05	12:05	12:10
LEC2	13:30	-	13:15	13:05	12:55	13:25	13:05	13:00
CRO	-	09:15	08:52	09:15	08:45	08:45	08:50	09:00
CRIG	-	-	12:15	12:05	-	12:45	12:30	12:30
CBNV	-	-	-	-	11:00	-	-	-

4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos foram submetidos a uma análise estatística com o objectivo de caracterizar a variabilidade dos valores observados e os principais problemas de qualidade da água nas estações de amostragem.

4.1 Parâmetros Físico-Químicos

Com base nos resultados obtidos ao longo das 7 campanhas realizadas apresentam-se nas Figura 18 a Figura 24 as variações de alguns parâmetros: condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, COT, detergentes aniónicos, óleos minerais e óleos e gorduras, azoto amoniacal e azoto total Kjeldahl (NTK). Os resultados dos restantes parâmetros analisados em cada campanha apresentam-se no Anexo III.

A condutividade é uma medida da concentração de espécies iónicas dissolvidas na água, sendo a ribeira de Pampelido (PPL) a que apresentou o valor mais elevado ao longo das 7 campanhas. No entanto, presume-se que este valor poderá estar influenciado pela infiltração/percolação de água do mar no areal durante a preia-mar que ocorreu algumas horas antes da amostragem. A foz do rio Leça (LEC1) e do rio Onda (OND1) são locais onde se verificam também valores elevados que se podem dever ao facto de por vezes a maré se encontrar a subir.

Segundo a classificação do INAG para os cursos de água superficiais, de acordo com as características de qualidade para usos múltiplos, a ribeira da Riguiha (RIG) apresentou sempre classificação A com excepção da 6ª campanha em que apresentou classificação B; o rio Leça – Foz (LEC1) apresentou classificação A na 2ª, 3ª e 7ª campanha, na 1ª e 4ª campanha foi D e C respectivamente e na 5ª e 6ª campanha obteve classificação E; o rio Leça – Ponte Moreira (LEC2) apresentou classificação A na 1ª, 2ª, 3ª e 7ª campanha, na 4ª campanha obteve classificação B e na 5ª e 6ª foi C; a ribeira do Sardoal (SAR) apresentou classificação A na 2ª e 3ª campanha, na 1ª, 4ª, 6ª e 7ª classificação B e na 5ª campanha classificação C; a ribeira da Boa Nova (BNV) apresentou classificação A na 1ª campanha e classificação B nas restantes, com excepção da 6ª campanha em que apresentou classificação C; a ribeira da Guarda (GRD) apresentou na 1ª e 7ª campanha classificação A e nas restantes classificação B, com excepção da 4ª campanha, em que apresentou

classificação C; a ribeira de Joane (JOA) apresentou classificação A em todas as campanhas com excepção da 6ª, em que apresentou classificação C; a ribeira de Pampelido (PPL) apresentou na 1ª campanha classificação E e na 2ª, classificação C; a ribeira da Agudela (AGD) apresentou na 1ª campanha classificação B e na 2ª, classificação C; a ribeira do Corgo (CRG) apresentou na 1ª e 3ª campanha classificação A e na 2ª classificação B; a ribeira do Funtão (FNT) apresentou classificação A em todas as campanhas, com excepção da 6ª, em que apresentou classificação C; o rio Onda – Foz (OND1) apresentou classificação B na 1ª campanha, na 2ª classificação A e nas restantes campanhas classificação D e o rio Onda – Limite do Concelho (OND2) apresentou classificação A na 1ª, 2ª, 3ª e 7ª campanha, na 4ª campanha, classificação D, e na 5ª e 6ª campanha classificação C (SNIRH, sem data).

É de notar que, apesar de algumas excepções, as piores classificações ocorreram no verão, onde as temperaturas são mais elevadas e menores os caudais.

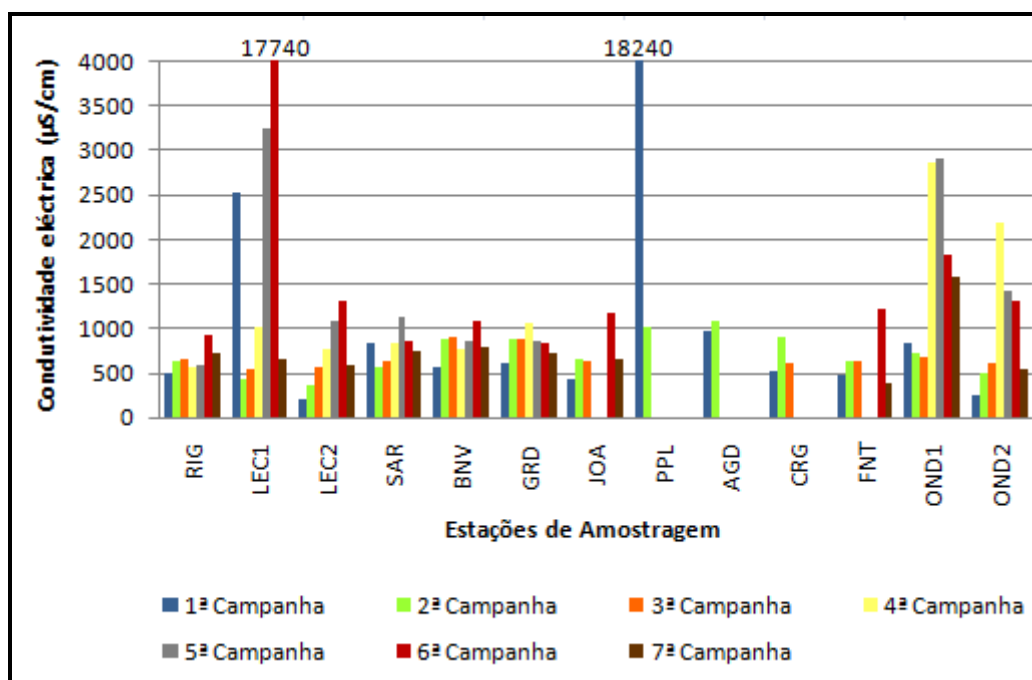


Figura 18 – Distribuição do parâmetro condutividade pelas respectivas estações de amostragem.

A determinação do oxigénio dissolvido é muito importante pois avalia as condições naturais da água e ajuda a detectar possíveis impactes ambientais como a eutrofização e a poluição orgânica (CETESB, 1996 - 2010).

O valor mais elevado de oxigénio dissolvido ao longo destas 7 campanhas verificou-se na ribeira de Joane (JOA) na 7ª campanha (12,92 mg O₂/L), o que leva a

concluir que a água desta ribeira se encontrava sobressaturada de oxigénio (128%)¹, facto que normalmente acontece quando a actividade fotossintética é elevada embora em Novembro não seja um fenómeno muito comum. A existência de compostos oxidantes também poderá estar na origem de tal valor.

O rio Leça – Ponte de Moreira (LEC2) foi a estação que apresentou o menor valor (<0,2 mg O₂/L). Existe uma grande variabilidade nos resultados obtidos sendo no entanto nas campanhas efectuadas com as temperaturas mais elevadas (4^a, 5^a e 6^a) que se verificaram os menores teores de oxigénio dissolvido, com excepção da ribeira da Riguinha (RIG).

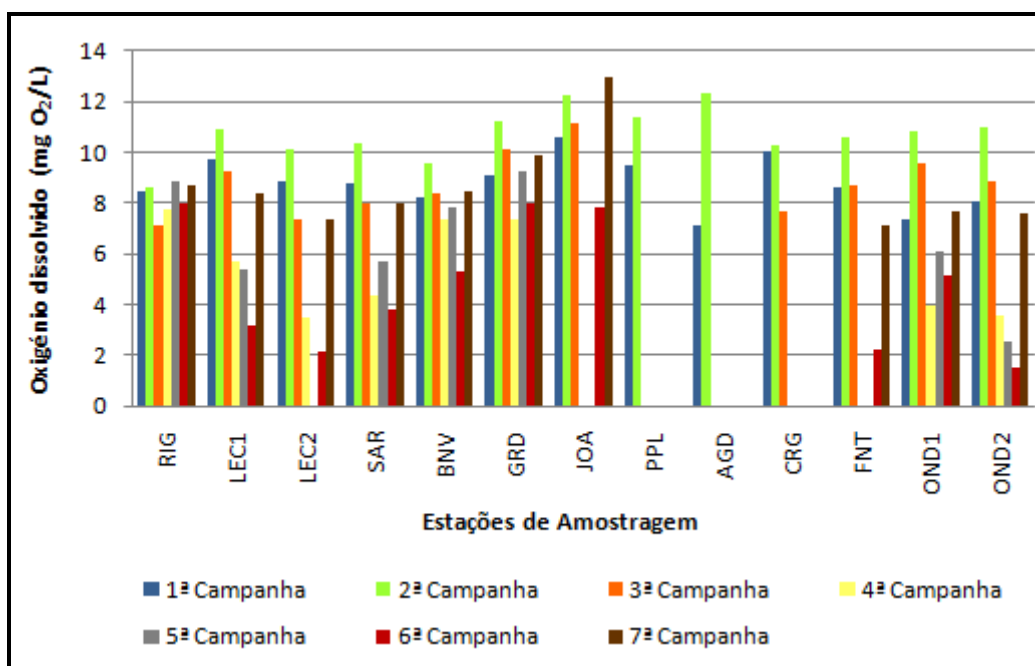


Figura 19 – Distribuição do parâmetro oxigénio dissolvido pelas respectivas estações de amostragem.

O carbono orgânico total (COT) visa avaliar a contaminação da água por impurezas orgânicas dissolvidas. O valor mais elevado ocorreu na 6^a campanha na ribeira do Sardoal (SAR) (44,53 mg C/L) e o menor valor (3,79 mg C/L) foi registado na 2^a campanha no rio Onda – Limite do Concelho (OND2). Ocasionalmente registaram-se valores de COT acima da média nomeadamente nas estações do rio Leça (LEC1 e LEC2), na ribeira do Sardoal (SAR), da Boa Nova (BNV) e Joane (JOA).

¹ Solubilidade de O₂ a 15 °C e a 760 mm Hg: 10,07 mg O₂

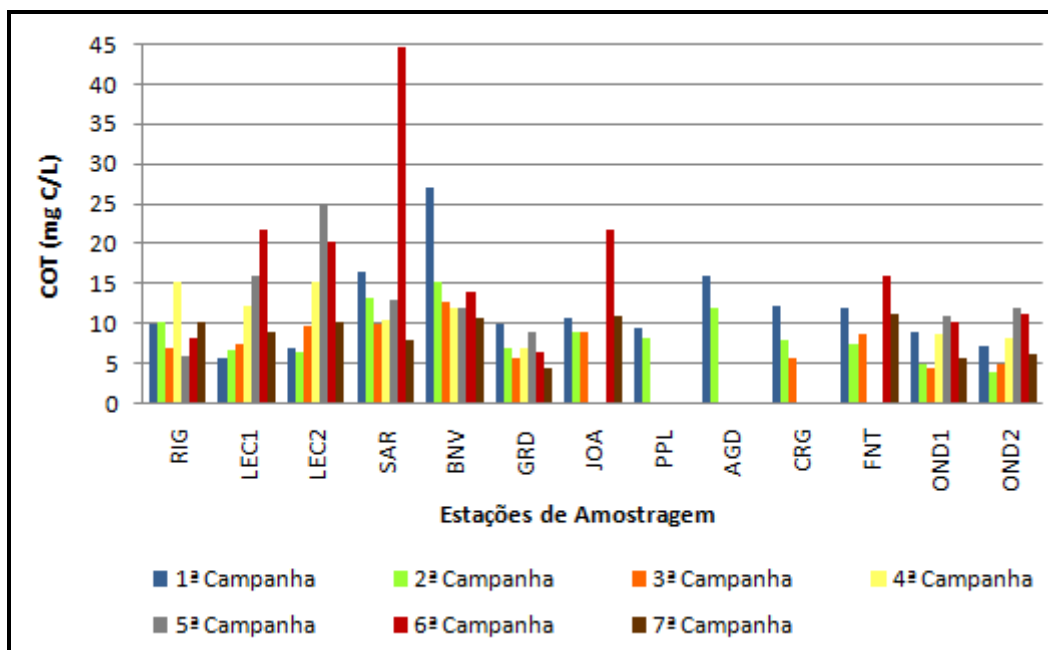


Figura 20 - Distribuição do parâmetro COT pelas respectivas estações de amostragem.

Os detergentes aniônicos podem exercer um efeito tóxico sobre os ecossistemas aquáticos assim como têm sido responsabilizados pela aceleração da eutrofização uma vez que exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas. (CETESB, 1996 - 2010)

Como se pode observar pela Figura 21 existe uma grande variabilidade nos valores deste parâmetro, sendo o rio Leça – Foz (LEC1) a estação que apresentou o valor mais elevado (6,52 mg LAS/L), apesar da ribeira de Sardeal (SAR) ser a estação que, em média, apresentou os valores mais elevados. A ribeira de Pampelido (PPL), na 2ª campanha, foi a estação onde se registou o menor valor (<0,10 mg LAS/L).

Segundo a classificação do INAG, Tabela 2, a ribeira do Sardeal (SAR) foi a única estação de amostragem que apresentou em todas as campanhas a classificação de “extremamente poluído” – Classe E.

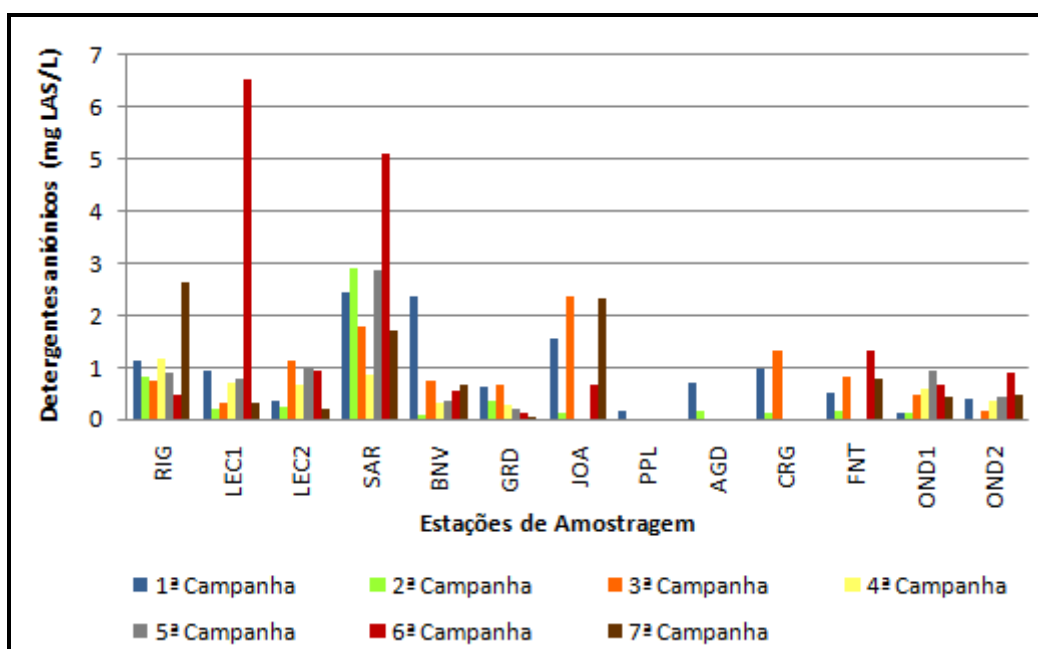


Figura 21 – Distribuição do parâmetro detergentes aniônicos pelas respectivas estações de amostragem.

Na Figura 22 encontram-se representados os óleos minerais na 1ª e 2ª campanha e os óleos e gorduras nas restantes campanhas. Os óleos e gorduras são um parâmetro mais abrangente que engloba os óleos minerais. Ambos os parâmetros diminuem a área de contacto da superfície da água com o oxigénio atmosférico dificultando a capacidade de autodepuração dos rios e ribeiras (CETESB, 1996 - 2010).

Relativamente aos óleos minerais o valor mais elevado verificou-se na ribeira da Boa Nova (BNV) na 2ª campanha (2,96 mg/L) e o mais baixo na ribeira do Corgo (CRG) na 1ª campanha (0,03 mg/L); o valor mais elevado de óleos e gorduras registou-se no rio Leça – Foz (LEC1), na 4ª campanha (20,02 mg/L), e o menor valor (<0,02 mg/L) foi obtido, na 3ª campanha, nas ribeiras da Boa Nova (BNV), Joane (JOA), Corgo (CRG) e no rio Onda (OND1 e OND2). É de notar na ribeira do Sardoal (SAR), na 6ª campanha, se obteve um valor muito próximo (19,15 mg/L) do mais elevado.

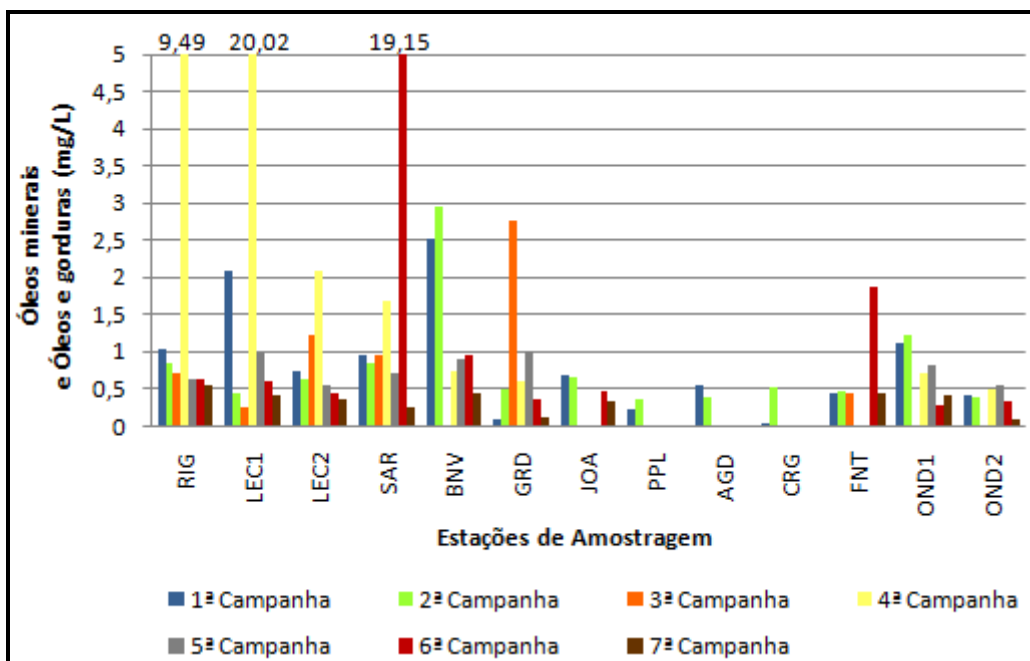


Figura 22 – Distribuição do parâmetro óleos minerais e óleos e gordura pelas respectivas estações de amostragem.

O azoto amoniacal, quando presente na água mesmo em pequenas quantidades, pode tornar-se um elemento tóxico para a vida aquática, aumentado o efeito com o aumento da temperatura e do pH (CETESB, 1996 - 2010).

Como se pode visualizar na Figura 23 o padrão de variação não se manteve ao longo das 7 campanhas; no entanto, na 4ª, 5ª e 6ª campanhas, o rio Leça (LEC1 e LEC2) apresentou os valores mais elevados sendo o valor obtido no rio Leça – Ponte de Moreira (LEC2) na 5ª campanha o mais elevado no conjunto das estações e campanhas (34,53 mg N/L). O menor valor verificou-se na ribeira de Pampelido (PPL) na 2ª campanha (<0,10 mg N/L).

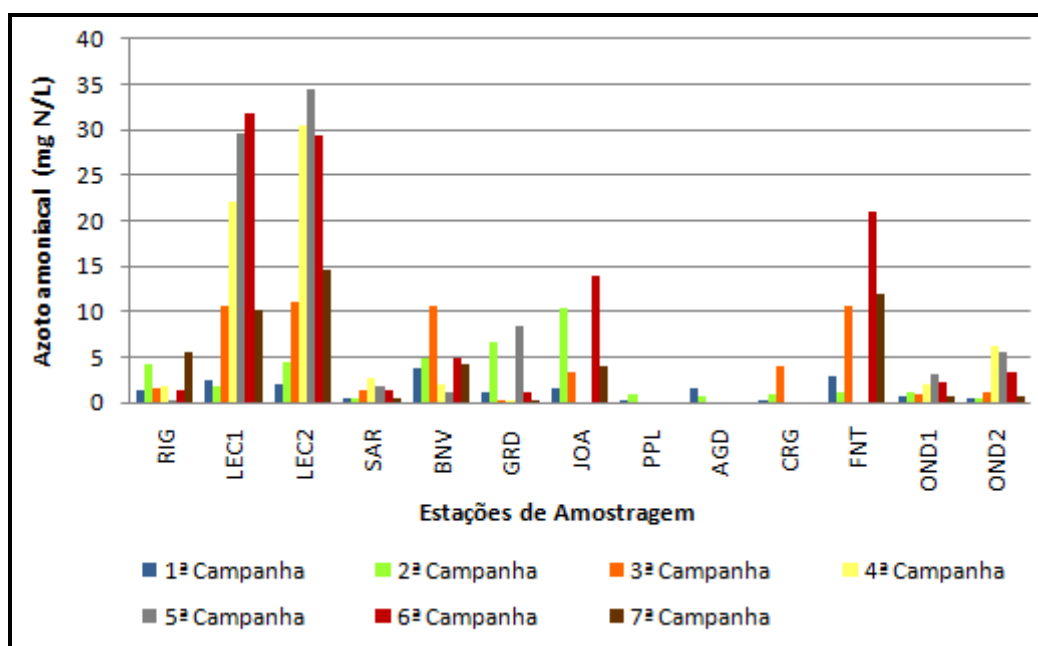


Figura 23 – Distribuição do parâmetro azoto amoniaco pelas respectivas estações de amostragem.

O azoto total Kjeldhal (NTK) representa o conjunto do azoto amoniaco e do azoto orgânico. Quando presente nas águas em elevada concentração significa que estas foram recentemente poluídas, não tendo havido tempo para a conversão a formas oxidadas de azoto (nitratos e nitritos) (CETESB, 1996 - 2010)

De acordo com a Figura 24 o rio Leça – Foz (LEC1) na 6ª campanha foi a estação onde se verificou o valor mais elevado, levando a concluir que nesta campanha terá ocorrido uma descarga muito próxima do local de amostragem. A ribeira do Corgo (CRG), na 2ª campanha, foi a que apresentou o menor valor (1,89 mg N/L).

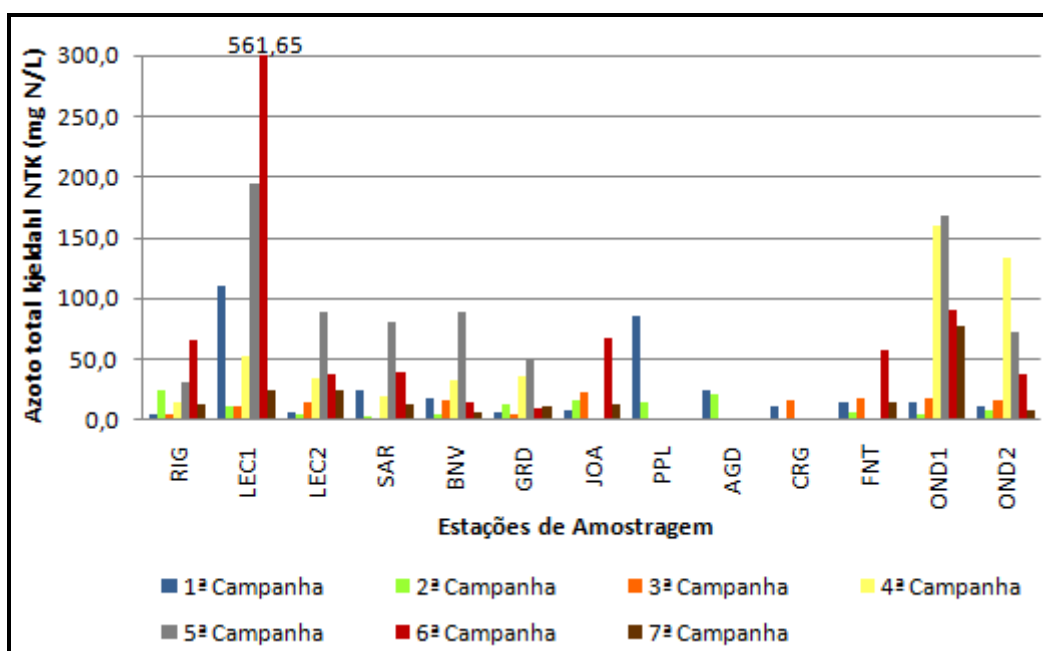


Figura 24 – Distribuição do parâmetro azoto total kjeldahl pelas respectivas estações de amostragem.

4.2 Parâmetros Microbiológicos

Os parâmetros microbiológicos são indicadores da patogenicidade da água. Na Figura 25 e Figura 26 apresentam-se as variações dos coliformes fecais e da *Escherichia coli* e dos estreptococos fecais e dos enterococos intestinais.

Os coliformes totais englobam os coliformes fecais e os coliformes atípicos, sendo a sua presença indicadora de contaminação.

Os coliformes fecais encontram-se presentes no trato intestino de animais de sangue quente, sendo a sua presença indicadora de contaminação fecal. A *Escherichia coli* é uma bactéria que pertence ao grupo dos coliformes fecais.

Os coliformes atípicos não indicam contaminação fecal como é o caso de algumas bactérias coliformes que são saprófitas no solo e podem também proliferar na superfície das plantas passando posteriormente para a água.

Na Figura 25 encontra-se representada a variação dos coliformes fecais na 1ª e 2ª campanha e a *Escherichia coli* nas restantes campanhas. Como se pode visualizar não existe um padrão de variação dos parâmetros analisados. No entanto, a ribeira do Sardoal (SAR) foi a estação onde se verificou sempre o valor mais elevado de *Escherichia coli*, atingindo o máximo na 6ª campanha. Relativamente aos coliformes fecais também foi na ribeira do Sardoal (SAR) que se registou o valor mais elevado,

nomeadamente na 2ª campanha. Segundo o INAG a ribeira do Sardoal (SAR) apresenta uma classificação de extremamente poluída (Tabela 2).

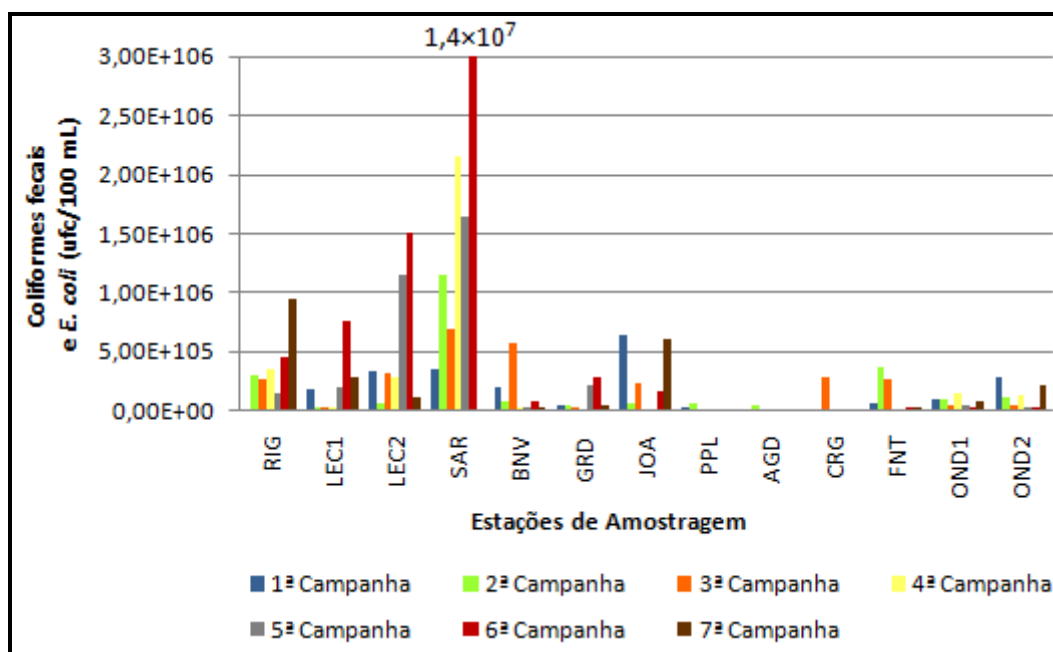


Figura 25 – Distribuição do parâmetro coliformes fecais e *Escherichia coli* pelas respectivas estações de amostragem.

O grupo dos estreptococos fecais engloba as espécies de *Streptococcus* e *Enterococcus*.

Os estreptococos fecais são bactérias que, quando presentes, são também indicadoras da presença de organismos patogénicos na água. Estas bactérias não se conseguem multiplicar em águas poluídas, sendo sua presença indicativa de contaminação fecal recente. Por outro lado, os enterococos podem incluir espécies que ocorrem nas fezes humanas e de animais de sangue quente, pelo que são considerados como indicadores secundários de poluição fecal. São geralmente mais numerosos nas fezes dos animais e mais persistentes no ambiente, em particular nas águas, com excepção do *Streptococcus bovis* e *Streptococcus equinus*, que morrem rapidamente fora do tracto intestinal. Nestas circunstâncias, pode acontecer que os enterococos encontrados na água possam ter uma origem fecal humana.

Na Figura 26 podemos observar a variação dos estreptococos fecais na 1ª e 2ª campanha e nas restantes campanhas a variação é relativamente aos enterococos intestinais. A ribeira da Riguinha (RIG) e do Sardoal (SAR) na 4ª campanha, da Guarda (GRD), na 5ª campanha, e de Joane (JOA), na 7ª campanha, apresentaram os valores mais elevados, sendo no entanto na ribeira do Sardoal (SAR), na 4ª

campanha, que se detectou o valor mais elevado de enterococos intestinais, assim como os estreptococos fecais na 1ª campanha.

A estação de amostragem rio Leça – Ponte de Moreira (LEC2) apresentou uma classificação de “extremamente poluída” em todas as campanhas realizadas.

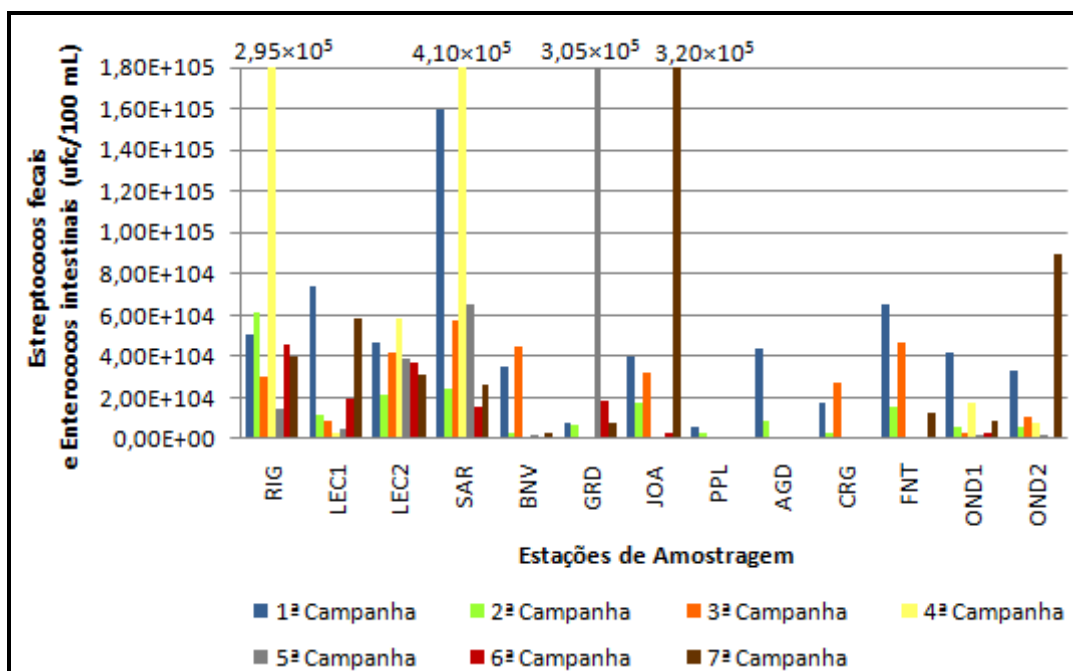


Figura 26 - Distribuição do parâmetro estreptococos fecais e enterococos intestinais pelas respectivas estações de amostragem.

4.3 Análise Global da Qualidade dos Rios e Ribeiras

Na Tabela 6 e na Tabela 7 apresentam-se os valores máximos, mínimos e a média dos valores obtidos para cada parâmetro e em cada estação de amostragem. Os valores que ultrapassaram o valor máximo admissível presente no Anexo XXI do DL nº 236/98, relativo aos objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais encontram-se realçados a amarelo.

No Decreto-Lei acima referido o valor máximo admissível dos detergentes aniónicos é de 0,5 mg LAS/L, verificando-se que na ribeira do Sardoal (SAR) não foi cumprido em nenhuma campanha, pois o valor mínimo registado nesta estação foi de 0,84 mg LAS/L. Também relativamente ao azoto amoniacal, em que o valor máximo admissível é de 1 mg N/L, as ribeiras da Boa Nova (BNV), de Joane (JOA) e do Funtão (FNT) apresentaram valores mínimos superiores.

No caso do azoto total Kjeldahl (NTK) o valor máximo admissível é de 2 mg N/L e apenas a ribeira do Corgo (CRG) apresentou na 2ª campanha um valor menor.

Tabela 6 – Máximos, mínimos e médias para cada parâmetro e para cada ribeira.

Parâmetros		Estações de Amostragem								
		RIG	SAR	BNV	GRD	JOA	PPL	AGD	CRG	FNT
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Máximo	931,00	1129,00	1077,00	1069,00	1170,00	18240,00	1092,00	901,00	1212,00
	Mínimo	500,00	567,00	572,00	605,00	432,00	1009,00	980,00	527,00	381,00
	Média	659,00	804,86	834,14	837,43	707,60	9624,50	1036,00	681,00	665,80
Oxigênio dissolvido ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	Máximo	8,85	10,39	9,58	11,20	12,92	11,41	12,32	10,25	10,58
	Mínimo	7,14	3,81	5,28	7,39	7,80	9,50	7,10	7,70	2,23
	Média	8,21	7,00	7,87	9,27	10,95	10,46	9,71	9,32	7,44
COT (mg C/L)	Máximo	15,27	44,53	27,04	9,99	21,73	9,50	15,84	12,17	15,85
	Mínimo	6,00	7,95	10,73	4,42	8,99	8,21	11,85	5,69	7,39
	Média	9,53	16,50	14,77	7,04	12,23	8,86	13,85	8,56	11,06
Detergentes aniônicos (mg LAS/L)	Máximo	2,65	5,11	2,35	0,68	2,35	0,16	0,69	1,34	1,31
	Mínimo	0,48	0,84	0,10	0,02	0,12	<0,10	0,15	0,14	0,19
	Média	1,13	2,52	0,72	0,33	1,41	0,16	0,42	0,82	0,72
Óleos minerais (mg/L)	Máximo	1,03	0,95	2,96	0,49	0,68	0,35	0,55	0,52	0,48
	Mínimo	0,84	0,84	2,51	0,10	0,66	0,22	0,40	0,03	0,43
	Média	0,94	0,90	2,74	0,30	0,67	0,29	0,48	0,28	0,46
Óleos e gorduras (mg/L)	Máximo	9,49	19,15	0,96	2,76	0,48			0,00	1,87
	Mínimo	0,56	0,25	<0,02	0,11	<0,02			<0,02	0,43
	Média	2,40	4,55	0,76	0,97	0,41			0,00	0,91
Azoto amoniacal (mg N/L)	Máximo	5,53	2,60	10,66	8,44	13,97	1,00	1,50	4,05	21,09
	Mínimo	0,31	0,40	1,24	0,21	1,60	0,10	0,73	0,30	1,09
	Média	2,32	1,22	4,53	2,60	6,66	0,55	1,12	1,75	9,55

Tabela 4 – Máximos, mínimos e médias para cada parâmetro e para cada ribeira. (Continuação)

Parâmetros		Estações de Amostragem								
		RIG	SAR	BNV	GRD	JOA	PPL	AGD	CRG	FNT
Azoto total Kjeldahl	Máximo	66,11	81,37	88,77	49,64	68,21	85,80	24,30	15,54	57,50
	Mínimo	4,00	2,25	5,04	5,08	7,60	14,48	20,86	1,89	6,93
	Média	22,65	25,96	4,53	18,96	25,62	50,14	22,58	9,44	22,38
Zinco (mg/L)	Máximo	0,42	0,11	0,09	0,07	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	0,09
	Mínimo	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
	Média									
Mercúrio (µg/L)	Máximo	<0,68	<0,68	1,47	3,42	3,85	1,21	<0,68	<0,68	<0,68
	Mínimo	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68
	Média									
Coliformes fecais (ufc/100 mL)	Máximo	3,00E+105	1,15E+106	1,90E+105	4,25E+104	6,40E+105	5,00E+104	4,50E+104	0,00E+00	3,60E+105
	Mínimo	0,00E+00	3,50E+105	7,50E+104	4,20E+104	5,60E+104	3,50E+103	0,00E+00	0,00E+00	5,15E+104
	Média	1,50E+105	7,50E+105	1,33E+105	4,23E+104	3,48E+105	2,68E+104	2,25E+104	0,00E+00	2,06E+105
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100 mL)	Máximo	9,50E+105	1,40E+107	5,75E+105	2,85E+105	6,00E+105			2,75E+105	2,65E+105
	Mínimo	1,40E+105	0,00E+00	1,60E+104	0,00E+00	1,55E+105			2,75E+105	2,50E+103
	Média	4,33E+105	3,70E+106	1,41E+105	1,09E+105	3,27E+105			2,75E+105	9,68E+104
Estreptococos fecais (ufc/100 mL)	Máximo	6,10E+104	1,60E+105	3,55E+104	7,95E+103	3,95E+104	6,00E+103	4,35E+104	1,75E+104	6,50E+104
	Mínimo	5,10E+104	2,45E+104	3,00E+103	6,50E+103	1,75E+104	2,50E+103	9,00E+103	3,00E+103	1,60E+104
	Média	5,60E+104	9,23E+104	1,93E+104	7,23E+103	2,85E+104	4,25E+103	2,63E+104	1,03E+104	4,05E+104
Enterococos intestinais (ufc/100 mL)	Máximo	2,95E+105	4,10E+105	4,45E+104	3,05E+105	3,20E+105			2,70E+104	4,70E+104
	Mínimo	1,45E+104	1,60E+104	1,00E+103	1,00E+103	2,50E+103			2,70E+104	1,00E+103
	Média	8,49E+104	1,15E+105	1,02E+104	6,67E+104	1,18E+105			2,70E+104	2,03E+104

A matriz de correlação múltipla foi obtida a partir do cálculo dos respectivos coeficientes de correlação (r), considerando-se que apenas são estatisticamente significativas as correlações em que $|r| \geq 0,6$, realçados na Tabela 7, 8 e 9 a lilás.

Na Tabela 7 apresentam-se os valores de r para o rio Leça considerando-se os dois pontos de amostragem. A relação existente entre o oxigénio dissolvido e o COT era de esperar pelo facto de um aumento de matéria orgânica provocar um acréscimo da actividade microbiana e por conseguinte do consumo de oxigénio, assim como, a relação existente entre o oxigénio dissolvido e o azoto amoniacal, uma vez que uma água que se encontre muito oxigenada tem melhores condições para que ocorra o processo de nitrificação.

Relativamente à relação existente entre o COT e o azoto amoniacal e entre o COT e os coliformes fecais e *E. coli* admite-se a hipótese de contaminação de origem doméstica.

Para os restantes parâmetros não se encontra justificação para os valores de correlação obtidos.

Tabela 7 – Matriz de correlação dos parâmetros obtidos no rio Leça (LEC1 e LEC2).

Parâmetros	Cond.	OD	COT	Det. Anió.	OM. e OG	N. Amon.	NTK	EF e EI	CF e <i>E.coli</i>
Cond.	1	-0,4492	0,4662	0,9817	-0,0789	0,4068	0,9812	-0,1627	0,2545
OD	-0,4492	1	-0,9528	-0,4933	-0,1555	-0,9494	-0,4691	0,0399	-0,6980
COT	0,4662	-0,9528	1	0,5198	-0,0206	0,9387	0,5317	-0,1043	0,7956
Det. Anió.	0,9817	-0,4933	0,5198	1	-0,0581	0,4418	0,9501	-0,1120	0,3403
OM e OG	-0,0789	-0,1555	-0,0206	-0,0581	1	0,1239	-0,0604	-0,3170	-0,2423
N. Amon.	0,4068	-0,9494	0,9387	0,4418	0,1239	1	0,4859	-0,1775	0,6098
NTK	0,9812	-0,4691	0,5317	0,9501	-0,0604	0,4859	1	-0,1829	0,2611
EF e EI	-0,1627	0,0399	-0,1043	-0,1120	-0,3170	-0,1775	-0,1829	1	0,2013
CF e <i>E.coli</i>	0,2545	-0,6980	0,7956	0,3403	-0,2423	-0,1775	0,2611	0,2013	1

Cond. – Condutividade; OD – Oxigénio dissolvido; COT – Carbono orgânico tota; Det. Anió.- Detergentes aniónicos; OM e OG – Óleos minerais e Óleos e gorduras; N.amon. – Azoto amoniacal; NTK – Azoto total Kjeldahl; EF e EI – *Streptococos* fecais e *Enterococos* intestinais; CF e *E.coli* – Coliformes fecais e *Escherichia coli*

Para o rio Onda calcularam-se duas matrizes de correlação, relacionando-se assim os parâmetros da foz separadamente dos parâmetros do limite do concelho. Esta diferenciação deveu-se ao facto da estação de amostragem rio Onda – Foz (OND1) se encontrar sob influência de um colector de descarga de emergência da Estação Elevatória (CRO) e pela intrusão da água do mar, que, por vezes, ocorreu neste local.

O coeficiente de correlação obtido entre o oxigénio dissolvido e o COT era de esperar pelo facto de que um aumento de matéria orgânica provocar um aumento da actividade microbiana e por conseguinte um aumento no consumo de oxigénio, assim como a relação entre o oxigénio dissolvido e o azoto amoniacal e o oxigénio dissolvido e o azoto total Kjeldahl, uma vez que uma água muito oxigenada tem melhores condições para que ocorra o processo de nitrificação.

O COT esta correlacionado positivamente com o azoto amoniacal e com o azoto total Kjeldahl o que indica a existência de descargas de esgotos doméstica.

Tabela 8 – Matriz de correlação dos parâmetros obtidos no rio Onda – Foz (OND1)

Parâmetros	Cond	OD	COT	Det. Anió.	OM. e OG	N. amon.	NTK	EF e EI	CF e E.coli
Cond	1	-0,8296	0,6909	0,7987	-0,0210	0,8103	0,9964	-0,1944	0,0859
OD	-0,8296	1	-0,7851	-0,5907	0,1328	-0,6172	-0,8191	-0,1418	-0,1745
COT	0,6909	-0,7851	1	0,5747	0,1828	0,7834	0,6676	0,1666	-0,1562
Det. Anió.	0,7987	-0,5907	0,5747	1	-0,4348	0,8518	0,8357	-0,5765	-0,4681
OM e OG	-0,0210	0,1328	0,1828	-0,4348	1	0,0122	-0,0943	0,4965	0,4626
N. amon.	0,8103	-0,6172	0,7834	0,8518	0,0122	1	0,8053	-0,3926	-0,3028
NTK	0,9964	-0,8191	0,6676	0,8357	-0,0943	0,8053	1	-0,2373	0,0366
EF e EI	-0,1944	-0,1418	0,1666	-0,5765	0,4965	-0,3926	-0,2373	1	0,6013
CF e E.coli	0,0859	-0,1745	-0,1562	-0,4681	0,4626	-0,3028	0,0366	0,6013	1

Cond. – Condutividade; OD – Oxigénio dissolvido; COT – Carbono orgânico tota; Det. Anió.- Detergentes aniónicos; OM e OG – Óleos minerais e Óleos e gorduras; N.amon. – Azoto amoniacal; NTK – Azoto total Kjeldahl;EF e EI – Streptococos fecais e Enterococos intestinais; CF e E.coli – Coliformes fecais e Escherichia coli

Na Tabela 9 apresentam-se os coeficientes de correlação obtidos no rio Onda – Limite do concelho (OND2).

O oxigénio dissolvido apresenta um coeficiente de relação significativo com o COT, o azoto amoniacal e com o azoto total Kjeldahl, como já verificado anteriormente no rio Onda – Foz (OND1) e no rio Leça (LEC1 e LEC2). O COT apresentou-se correlacionado com o azoto amoniacal, admitindo-se a hipótese de descargas de esgotos domésticos.

Tabela 9 - Matriz de correlação dos parâmetros obtidos no rio Onda – Limite do Concelho (OND2).

Parâmetros	Cond	OD	COT	Det. Anió.	OM. e OG	N. amon.	NTK	EF e EI	CF e E.coli
Cond	1	-0,7812	0,5988	0,3054	0,5321	0,9637	0,9532	-0,4509	-0,4649
OD	-0,7812	1	-0,9416	-0,7656	-0,4669	-0,8299	-0,6566	0,3154	0,4307
COT	0,5988	-0,9416	1	0,7463	0,5555	0,7264	0,4964	-0,3252	-0,3823
Det. Anió.	0,3054	-0,7656	0,7463	1	0,1486	0,3045	0,1025	0,0188	-0,1511
OM e OG	0,5321	-0,4669	0,5555	0,1486	1	0,6373	0,6061	-0,4909	-0,0295
N. amon.	0,9637	-0,8299	0,7264	0,3045	0,6373	1	0,9394	-0,4861	-0,4835
NTK	0,9532	-0,6566	0,4964	0,1025	0,6061	0,9394	1	-0,4011	-0,2755
EF e EI	-0,4509	0,3154	-0,3252	0,0188	-0,4909	-0,4861	-0,4011	1	0,6695
CF e E.coli	-0,4649	0,4307	-0,3823	-0,1511	-0,0295	-0,4835	-0,2755	0,6695	1

Cond. – Condutividade; OD – Oxigénio dissolvido; COT – Carbono orgânico tota; Det. Anió.- Detergentes aniónicos; OM e OG – Óleos minerais e Óleos e gorduras; N.amon. – Azoto amoniacal; NTK – Azoto total Kjeldahl;EF e EI – Estreptococos fecais e Enterococos intestinais; CF e E.coli – Coliformes fecais e Escherichia coli

Com o intuito de representar a qualidade da água sob o ponto de vista físico-químico e microbiológico calculou-se um índice de qualidade da água (*IQ*) com base nos seguintes critérios:

Parâmetros seleccionados:

- Condutividade;
- Oxigénio dissolvido;

- COT;
- Detergentes aniónicos;
- Óleos minerais e Óleos e gorduras;
- Azoto amoniacal;
- Azoto total Kjeldahl;
- Estreptococos fecais e Enterococos intestinais;
- Coliformes fecais e *Escherichia coli*;

Tendo em conta os parâmetros seleccionados e, assumindo que do ponto de vista da qualidade da água os parâmetros considerados apresentam o mesmo grau de importância, determinou-se para cada parâmetro e para cada estação de amostragem o mínimo e a média, com excepção do oxigénio dissolvido em que foi considerado o valor máximo.

Foi calculado um factor de contaminação (F_c) para os vários parâmetros:

$$F_c = \frac{\text{Média}}{\text{Mínimo}} \qquad F_c = \frac{\text{Máximo}}{\text{Média}} \text{ (para o oxigénio dissolvido)}$$

A partir dos valores de F_c obtidos para cada parâmetro, calculou-se o índice de qualidade da água (IQ) em cada estação de amostragem utilizando a seguinte expressão:

$$IQ = \frac{\sum F_c}{n} \times 100$$

As Figura 27 a Figura 34 representam o índice de qualidade da água para cada campanha e o global, para o conjunto das 7 campanhas.

Na 1ª campanha a ribeira do Corgo (CRG) foi a que apresentou o maior IQ e a ribeira da Boa Nova (BNV) o pior, encontrando-se também o rio Leça – Foz (LEC1) muito próximo, como de pode observar na Figura 27.

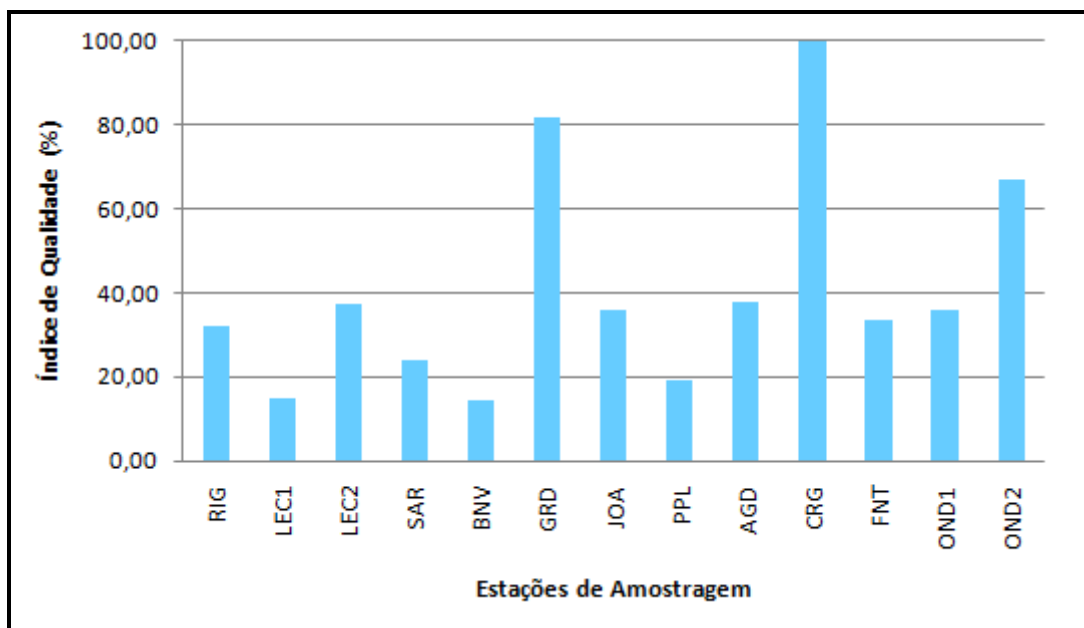


Figura 27 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 1ª campanha.

O *IQ* na 2ª campanha apresenta uma variação mais acentuada quando comparado com o da 1ª campanha. A ribeira do Corgo (CRG) apresentou o melhor *IQ* e o mesmo valor nestas últimas duas campanhas, o mesmo não foi observado em relação ao menor *IQ* que nesta campanha se registou na ribeira do Sardoal (SAR).

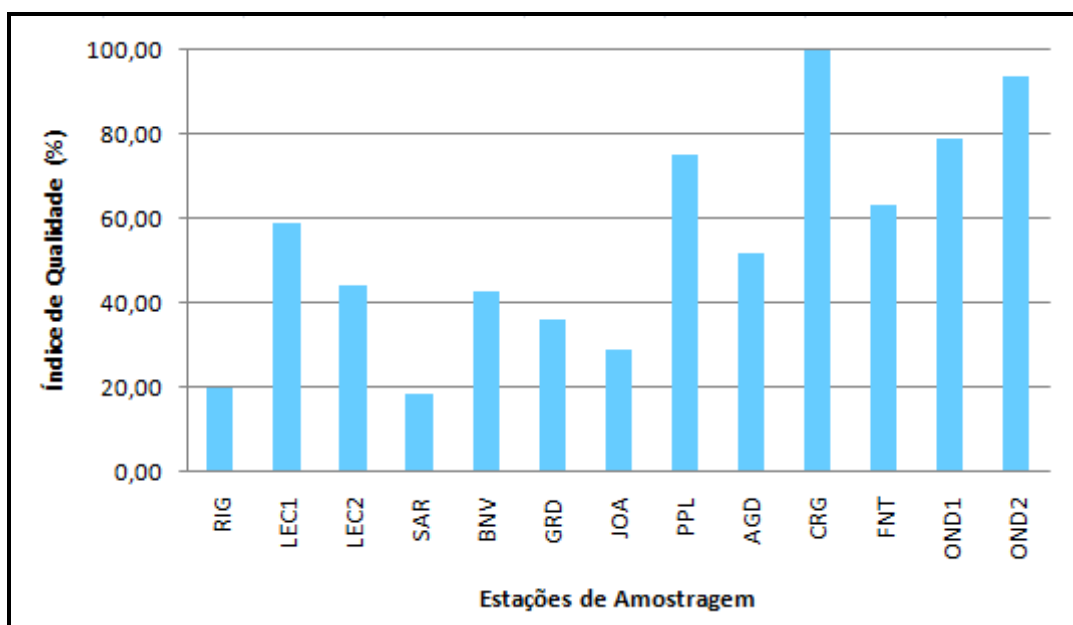


Figura 28 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 2ª campanha.

Na Figura 29 apresenta-se a variação do *IQ* na 3ª campanha, correspondendo o maior valor (melhor qualidade) à foz do rio Onda (OND1). Note-se que o *IQ* do rio Onda – Limite do concelho (OND2) se encontra muito próximo do verificado na foz.

A ribeira da Guarda (GRD) nesta campanha foi a que apresentou o *IQ* mais baixo, muito próximo do obtido para a ribeira do Sardoal (SAR) e o rio Leça – Ponte de Moreira (LEC2).

Nesta campanha, com excepção do rio Onda (OND1 e OND2), obteve-se $IQ \leq 40\%$. A ribeira de Pampelido (PPL) e da Agudela (AGD) não aparecem na Figura 29 porque estavam secas.

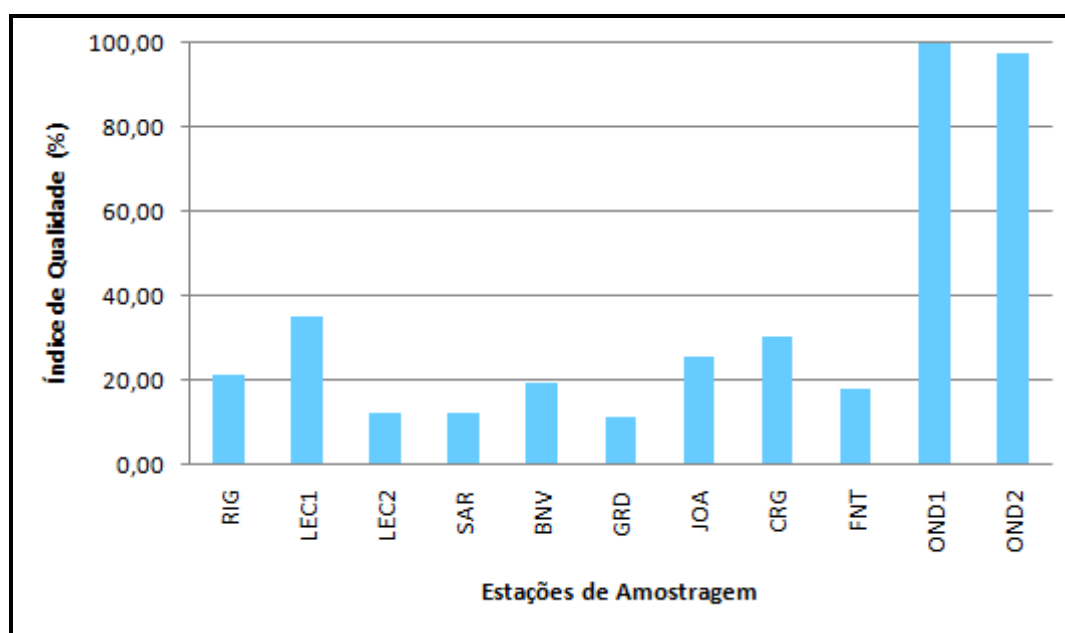


Figura 29 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 3ª campanha.

Na 4ª campanha verificou-se que cinco ribeiras estavam secas ou apresentavam água estagnada, nomeadamente as ribeiras de Joane (JOA), Pampelido (PPL), Agudela (AGD), Corgo (CRG) e Funtão (FNT).

Como se pode observar na Figura 30 contrariamente ao que se verificou na campanha anterior, nesta campanha a ribeira da Guarda (GRD) apresentou o melhor *IQ* voltando a ribeira do Sardoal (SAR) a registar o valor mais baixo, como já se tinha verificado na 2ª campanha. É de notar que a ribeira da Riguinha (RIG) nesta campanha também apresentou um valor baixo, próximo do verificado na ribeira do Sardoal (SAR).

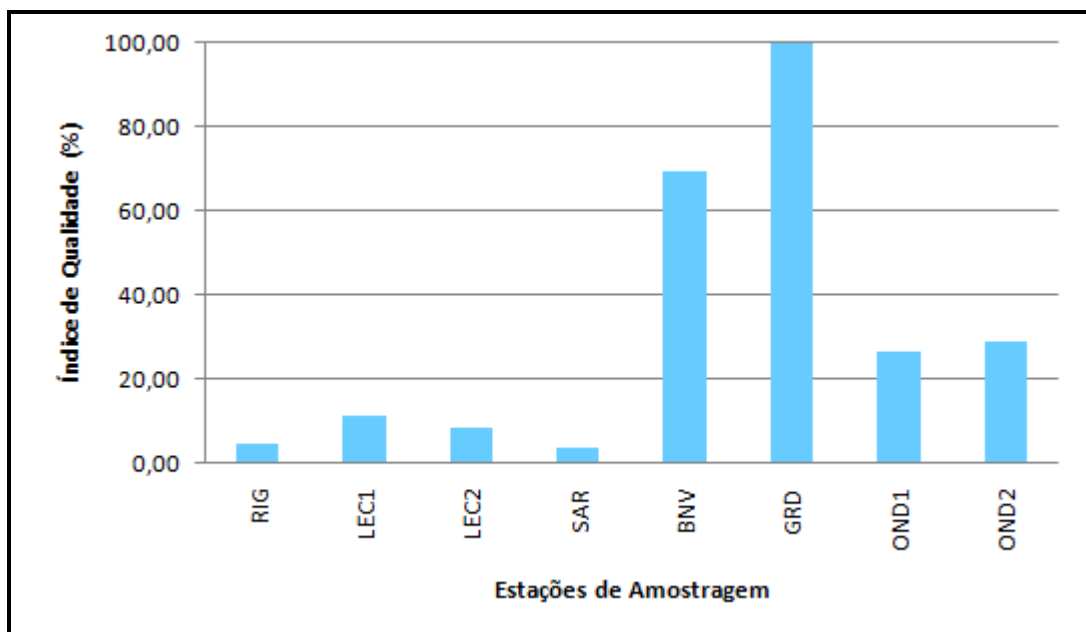


Figura 30 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 4ª campanha.

Na 5ª campanha (Figura 31) e pelas razões atrás expostas, as ribeiras de Joane (JOA), Pampelido (PPL), Agudela (AGD), Corgo (CRG) e Funtão (FNT) não foram representadas.

Ao contrário do que ocorreu na 1ª campanha em que a ribeira da Boa Nova (BNV) obteve o pior IQ , nesta campanha obteve $IQ = 100\%$ verificando-se o IQ mais baixo no rio Leça – Ponte de Moreira (LEC2).

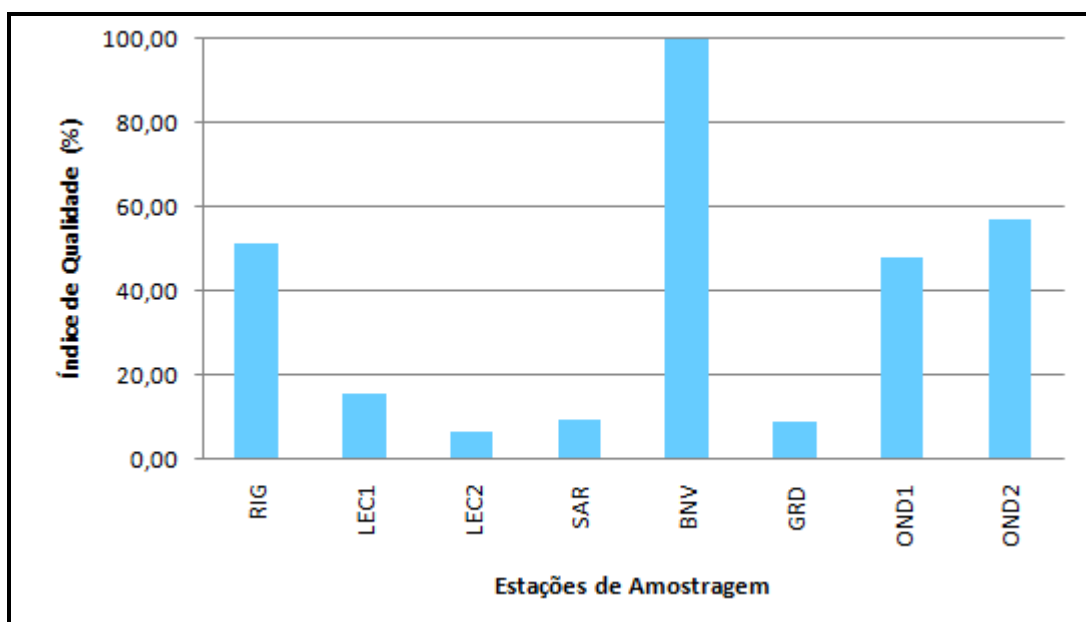


Figura 31 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 5ª campanha.

Na 6ª campanha apenas a ribeira de Pampelido (PPL), da Agudela (AGD) e do Corgo (CRG) se mantiveram sem caudal ou com a água estagnada.

A ribeira da Boa Nova (BNV) nesta campanha voltou a obter o melhor IQ , facto que já se tinha verificado na campanha anterior assim como o IQ mais baixo se voltou a registar na ribeira do Sardoal (SAR), o que já tinha sido observado na 2ª e 4ª campanha.

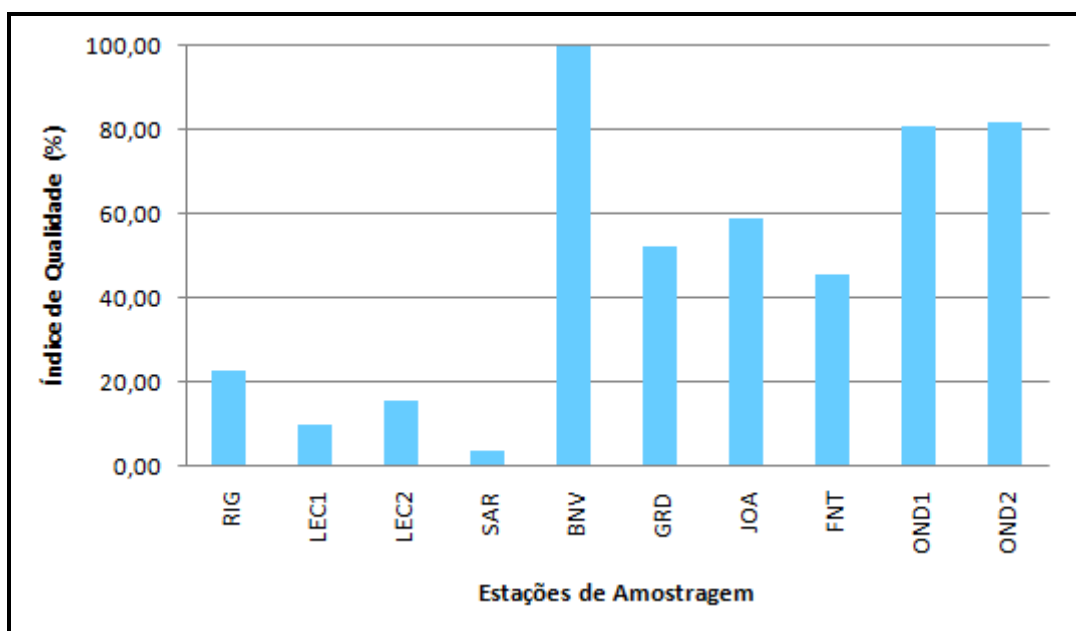


Figura 32 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 6ª campanha.

Na 7ª campanha obtiveram-se IQ muito baixos em todas as estações de amostragem, com excepção da ribeira da Guarda (GRD) em que $IQ = 100\%$, facto que já havia sido verificado na 4ª campanha. As restantes estações apresentaram todas $IQ < 25\%$, sendo na ribeira de Joane (JOA) que se verificou o valor mais baixo $IQ = 4,6\%$. Como se pode visualizar na Figura 33 e à semelhança do que aconteceu na campanha anterior, as ribeiras de Pampelido (PPL), Agudela (AGD) e Corgo (CRG) estavam secas ou a água encontrava-se estagnada.

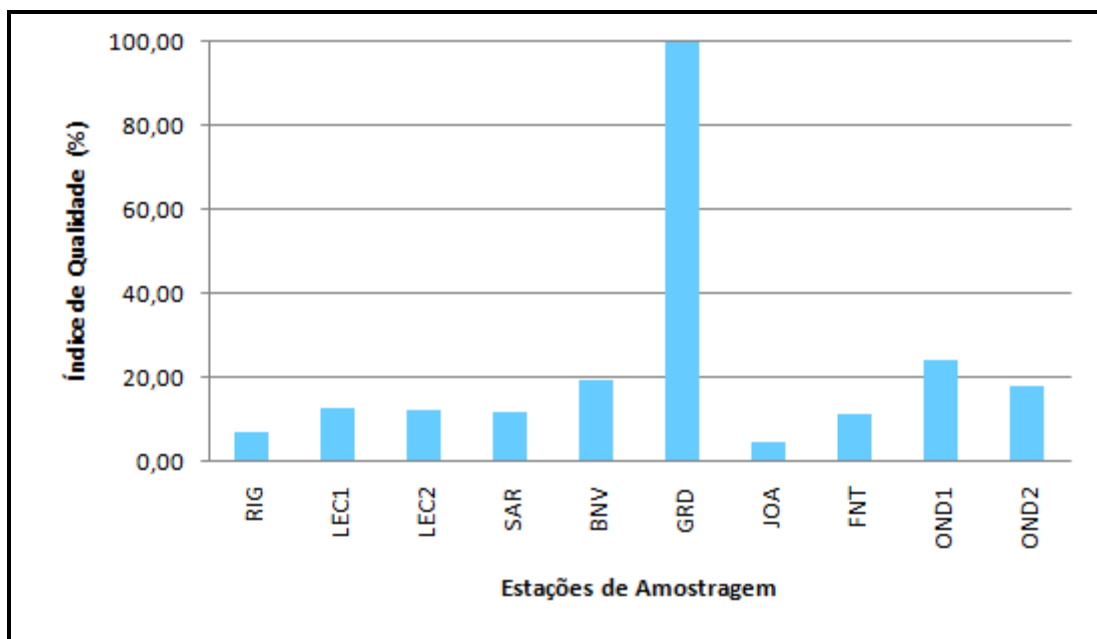


Figura 33 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem na 7ª campanha.

Tendo em conta as 7 campanhas, foi na ribeira da Agudela (AGD) que se obteve o maior $IQ = 100\%$ na ribeira da Guarda (GRD) obteve-se o IQ mais baixo ($IQ = 11,08\%$). É de notar que, com excepção da ribeira da Agudela (AGD), todas as estações de amostragem apresentaram $IQ < 40\%$ podendo-se concluir que, apesar das amostras recolhidas serem pontuais, estes rios e ribeiras se encontram bastante poluídos.

No caso do rio Leça, a estação de amostragem rio Leça – Ponte de Moreira (LEC2) apresenta um IQ superior à estação rio Leça – Foz (LEC1) o que leva a concluir que há descargas poluentes entre as duas estações, contrariamente ao rio Onda onde o IQ é maior na foz do que no limite do concelho, provavelmente pelo efeito de autodepuração.

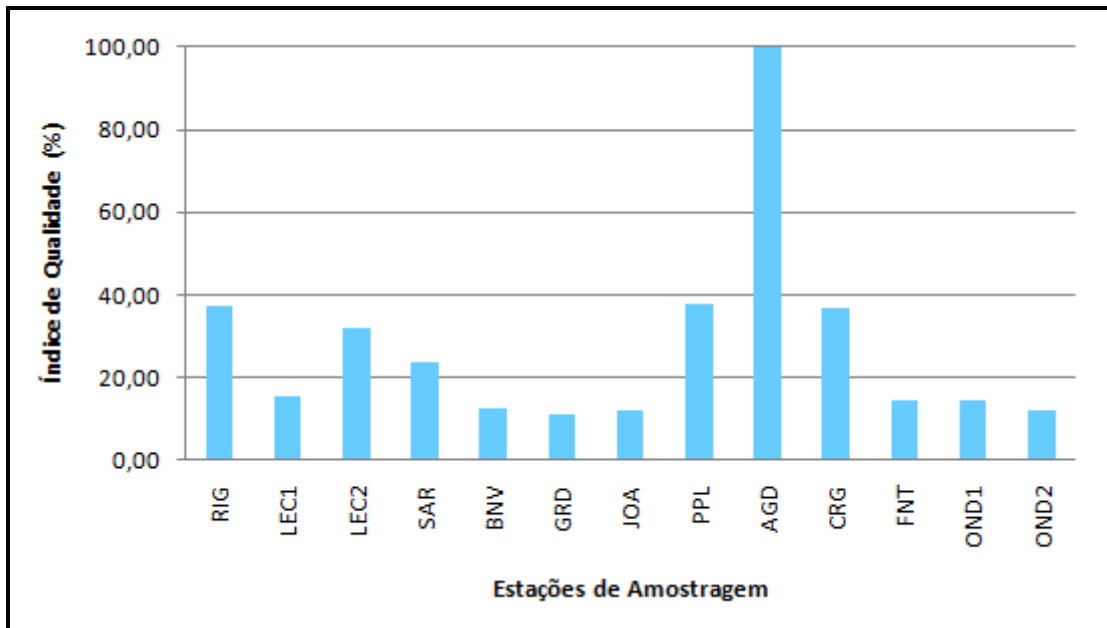


Figura 34 – Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem ao longo das 7 campanhas efectuadas.

Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** encontra-se representados os intervalos de variação do *IQ* assim como o *IQ médio* relativo a cada estação de amostragem. A ribeira da Guarda (GRD) foi a estação de amostragem que apresentou a maior variação do *IQ* contrariamente à ribeira da Agudela (AGD), que apresentou a menor variação.

A ribeira da Guarda (GRD) apesar de apresentar um valor de *IQ médio* muito próximo da ribeira do Corgo (CRG) foi na ribeira do Corgo (CRG) que se verificou o maior *IQ médio* = 69,03% e a ribeira do Sardoal (SAR) o menor *IQ médio* = 12,70% .

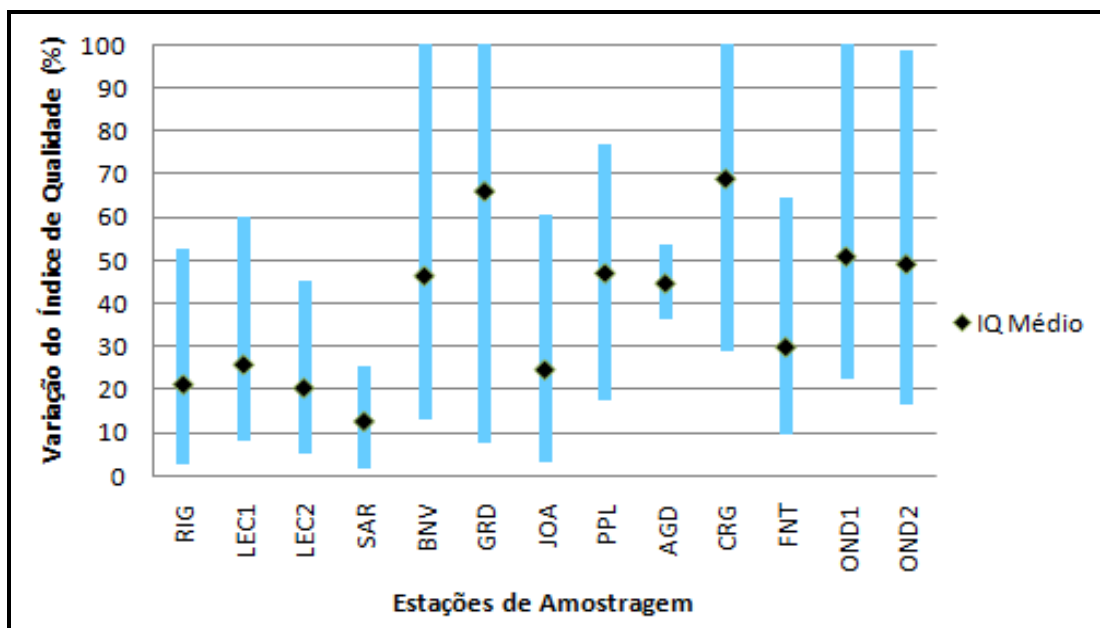


Figura 35 – Variação do Índice de qualidade da água nas diferentes estações de amostragem ao longo das 7 campanhas efectuadas.

4.4 Impacte Sobre a Qualidade das Águas Balneares

De acordo com o Decreto-Lei nº 135/2009 de 3 de Junho os parâmetros analisar para avaliação e classificação das águas balneares são: *Escherichia coli* e Enterococos intestinais.

Na Figura 36 pode-se visualizar a variação média dos parâmetros para cada estação de amostragem.

Uma vez que o plano de análises foi ajustado no final da 2ª campanha os valores médios apresentados referem-se à segunda fase das análises (da 3ª a 7ª campanha). A ribeira do Sardoal (SAR) apresenta o valor médio mais elevado de *Escherichia coli* e a ribeira de Joane (JOA) o valor mais elevado de enterococos intestinais, apesar de em muito menor quantidade comparativamente com a *Escherichia coli*. É de notar também que os valores médios obtidos para *Escherichia coli* foram sempre superiores aos valores médios obtidos para os enterococos intestinais em todas as estações de amostragem. Como os enterococos intestinais não se conseguem multiplicar em ambiente aquático poder-se-á dizer que em todas as estações de amostragem existe contaminação fecal de trato intestinal de animais de sangue quente recente, sendo depois confirmada esta conclusão com os valores de *Escherichia coli*.

A ribeira de Pampelido (PPL) e da Agudela (AGD) não apresentam valores pelo facto de que a partir da 3ª campanha estas ribeiras se encontravam secas.

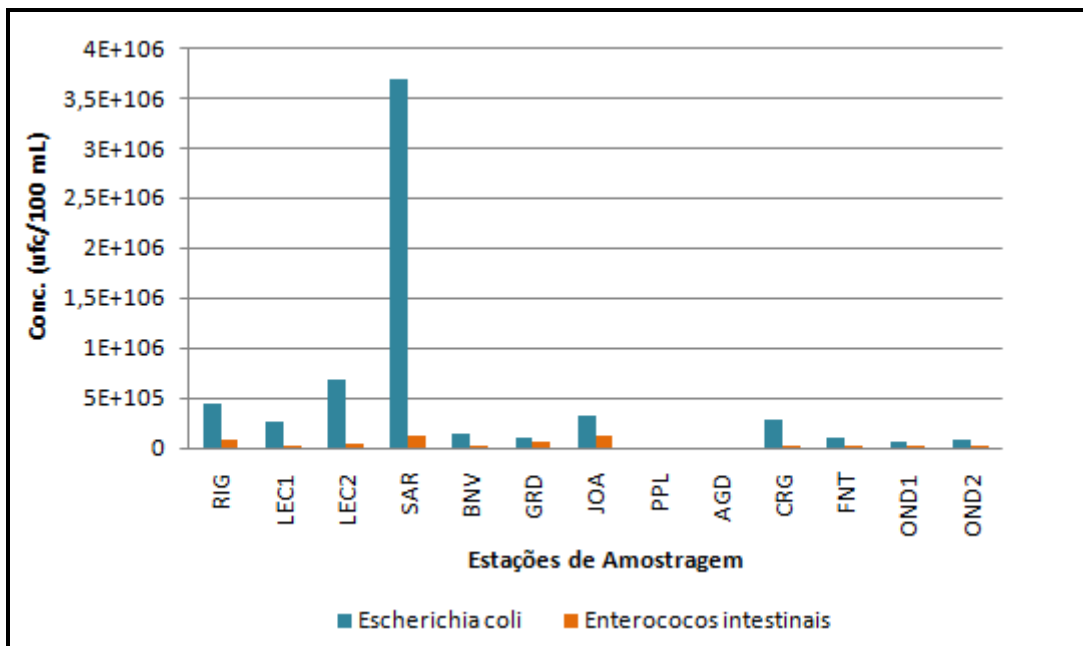


Figura 36 – Variação média da *Escherichia coli* e dos Enterococcos intestinais nas diferentes estações de amostragem.

Tendo em conta os resultados obtidos é provável encontrar contaminação microbiológica na vizinhança das ribeiras sendo portanto aconselhável uma monitorização da qualidade da água do mar em termos de *Escherichia coli* e enterococos intestinais, conforme o estabelecido no Decreto-Lei nº 135/2009.

5. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

A gestão dos recursos hídricos apresenta cada vez mais uma maior importância na sociedade moderna, sendo ainda mais notório nas zonas costeiras.

No concelho de Matosinhos, durante a época balnear a Câmara de Matosinhos – Departamento do Ambiente, efectua *by-passes* dos caudais de algumas ribeiras directamente para a ETAR de Matosinhos de modo a evitar qualquer tipo de influência sobre a qualidade das águas das praias.

A foz da ribeira de Pampelido (PPL), apenas apresentou caudal na 1ª e 2ª campanha de amostragem, pois segundo informações obtidas no local, esta ribeira terá sido canalizada e ligada a um colector.

No rio Onda foram analisados dois locais, sendo um no limite do concelho entre o município de Vila do Conde e de Matosinhos (OND2) e o outro na foz do rio (OND1). Tendo em conta as análises efectuadas pode-se concluir que a água do rio, no limite do concelho, apresenta dois tipos de poluição: inorgânica e microbiológica. Na foz, porém, apresenta características de poluição inorgânica e apresenta também nutrientes orgânicos.

No rio Leça também foram analisados dois locais para, tal como no rio Onda, se ter uma ideia da qualidade da água do rio quando chega ao concelho de Matosinhos. O local seleccionado para identificar a qualidade da água do rio Leça a montante foi junto da Ponte de Moreira (LEC2), próximo do local em que o rio Leça entra no concelho, e permanece até à foz (LEC1).

Em Ponte de Moreira, o rio Leça apresentou poluição orgânica, microbiológica e também nutrientes inorgânicos. Na foz foi detectada, adicionalmente poluição inorgânica.

A ribeira do Funtão (FNT) apresentou concentrações significativas de nutrientes inorgânicos responsáveis pelo fenómeno de eutrofização.

A ribeira do Corgo (CRG) e da Agudela (AGD) não apresentaram contaminação significativa, sendo difícil indicar o tipo de poluição presente.

A ribeira de Pampelido (PPL) apresentou alguns indícios de poluição inorgânica.

Nas ribeiras de Joane (JOA) e da Boa Nova (BNV) verificou-se a existência de poluição orgânica e microbiológica.

A ribeira do Sardoal (SAR) apresentou poluição orgânica, inorgânica e microbiológica tendo sido a estação de amostragem onde se verificaram os teores mais elevados de *Escherichia coli*.

Na ribeira da Riguinha (RIG) verificou-se, fundamentalmente, a presença de poluição inorgânica e microbiológica.

As amostragens foram efectuadas sempre no período da manhã, tendo sido, por vezes, influenciadas pela preia-mar, o que originou valores elevados para alguns parâmetros, que não correspondem à situação real da qualidade da água das respectivas ribeiras.

Relativamente ao índice de qualidade da água (*IQ*) determinado, a ribeira da Agudela (AGD) foi a que obteve o maior valor, o que significa água de melhor qualidade. A ribeira da Riguinha (RIG), o rio Leça – Ponte de Moreira (LEC2), e as ribeiras do Sardoal (SAR), de Pampelido (PPL) e do Corgo (CRG) apresentaram um índice de qualidade intermédio. As restantes ribeiras apresentaram-se como as mais contaminadas.

Foram também efectuados alguns inquéritos a indústrias e agro-pecuárias pertencentes ao conselho de Matosinhos com o objectivo de identificar possíveis fontes de poluição, mas sem grandes resultados uma vez que as pessoas não se mostraram muito receptivas em colaborar, não sendo por isso de muita confiança as informações prestadas.

A qualidade das águas balneares é um dos múltiplos aspectos que condiciona a atribuição da bandeira azul e conseqüentemente o desenvolvimento sócio-económico dos locais sendo portanto aconselhável uma monitorização da qualidade da água nos locais analisados devido à probabilidade de encontrar contaminação microbiológica na vizinhança, de acordo com o Decreto-Lei nº 135/2009.

Tendo em consideração a influência que a entrada da água do mar nas ribeiras, em período de preia-mar, pode ter na avaliação da qualidade da água, sugere-se que em trabalhos futuros a hora de amostragem seja ajustada ao regime das marés, de modo a eliminar-se essa interferência.

6. Referências

- [1] Grassi, T. Marco, “*Água do Planeta Terra*”, Caderno Temático de Química Nova na Escola, Maio de 2001.
- [2] Vieira, S. Judite, “*Transformações Biogeoquímicas na Bacia Hidrográfica do Rio Lis*”, Dissertação de Doutoramento em Ciências da Engenharia, Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.
- [3] Ordem dos Biólogos (2001), “*Problemas de qualidade da água: eutroficação e poluição*”, Maria José L. Boavida, Departamento de Zoologia e Centro de Biologia Ambiental, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa in <http://www.ordembiologos.pt/Publicacoes/Biologias/Qagua%20--%202001Jan01.pdf> acedido em 8/11/09.
- [4] Ribeiro, L. Maria e Lourencetti; Carolina, Pereira, Y. Sueli e Marchi, R. R. Mary, “*Contaminação de Águas Subterrâneas por Pesticidas: Avaliação Preliminar*”, Química Nova, Vol. 30, No. 3, 688-694, 2007.
- [5] Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto – Ministério do Ambiente.
- [6] Decreto-Lei nº 135/2009 de 3 de Junho – Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- [7] Wikipédia, *Enciclopédia Livre*, in http://pt.wikipedia.org/wiki/Matosinhos#cite_note-ine2007-0, acedido em 17/10/2009.
- [8] APA (2007), “*Atlas Digital do Ambiente*”, Agência Portuguesa do Ambiente, in <http://www2.apambiente.pt/atlas/est/index.jsp>, acedido em 20/10/2009.
- [9] Gomes, E. I. Ana, “*Avaliação da Ecotoxicidade de Águas Superficiais Aplicação à Bacia Hidrográfica do Rio Leça*”, Dissertação de Mestre, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.
- [10] Prof. Fernando Noronha, “*Geologia, Tectónica, Geomorfologia e Sismicidade da Cidade do Porto*”, Carta Geotécnica do Porto – Geologia, Sismicidade e Geomorfologia, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Maio 2005.
- [11] IHRH, “*Ribeiras de Lavra e Perafita Estudo da sua Despoluição*”, Relatório da 2ª Fase, Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, 2000.

- [12] Lima, Márcia e Santos, Davide, (sem data) “*Águas pluviais e poluição difusa em meios urbanos*”, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve.
- [13] Souza R. de Roberto (2007), “*Construção de Modelo Empírico para o Monitoramento de Recursos Hídricos do Rio do Sal/Sergipe*” Revista Brasileira de Ciências Ambientais nº8, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe.
- [14] Boaventura, A. R. Rui, “*Qualidade da Água do Rio Leça: Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos*”, Síntese dos Dados Disponíveis, Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1993.
- [15] Boaventura, A. R. Rui, “*Caracterização da Situação de Referência Recursos Hídricos Superficiais*”, Porto, 1995.
- [16] Boaventura, Rui, “*Avaliação da Poluição de Origem Doméstica e Industrial e da Qualidade das Águas Superficiais na Área Metropolitana do Porto*”, Relatório Final, AUPEEQ – Associação Universidades do Porto Empresas para Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1998.a
- [17] Boaventura, Rui, “*Avaliação da Qualidade da Água e dos Sedimentos no Rio Leça – Out 97 – Set 98*”, Relatório Final, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1998.b
- [18] Boaventura, Rui, “*Avaliação da Qualidade da Água e dos Sedimentos no Rio Leça (1998/99)* ”, Relatório Final, Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000.
- [19] Boaventura, Rui, “*Avaliação da Qualidade da Água e dos Sedimentos no Rio Leça (1999/00)*” Relatório Final, Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2001.a
- [20] Boaventura, Rui “*Avaliação da Qualidade da Água e dos Sedimentos no Rio Leça (2000/2001)* ” Relatório de Progresso, Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2001.b
- [21] SNIRH (sem data), “*Classificação dos Cursos de Água Superficiais de Acordo com as suas Características de Qualidade para Usos Múltiplos*”, Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, in http://snirh.inag.pt/snirh/dados_sintese/qual_ag_anual/classificacao.html , acedido em 29/12/2009.

- [22] Rodrigues, M. R. Hugo e Pinho, L. S. José, “Caracterização das Principais Afluências de Águas Interiores à Zona Costeira do Concelho de Matosinhos”, Encontro Nacional de Engenharia e Gestão Municipal (ENEGM), Centro de Energia e Tecnologia, Porto, 2005.
- [23] Rodrigues, M. R. Hugo e Pinho, L. S. José, “Caracterização das Principais Afluências de Águas Interiores à Zona Costeira do Concelho de Matosinhos”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2006.
- [24] IST (sem data), Instituto Superior Técnico, in http://maretec.mohid.com/Estuarios/MenuEstuarios/Descri%C3%A7%C3%A3o/descricao_Leca.htm, acedido em 4/11/2009.
- [25] Ministério do Ambiente e Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Norte, “*Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Leça*”, 1ª Fase – Volume I – Síntese, Revisto em 15/01/2000.
- [26] CETESB (1996–2010), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, in <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#oleo>, acedido em 28/12/2009.
- [27] Clescer, S. Lenore; Greenberg, E. Arnold e Eaton, D. Andrew (1998), “Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater”, American Public Health Association, Washington, 20th Edition.
- [28] Rodier, J (1971), *L'Analyse Chimique et phisico-quimique De L'eau – Eaux Naturelles – Eaux Résiduares*, Dunod Paris – Quatrième Édition.

Anexo I

(Modelo de Inquérito)

Inquérito

Nome da Empresa:

Rua/ Avenida/ Lugar:

Contacto Telefónico:

E-mail:

CAE:

Licença Ambiental:

Sim: Não:

Licenciado por:

Licença de Descarga:

Sim: Não:

Número de trabalhadores na empresa:

Horas/dia:

Dias/semana:

Mesas/ano:

Que actividade praticam na vossa empresa?

Possuem águas residuais resultantes da actividade industrial?

Sim: Não:

Efectuam tratamento das mesmas? De que tipo?

Para onde rejeitam os efluentes com ou sem tratamento?

Observações:

Anexo II

(Métodos utilizados para a caracterização físico-química)

Caracterização físico-química

Os métodos analíticos e principais equipamentos utilizados para a caracterização físico-química das amostras de água são apresentados no Anexo A.

Parâmetros determinados no Local

A temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD) e potencial de oxidação redução (ORP) foram medidos no local com um equipamento portátil HANNA HI9828.

Parâmetros determinados no Laboratório

1. Cor

A cor determinada foi a cor verdadeira segundo a NP 627 (1972). As amostras são filtradas sob vácuo através de uma membrana de nitrato de celulose (Albeit) com diâmetro do poro de 0,45 μm sendo de seguida medida a absorvância num espectrofotómetro a um comprimento de onda de 400 nm (Pye Unicam PU 8600 UV/Visível - Philips). Os resultados são expressos em unidades de cor, escala Platina-Cobalto.

2. Carbono Orgânico Total (COT)

O teor de carbono orgânico total foi determinado com um analisador de CT/COT Shimadzu 5000A. As amostras foram previamente filtradas sob vácuo por membranas de filtro de vidro (GF/C). Os resultados são expressos em mg C/L.

3. Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO5)

A determinação da CBO₅ foi realizada segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método das diluições (5540 C). O oxigénio dissolvido foi medido através de um medidor de oxigénio dissolvido (Oxi 730 – WTW) antes e depois da incubação de 5 dias na estufa (Mammert) à temperatura 20 °C \pm 1 °C. Os resultados são expressos em mg O₂/L.

4. Carência Química de Oxigénio (CQO)

A CQO foi determinada segundo o método de refluxo aberto (5220-B) do Manual *Standard Methods* (SM) As amostras inicialmente são digeridas e depois são tituladas com sulfato de ferro II e amónio. Os resultados são expressos em mg O₂/L.

5. Compostos Fenólicos

A determinação do índice de fenóis nas amostras foi realizada segundo a norma AFNOR T90-109 de 1976. Inicialmente as amostras sofrem uma destilação sendo posteriormente desenvolvida a cor e determinado o índice de fenol segundo o Método A (Índices de fenol superiores a 0,025 mg/L e inferiores a 0,5 mg/L). A leitura da absorvância foi efectuada num espectrofotómetro a 460 nm (Pye Unicam PU 8600 UV/Visível – Philips) sendo os resultados expressos em µg/L.

6. Detergentes Aniónicos

Os detergentes aniónicos foram determinados de acordo com o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método das substâncias activas ao azul metileno (5540 C). As amostras inicialmente sofrem uma reacção com o azul metileno seguindo-se posteriormente uma extracção com clorofórmio. Filtrou-se a fase orgânica através de um papel de separação de fases sendo a absorvância medida num espectrofotómetro a 652 nm (Pye Unicam PU 8600 UV/Visível – Philips).

7. Óleos Minerais

A determinação dos óleos minerais foi realizada pelo método dos hidrocarbonetos (5520 F) do Manual *Standard Methods* (SM). Realizou-se uma extracção com tetracloreto de carbono. A fase contendo os óleos minerais foi filtrada através de um papel de filtro contendo sulfato de sódio e no final adicionada sílica gel sendo depois analisada por FTIR (Bomem Arid-Zone™). Os resultados são expressos em mg/L.

8. Óleos e Gorduras

Os óleos e gorduras foram determinados segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método partição de infravermelhos (5520 C). Este método é semelhante ao anterior com a diferença que para a determinação dos óleos e gorduras não se adiciona sílica gel no final do processo. A fase orgânica é analisada por FTIR (Bomem Arid-Zone™) e os resultados são expressos em mg/L.

9. Azoto amoniacal

O azoto amoniacal foi determinado de acordo com o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método do eléctrodo selectivo da amónia (4500-NH₃ D). Os resultados são expressos em mg N/L.

10. Azoto Total Kjeldahl

O teor azoto total Kjeldahl foi calculado a partir das concentrações de azoto total, nitritos e nitratos.

Para determinar o azoto total as amostras sofreram uma digestão com persulfato de potássio ($K_2S_2O_8$) a 110°C, segundo o método de persulfato (4500-N C) do Manual *Standard Methods* (SM), sendo posteriormente desenvolvida a cor com uma solução brucina em meio ácido, de acordo com o método de determinação de iões de nitrato na água (D 992-71) pelo *Annual Book of ASTM Standards*. Os resultados são expressos em mg N/L.

Os nitritos e nitratos são determinados juntamente com os fosfatos por cromatografia iónica (DIONEX DX-120). Os resultados são expressos em mg N/L.

11. Fósforo Total

A determinação do fósforo total foi realizada segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método do ácido ascórbico (4500-P E), sendo as amostras previamente tratadas com ácido ascórbico e posteriormente desenvolvida a cor com um reagente combinado. A absorvância foi lida a 880 nm (Pye Unicam PU 8600 UV/Visível – Philips) e os resultados são expressos em mg P/L.

12. Fosfatos

Os fosfatos foram determinados segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método de cromatografia iónica (4110 B). As amostras são filtradas sob vácuo por membranas de nitrato de celulose com diâmetro do poro de 0,45 µm e posteriormente guardadas no frigorífico à temperatura de 4 °C até à injeção no cromatografo iónico (DIONEX DX-120). Os resultados são expressos em mg P/L.

13. Sulfatos

Os sulfatos foram determinados segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método de cromatografia iónica (4110 B). As amostras são filtradas sob vácuo por membranas de nitrato de celulose com diâmetro do poro de 0,45 µm e posteriormente guardadas no frigorífico à temperatura de 4 °C até à injeção no cromatografo iónico (DIONEX DX-120). Os resultados são expressos em mg SO_4^{2-} /L.

14. Cloretos

Os cloretos foram determinados segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método de cromatografia iónica (4110 B). As amostras são filtradas sob vácuo por membranas de nitrato de celulose com diâmetro do poro de 0,45 µm e posteriormente

guardadas no frigorífico à temperatura de 4 °C até à injeção no cromatografo iónico (DIONEX DX-120). Os resultados são expressos em mg Cl⁻/L.

15. Nitratos

Os nitratos foram determinados segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método de cromatografia iónica (4110 B). As amostras são filtradas sob vácuo por membranas de nitrato de celulose com diâmetro do poro de 0,45 µm e posteriormente guardadas no frigorífico à temperatura de 4 °C até à injeção no cromatografo iónico (DIONEX DX-120). Os resultados são expressos em mg NO₃/L.

16. Cianetos

A determinação dos cianetos foi realizada segundo dois métodos do Manual *Standard Methods* (SM): método do eléctrodo selectivo de cianeto (4500-CN⁻ F) ou método colorimétrico. O segundo método é realizado através de um kit – método fotométrico. Os resultados são expressos em mg CN⁻/L.

17. Crómio Hexavalente

A determinação do crómio hexavalente foi realizada segundo o método da difenilcarbazida do Manual *L'Analyse Chimique et Physico-quimique de L'Eau*. A absorvância das amostras foi lida a um comprimento de onda de 540 nm (Pye Unicam PU 8600 UV/Visível - Philips) após adição do ácido difenilcarbazida e do desenvolvimento da cor. Os resultados são expressos em mg/L.

18. Metais

Os metais determinados foram: arsénio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), crómio (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), zinco (Zn) e mercúrio (Hg).

As amostras foram previamente filtradas através de uma membrana de nitrato de celulose com um diâmetro de poro de 0,45 µm e acidificadas com ácido nítrico concentrado (HNO₃) sendo depois armazenadas no frigorífico a uma temperatura de 4°C até ao momento de se efectuar as análises. A determinação dos metais foi efectuada por espectrometria de absorção atómica (*Atomic Absortion Spectrometer* – GBC 932 plus e GBC HG 3000). Para o Pb, Cu, Ni, Zn utilizou-se a chama de acetileno, para o Cr utilizou-se a chama protóxido/acetileno, para o As utilizou-se o gerador de hidretos, para o Hg utilizou-se a câmara de vapor frio e para o Cd a atomização electrotérmica (câmara de grafite). Os resultados são expressos em µg/L para As, Hg e Cd e para os restantes metais em mg/L.

19. Coliformes Totais

Os coliformes totais foram determinados segundo o método de filtração por membrana filtrante e incubação em meio selectivo (SM 9225 C) de acordo com o Manual *Standard Methods* (SM). As amostras foram diluídas em tubos esterilizados contendo uma solução de diluição, soro fisiológico e posteriormente filtradas através de membranas de nitrato de celulose (Albeit) com diâmetro do poro de 0,45 µm. As membranas foram colocadas num meio m-Endo LES e incubadas a 35 °C durante 24h. De seguida foram contadas as colónias formadas que são caracterizadas por um brilho metálico. Para confirmar este resultado repicou-se colónias do meio anterior para tubos de ensaio contendo LTB (Lauryl Tryptose Broth) e BGB (Brilliant Green Bile) e foram incubados ambos a 35 °C durante 48h. Após a incubação a produção de gás confirma a presença de bactérias coliformes nas amostras.

20. Coliformes Fecais

A determinação dos coliformes fecais foi efectuada segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método de filtração por membrana filtrante e incubação em meio selectivo (SM 9225 C). As amostras foram diluídas em tubos esterilizados contendo uma solução de diluição, soro fisiológico e posteriormente filtradas através de membranas de nitrato de celulose (Albeit) com diâmetro do poro de 0,45 µm. As membranas foram colocadas no meio m-FC e incubadas a 44,5 °C durante 24h. Após a incubação contou-se o número de colónias formadas com a cor azul que identifica as bactérias coliformes fecais. De modo a confirmar a presença destas bactérias nas amostras repicou-se as colónias formadas para tubos ensaio contendo o meio EC e voltou-se a incubar a 44,5 °C durante 48h. A presença de gás e turvação confirmam a presença de coliformes fecais.

21. Estreptococos Fecais

Os estreptococos fecais foram analisados segundo o Manual *Standard Methods* (SM) pelo método de filtração por membrana filtrante e incubação em meio selectivo (SM 9230 C). As amostras foram diluídas em tubos esterilizados contendo uma solução de diluição, soro fisiológico e posteriormente filtradas através de membranas de nitrato de celulose (Albeit) com diâmetro do poro de 0,45 µm. As membranas foram colocadas num meio m-*Enterococcus* e incubadas a 35 °C durante 48h sendo posteriormente contadas as colónias com cor rosa-castanho avermelhado escuro indicadoras destas bactérias. Para confirmar os resultados obtidos efectuou-se dois testes de confirmação. No primeiro repicou-se colónias anteriores para placas

contendo BEA (Bile Esculin Agar) e incubou-se a 35 °C durante 24h e no segundo efectuou-se o teste da catalase com peróxido de hidrogénio. O desenvolvimento de uma pigmentação preta e a não produção de gás respectivamente nos testes efectuados confirma a presença de estreptococos fecais nas amostras.

22. *Escherichia coli*

A determinação da *Escherichia coli* foi realizada segundo o método de filtração por membrana filtrante (ISO 9308-1). Foram realizados cinco testes para confirmação da presença da *Escherichia coli* sendo que no primeiro teste filtrou-se um volume de amostra adequado através de uma membrana de nitrato de celulose (Albeit) com um diâmetro de poro de 0,45 µm e 47 mm de diâmetro. As membranas foram colocadas no meio Lauryl Sulfate Broth e incubadas durante 4h a 30 °C e 14h a 44 °C. O aparecimento de colónias amarelas indica a presença de *Escherichia coli*. No segundo teste repicou-se uma colónia do meio anteriormente preparado para um tubo de ensaio com meio Fluorocult dev Lactose Peptone Broth e incubou-se durante 24h a 35 °C. A presença da *Escherichia coli* é indicada pela mudança de cor do meio de roxo para amarelo. Por vezes é necessário um período de incubação maior de 48h. O terceiro teste consiste em verificar se ocorreu formação de gás no interior do tubo de fermentação anterior pois a presença de gás é um indicador positivo da presença da bactéria *Escherichia coli*. O quarto teste é verificar a fluorescência do tubo anterior colocando-o na câmara de UV a 366 nm durante 24h. Quando a fluorescência não se verifica prolonga-se a incubação a 48h e o quinto teste consiste no teste do índole isto é adiciona-se uma gota de reagente de Kovacs ao tubo de ensaio anterior e verificar o aparecimento da cor vermelha ao fim de 1 a 2 segundos. Esta alteração indica a presença de *Escherichia coli*.

23. Enterococos Intestinais

O teor de enterococos intestinais foi determinado segundo o método de filtração por membrana filtrante (ISO 7899-2). Filtrou-se volumes adequados de amostra através de uma membrana de nitrato de celulose (Albeit) com um diâmetro de poro de 0,45 µm e 47 mm de diâmetro. As membranas foram colocadas no meio Slanetz and Bartly e incubadas a 36 °C e 44h. A presença de colónias vermelhas, castanhas ou rosas indicam a presença de enterococos intestinais. Para confirmar os resultados transferiu-se a membrana para um meio Bileaesculin-azid-agar previamente aquecido a 44 °C e incubou-se a 44 °C durante 2h. O aparecimento de colónias pretas confirma a presença de enterococos intestinais

Anexo III

(Tabelas globais para cada campanha)

Tabela 10 – Resultados das análises da primeira campanha.

Parâmetro/Estação	RIG	LEC 1	LEC 2	SAR	BNV	GRD	JOA	PPL	AGD	CRG	FNT	OND 1	OND 2	CRO
Temperatura °C	13,19	10,30	10,46	13,23	13,03	12,37	10,91	10,31	9,25	10,16	10,02	10,00	10,17	13,09
pH	7,54	7,38	7,57	7,64	7,22	8,98	7,75	7,66	7,32	7,68	7,22	7,38	7,17	7,63
Condutividade (µS/cm)	500	2536	213	845	572	605	432	18240	980	527	470	845	254	773
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	8,44	9,72	8,85	8,75	8,2	9,12	10,6	9,5	7,1	10	8,58	7,39	8,09	8,19
Potencial redox (mV)	6,03	112,2	115,8	13,1	-34,9	120,8	180,6	134	142,1	156,3	171,4	177,8	166,8	4,5
Cor (unidades Pt-Co)	20	14	25	12	65	28	33	29	60	55	49	35	33	17
Carbono orgânico total (mg C/L)	9,97	5,7	6,96	16,43	27,04	9,99	10,61	9,5	15,84	12,17	12,02	8,89	7,19	5,03
Compostos fenólicos (□g/L)	< 25	< 25	< 25	< 25	29,04	29,3	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
Detergentes aniônicos (mg LAS/L)	1,13	0,95	0,35	2,43	2,35	0,63	1,57	0,16	0,69	0,98	0,52	0,13	0,38	0,15
Óleos minerais (mg/L)	1,03	2,08	0,74	0,95	2,51	0,10	0,68	0,22	0,55	0,03	0,43	1,12	0,42	2,17
Azoto amoniacal (mg N/L)	1,30	2,4	2,1	0,4	3,7	1,1	1,6	0,1	1,5	0,3	3,0	0,8	0,5	0,5
Azoto total Kjeldahl (mg N/L)	4,00	110,3	6,2	24,1	18,5	7,1	7,6	85,8	24,3	10,9	15,1	14,6	11,5	10,9
Fosfatos (mg P/L)	0,08	0,25	0,21	0,04	0,72	0,2	0,26	< 0,03	0,53	0,08	0,35	0,22	0,18	0,17
Arsénio (µg/ L)	0,82	0,72	0,55	0,78	4,76	1,06	1,23	1,23	0,76	< 0,31	0,77	0,89	0,33	< 0,31
Cádmio (µg/ L)	<0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Chumbo (mg/L)	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Crômio (mg/ L)	<0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cobre (mg/L)	<0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09
Níquel (mg/L)	<0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Zinco (mg/L)	0,10	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06
Crômio hexavalente (mg/L)	<0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Mercúrio (µg/ L)	<0,68	< 0,68	< 0,68	< 0,68	< 0,68	< 0,68	< 0,68	1,21	< 0,68	< 0,68	< 0,68	< 0,68	< 0,68	< 0,68
Coliformes totais (ufc/100 mL)	46,5x10 ⁴	21,5x10 ⁵	8,5x10 ⁵	15x10 ⁵	21,5x10 ⁵	31x10 ⁴	12x10 ⁵	37,5x10 ³	34x10 ⁴	31,5x10 ⁴	40,5x10 ⁴	80x10 ⁴	51x10 ⁴	-
Coliformes fecais (ufc/100 mL)	0	18,5x10 ⁴	33,5x10 ⁴	3,5x10 ⁵	19x10 ⁴	42x10 ³	64x10 ⁴	3,5x10 ³	0	0	51,5x10 ³	9,5x10 ⁴	28,5x10 ⁴	-
Estreptococos fecais (ufc/100 mL)	51x10 ³	74,5x10 ³	46,5x10 ³	16x10 ⁴	35,5x10 ³	79,5x10 ²	39,5x10 ³	6x10 ³	43,5x10 ³	17,5x10 ³	65x10 ³	42x10 ³	33x10 ³	-

Tabela 11 – Resultados das análises da segunda campanha.

Parâmetro/Estação	RIG	LEC 1	LEC 2	SAR	BNV	GRD	JOA	PPL	AGD	CRG	FNT	OND 1	OND 2	CRO	CRIG
Temperatura °C	19,02	15,39	14,84	15,16	16,4	15,34	16,31	13,63	16,17	15,08	14,09	13,66	13,47	15,05	19,51
pH	7,28	7,44	7,16	7,51	7,1	7,65	9,28	7,66	8,5	7,63	7,26	7,67	7,33	7,44	7,41
Condutividade (µS/cm)	643	425	369	567	876	891	647	1009	1092	901	624	720	511	650	832
Oxigénio dissolvido (mg O2/L)	8,6	10,88	10,1	10,39	9,58	11,2	12,26	11,41	12,32	10,25	10,58	10,8	10,97	10,96	5,62
Potencial redox (mV)	127,2	124,1	80,6	35,2	-10,7	11,9	85,1	113,3	100,6	106	110,1	111,1	119,6	67	113
Cor (Pt-Co)	12	9	7	16	16	3	11	11	12	3	7	110	2	10	120
Carbono orgânico total (mg C/L)	10,28	6,53	6,39	13,19	15,14	6,98	8,99	8,21	11,85	7,81	7,39	4,91	3,79	4,28	38,84
Compostos fenólicos (□g/L)	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Detergentes aniónicos (mg LAS/L)	0,82	0,2	0,25	2,91	0,1	0,37	0,12	<0,10	0,15	0,14	0,19	0,16	0,14	0,15	0,36
Óleos minerais (mg/L)	0,84	0,43	0,64	0,84	2,96	0,49	0,66	0,35	0,40	0,52	0,48	1,23	0,38	0,82	19,77
Azoto amoniacal (mg N/L)	4,28	1,84	4,46	0,41	4,83	6,67	10,39	1	0,73	0,89	1,09	1,13	0,57	0,76	7,84
Azoto total Kjeldahl (mg N/L)	24,44	11,17	4,64	3,27	5,04	13,20	15,55	14,48	20,86	1,89	6,93	4,09	8,24	3,90	10,83
Fosfatos (mg P/L)	0,15	0,58	0,48	0,13	<0,03	<0,03	0,26	0,1	0,41	0,19	0,32	0,16	0,19	0,19	1,47
Arsénio (µg/ L)	<0,31	0,31	0,36	<0,31	0,54	<0,31	0,33	0,33	<0,31	<0,31	0,32	<0,31	<0,31	<0,31	0,67
Cádmio (µg/ L)	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Chumbo (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Crómio (mg/ L)	0,008	0,012	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,007	<0,003	0,005	<0,003	<0,003
Cobre (mg/L)	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Níquel (mg/L)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,053
Zinco (mg/L)	0,37	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Crómio hexavalente (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mercúrio (µg/ L)	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68
Coliformes totais (ufc/100 mL)	7,05×105	2,1×105	2,65×104	1,95×106	7×105	1,2×104	3,45×105	9×104	2,0×105	5,5×105	6,5×105	1,9×105	2,0×105	-	-
Coliformes fecais (ufc/100 mL)	3,0×105	2,7×104	6,25×104	1,15×106	7,5×104	4,25×104	5,6×104	5×104	4,5×104	0	3,6×105	8,5×104	1,05×105	-	-
Estreptococos fecais (ufc/100 mL)	6,1×104	1,2×104	2,15×104	2,45×104	3×103	6,5×103	1,75×104	2,5×103	9×103	3×103	1,6×104	5,5×103	5,5×103	-	-

Tabela 12 – Resultados das análises da terceira campanha.

Parâmetro/Estação	RIG	LEC 1	LEC 2	SAR	BNV	GRD	JOA	CRG	FNT	OND 1	OND 2	CRO	CRIG
Temperatura °C	18,83	16,91	16,18	17,26	17,11	17,36	17,85	16,85	14,37	14,39	14,78	17,02	17,97
pH	6,93	7,34	7,13	7,38	7,13	7,68	8,47	7,4	7,22	7,49	7,3	7,57	6,99
Condutividade (µS/cm)	661	542	565	645	896	876	636	615	642	684	605	78	780
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	7,14	9,26	7,39	7,95	8,35	10,09	11,18	7,7	8,7	9,59	8,89	10,3	4,78
Potencial redox (mV)	63,7	114,8	85,6	24,2	-50,7	91,5	124,3	132,1	110,4	124,4	116,7	34,6	60
Cor (unidades Pt-Co)	11	20	25	14	44	5	23	7	20	16	11	2	17
Carbono orgânico total (mg C/L)	6,9	7,49	9,59	10,03	12,68	5,69	8,99	5,69	8,77	4,37	4,82	2,87	12,62
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	5	15	11	9	6	6	6	4	5	4	4	3	17
Detergentes aniônicos (mg LAS/L)	0,76	0,33	1,13	1,77	0,76	0,68	2,35	1,34	0,82	0,49	0,16	0,34	2,49
Óleos e gorduras (mg/L)	0,71	0,26	1,23	0,95	0	2,76	0	0	0,43	0	0	0	2,29
Azoto amoniacal (mg N/L)	1,6	10,66	11,09	1,36	10,66	0,26	3,31	4,05	10,66	0,95	1,07	0,91	6,57
Azoto total Kjeldahl (mg N/L)	5,51	12,1	14,02	2,25	16,23	5,08	22,96	15,54	17,16	17,69	15,99	17,51	38,32
Fosfatos (mg P/L)	0,07	0,6	0,98	0,19	0,04	<0,03	0,2	0,32	0,77	0,23	0,18	0,16	0,73
Cianetos (mg CN ⁻ /L)	0,03	0,02	0,04	0,01	0,09	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	92,76	49,74	58,68	58,07	132,29	114,95	72,62	67,62	82,32	92,62	67,87	150,32	115,82
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	58,45	32,77	33,34	62,39	40,13	84,91	52,41	58,18	47,39	30,95	28,29	61,24	82,53
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	10,33	5,17	3,88	4,69	2,72	14,8	8,92	4,08	8,72	8,85	9,79	5,46	5,56
Zinco (mg/L)	0,39	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Mercúrio (µg/L)	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68
Escherichia coli (ufc/100mL)	2,70×10 ⁵	2,60×10 ⁴	3,15×10 ⁵	6,84×10 ⁵	5,75×10 ⁵	1,00×10 ⁴	2,25×10 ⁵	2,75×10 ⁵	2,65×10 ⁵	4,70×10 ⁴	3,95×10 ⁴	-	-
Enterococos intestinais (ufc/100mL)	3,00×10 ⁴	8,50×10 ³	4,15×10 ⁴	5,70×10 ⁴	4,45×10 ⁴	1,00×10 ³	3,20×10 ⁴	2,70×10 ⁴	4,70×10 ⁴	2,50×10 ³	1,10×10 ⁴	-	-

Tabela 13 – Resultados das análises da quarta campanha.

Parâmetro/Estação	RIG	LEC 1	LEC 2	SAR	BNV	GRD	OND 1	OND 2	CRO	CBNV
Temperatura °C	18,93	20,48	20,7	19,93	18,25	20,22	18,42	17,51	19,79	19,53
pH	7,58	7,76	7,62	7,59	7,35	7,65	7,36	7,19	7,74	8,31
Condutividade (µS/cm)	565	1022	761	847	763	1069	2872	2180	824	622
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	7,77	5,72	3,47	4,37	7,35	7,39	3,96	3,55	6,63	8,42
Potencial redox (mV)	88,2	4,70	31	-18	-19	44,9	100,9	59,3	62,8	51,5
Cor (unidades Pt-Co)	38	38	42	16	31	9	23	20	7	47
Carbono orgânico total (mg C/L)	15,27	12,07	15,19	10,37	11,88	6,85	8,54	8,15	3,36	18,48
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	19	7	49	6	3	1	2	1	1	1
Detergentes aniônicos (mg LAS/L)	1,18	0,70	0,67	0,84	0,30	0,27	0,58	0,35	0,22	0,36
Óleos e gorduras (mg/L)	9,49	20,02	2,10	1,68	0,73	0,61	0,72	0,51	0,52	0,71
Azoto amoniacal (mg N/L)	1,88	22,01	30,38	2,6	2,13	0,31	2,04	6,31	0,91	0,27
Azoto total Kjeldahl (mg N/L)	14,52	52,38	35,2	18,98	32,45	36,45	160,21	134,22	35,86	13,30
Fosfatos (mg P/L)	<0,03	1,48	1,42	0,13	<0,03	0,03	0,2	0,39	<0,03	0,04
Cianetos (mg CN/ L)	0,05	0,04	0,1	0,04	0,05	0,07	0,05	0,06	03	0,02
Cloretos (mg Cl/L)	53,21	144,54	60,78	102,56	114,76	182,11	627,64	546	141,86	93,1
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	56,69	50,27	42,98	84,47	37,59	92,15	104,01	35,4	57,12	51,99
Nitratos (mg NO ₃ /L)	8,13	3,12	1,98	4,74	3,89	12,64	32,22	11,02	4,15	1,98
Zinco (mg/L)	0,116	<0,06	0,1	<0,06	0,07	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Mercúrio (µg/ L)	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	1,47	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68
Escherichia coli (ufc/100mL)	3,50×10 ⁵	2,40×10 ⁴	2,85×10 ⁵	2,15×10 ⁶	1,70×10 ⁴	0	1,40×10 ⁵	1,80×10 ⁴	-	-
Enterococos intestinais (ufc/100mL)	2,95×10 ⁵	3,00×10 ³	5,80×10 ⁴	4,10×10 ⁵	1,00×10 ³	1,00×10 ³	1,25×10 ⁵	7,50×10 ³	-	-

Tabela 14 – Resultados das análises da quinta campanha.

Parâmetro/Estação	RIG	LEC 1	LEC 2	SAR	BNV	GRD	OND 1	OND 2	CRO	CRIG
Temperatura °C	19,36	19,97	20,89	20,05	18,43	20,06	16,32	17,02	20,12	19,08
pH	7,6	7,68	7,79	7,85	7,53	7,67	7,23	7,3	7,14	8,18
Condutividade (µS/cm)	583	3235	1090	1129	854	864	2906	1424	6531	2082
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	8,85	5,38	<0,2	5,73	7,85	9,26	6,1	2,55	65,84	10,19
Potencial redox (mV)	-7	-41,1	-185,7	-127,8	-74,2	-21,4	53,5	-47,9	44,9	-16,4
Cor (unidades Pt-Co)	6	48	63	14	30	10	19	12	9	2
Carbono orgânico total (mg C/L)	6	16	25	13	12	9	11	12	5	5
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	7	8	28	13	9	13	6	7	4	3
Detergentes aniônicos (mg LAS/L)	0,9	0,79	0,99	2,85	0,36	0,21	0,94	0,45	0,67	0,51
Óleos e gorduras (mg/L)	0,62	0,97	0,55	0,72	0,9	1,02	0,81	0,55	0,44	1,03
Azoto amoniacal (mg N/L)	0,04	0,05	0,08	0,02	0,07	0,04	0,03	0,05	0,02	0,04
Azoto total Kjeldahl (mg N/L)	0,31	29,52	34,53	1,91	1,24	8,44	3,17	5,49	2,61	0,25
Fosfatos (mg P/L)	30,8	195,35	89,55	81,37	88,77	49,64	168,61	72,46	188,52	146,26
Cianetos (mg CN/ L)	0,14	3,62	3,52	0,22	<0,03	0,4	1,02	0,97	0,36	1,23
Cloretos (mg Cl/L)	57,82	124,66	48,23	79,83	32,27	78,09	97,08	42,99	27,13	151,96
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	58,66	675,49	60,32	185,24	132,27	96,61	557,37	282,72	591,56	413,35
Nitratos (mg NO ₃ /L)	11,4	1,36	0,28	1,56	4,22	18,73	2,51	4,17	2,26	3,21
Zinco (mg/L)	<0,06	<0,06	0,07	<0,06	0,09	<0,06	<0,06	0,06	<0,06	<0,06
Mercúrio (µg/ L)	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68
Escherichia coli (ufc/100mL)	1,40x10 ⁵	1,90x10 ⁵	1,15x10 ⁶	1,65x10 ⁶	1,60x10 ⁴	2,05x10 ⁵	3,25x10 ⁴	1,30x10 ⁴	-	-
Enterococos intestinais (ufc/100mL)	1,45x10 ⁴	5,00x10 ³	3,85x10 ⁴	6,50x10 ⁴	2,00x10 ³	3,05x10 ⁵	1,50x10 ³	1,50x10 ³	-	-

Tabela 5 - Resultados das análises da sexta campanha.

Parâmetro/Estação	RIG	LEC 1	LEC 2	SAR	BNV	GRD	JOA	FNT	OND 1	OND 2	CRO	CRIG
Temperatura °C	19,49	18	20,13	20,48	19,53	21,14	17,24	15,49	16,28	16,39	21,27	19,46
pH	7,66	7,55	7,51	7,57	7,27	7,64	7,78	7,49	7,6	7,67	7,65	7,8
Condutividade (µS/cm)	931	17740	1317	849	1077	843	1170	1212	1831	1313	420	1724
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	7,98	3,18	2,14	3,81	5,28	7,97	7,8	2,23	5,13	1,52	7,49	6,58
Potencial redox (mV)	-46,5	-10,7	-78,5	-260	0	673	96,5	36,9	-	44,5	72	-118,5
Cor (unidades Pt-Co)	7	65	55	70	34	10	43	44	28	20	3	14
Carbono orgânico total (mg C/L)	8,11	21,62	20,2	44,53	13,95	6,36	21,73	15,85	10,15	11,19	4,78	11,95
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	19	16	26	39	10	8	12	6	5	9	0	0
Detergentes aniônicos (mg LAS/L)	0,48	6,52	0,94	5,11	0,55	0,13	0,68	1,31	0,66	0,91	0,24	2,05
Óleos e gorduras (mg/L)	0,64	0,61	0,43	19,15	0,96	0,36	0,48	1,87	0,29	0,33	0,27	1,44
Azoto amoniacal (mg N/L)	1,33	31,86	29,33	1,28	4,99	1,23	13,97	21,09	2,28	3,44	0,52	1,28
Azoto total Kjeldahl (mg N/L)	66,11	561,65	37,63	38,93	14,44	9,14	68,21	57,5	89,93	37,21	6,69	72,84
Fosfatos (mg P/L)	0,49	3,4	2,93	0,32	<0,03	0,23	1,7	2,83	1,6	1,54	0,07	0,17
Cianetos (mg CN ⁻ /L)	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	56,59	2468,15	79,92	74,27	119,52	67,87	107,49	101,54	242,75	135,08	23,36	241,24
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	54,95	397,99	54,44	60,09	29,13	66,69	49,64	29,21	44,38	34,75	11,91	128,49
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	9,59	1,38	0,82	0,56	0,90	12,21	0,59	0,30	1,74	0,94	1,27	2,78
Zinco (mg/L)	<0,06	<0,06	<0,06	0,11	<0,06	<0,06	<0,06	0,091	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Mercúrio (µg/L)	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68
Escherichia coli (ufc/100mL)	4,55x10 ⁵	7,50x10 ⁵	1,50x10 ⁶	1,40x10 ⁷	8,00x10 ⁴	2,85x10 ⁵	1,55x10 ⁵	2,30x10 ⁴	3,00x10 ⁴	3,10x10 ⁴	-	-
Enterococos intestinais (ufc/100mL)	4,55x10 ⁴	1,95x10 ⁴	3,70x10 ⁴	1,60x10 ⁴	1,00x10 ³	1,85x10 ⁴	2,50x10 ³	1,00x10 ³	2,50x10 ³	5,00x10 ²	-	-

Tabela 15 – Resultados das análises da sétima campanha.

Parâmetro/Estação	RIG	LEC 1	LEC 2	SAR	BNV	GRD	JOA	FNT	OND 1	OND 2	CRO	CRIG
Temperatura °C	18,31	15,23	15,38	19,19	18,26	18,91	15,07	14,37	14,51	10,39	18,37	19,19
pH	7,75	7,63	8,01	7,59	7,43	7,86	8,52	7,52	7,39	7,26	7,48	7,9
Condutividade (µS/cm)	730	660	598	752	801	714	653	381	1590	538	596	1625
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	8,71	8,39	7,33	8	8,47	9,85	12,92	7,1	7,67	7,57	10,08	5,45
Potencial redox (mV)	-15	-16,3	-50	-16,9	-39,8	-1,5	4	-3,8	-380	20,8	-23	-25,2
Cor (unidades Pt-Co)	11	17	29	6	11	2	19	20	5	10	1	9
Carbono orgânico total (mg C/L)	10,18	9,01	10,06	7,95	10,73	4,42	10,82	11,26	5,56	6,01	2,50	9,47
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	16	9	14	7	4	5	8	5	4	3	2	9
Detergentes aniônicos (mg LAS/L)	2,65	0,3	0,21	1,71	0,65	0,02	2,31	0,78	0,43	0,48	0,67	1,37
Óleos e gorduras (mg/L)	0,56	0,41	0,37	0,25	0,44	0,11	0,33	0,44	0,42	0,09	0,14	0,30
Azoto amoniacal (mg N/L)	5,53	10,12	14,55	0,6	4,17	0,21	4,01	11,89	0,65	0,68	0,27	0,83
Azoto total Kjeldahl (mg N/L)	13,20	24,37	24,73	12,82	5,88	12,08	13,77	15,23	77,41	8,17	6,25	59,75
Fosfatos (mg P/L)	0,2	0,56	0,92	0,07	0,02	0,03	0,28	0,38	0,12	0,1	0,05	0,02
Cianetos (mg CN ⁻ /L)	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	73,05	148,02	97,21	112,91	105,76	79,08	71,82	86,21	294,28	119,24	66,62	270,24
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	61,06	39,84	37,76	77,19	44,22	76,80	51,85	49,09	64,54	31,24	45,54	44,76
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	7,18	2,99	2,87	4,18	4,72	12,02	6,80	3,56	7,37	7,88	2,52	4,22
Zinco (mg/L)	0,42	0,09	0,07	<0,06	0,06	0,07	<0,06	0,09	0,07	<0,06	<0,06	0,09
Mercúrio (µg/L)	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	3,42	3,85	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68	<0,68
Escherichia coli (ufc/100mL)	9,50x10 ⁵	2,85x10 ⁴	1,10x10 ⁵	0	1,60x10 ⁴	4,50x10 ⁴	6,00x10 ⁵	2,50x10 ³	7,00x10 ⁴	2,10x10 ⁵	-	-
Enterococos intestinais (ufc/100mL)	3,95x10 ⁴	5,80x10 ⁴	3,10x10 ⁴	2,65x10 ⁴	2,50x10 ³	8,00x10 ³	3,20x10 ⁵	1,30x10 ⁴	9,00x10 ³	9,00x10 ⁴	-	-