



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE
LISBOA

**AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÓNICA DE
ALBUFEIRAS DO ALENTEJO ENTRE 2010 E 2019 E
POTENCIAL TOXICIDADE ASSOCIADA**

JOÃO MIGUEL BRANQUINHO BABO

ORIENTADOR: DOUTOR FERNANDO NUNO CAMPOS DA CUNHA-BELLÉM
– ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA / INSTITUTO
POLITÉCNICO DE LISBOA

Mestrado em Tecnologias Clínico-Laboratoriais

Lisboa, 2022

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE
LISBOA

**AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÓNICA DE
ALBUFEIRAS DO ALENTEJO ENTRE 2010 E 2019 E
POTENCIAL TOXICIDADE ASSOCIADA**

JOÃO MIGUEL BRANQUINHO BABO

ORIENTADOR: DOUTOR FERNANDO NUNO CAMPOS DA CUNHA-BELLÉM
– ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA / INSTITUTO
POLITÉCNICO DE LISBOA

Mestrado em Tecnologias Clínico-Laboratoriais

Lisboa, 2022

::

Direitos de cópia

Autorizo a Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa e o Instituto Politécnico de Lisboa o direito de arquivar e publicar a presente dissertação e de a divulgar em repositórios científicos para fins educacionais ou de pesquisa não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao autor e ao editor.

Copyright© 2022 – João Miguel Branquinho Babo

Agradecimentos

Se o filme missão impossível pudesse ser adaptado a esta tese seria a analogia perfeita, visto que o facto de a poder apresentar agora foi quase isso mesmo: uma missão impossível tornada possível. Passo a explicar de uma forma breve:

Estávamos em finais de agosto de 2021 e ainda não tinha encontrado um tema / orientador para proceder à dissertação de mestrado, porém à última da hora tive o privilégio de ser aceite pelo Professor Fernando da Cunha Bellém que se mostrou bastante disponível para me ajudar a tratar dos documentos necessários para começar o trabalho. Os prazos para entrega dos documentos e formalizações perante o conselho de ética estavam a apertar e com algum empenho conseguiu-se entregar tudo a tempo e prosseguir com o trabalho.

Deste modo e em primeiro lugar, queria agradecer ao meu orientador de mestrado, o professor Fernando da Cunha-Bellém por todo o apoio que me deu ao longo de todo o projeto, pela sua simpatia, flexibilidade e disponibilidade para comigo, um bem-haja.

À professora Ana Ramos Coelho por não ter desistido de mim aquando da procura de um tema para a realização da tese ainda que quase em cima do prazo limite, valorizo muito a sua atitude.

Aos meus pais, por tudo, por todo o apoio incondicional que me dão, por estarem sempre presentes e por apoiarem sempre as decisões que tomo, sem a vossa presença, crucial na minha vida, não me teria tornado no ser humano que sou hoje, estarei para sempre grato e feliz por tudo o que fizeram, fazem e sei que farão por mim.

À Carolina Babo por me fazer sentir um irmão amado e me apoiar sempre que preciso.

À Rita Krippahl pelo carinho e incentivo que sempre me manifestou, bem como a revisão da parte estética do trabalho e apresentação.

Ao João Geraldês pela sua amizade, companheirismo e pelo apoio que me prestou ao longo destes anos, bem como as aventuras que já vivemos como amigos.

A toda a minha família e amigos, por estarem presentes na minha vida e fazerem dela uma viagem feliz.

Resumo

As cianobactérias são organismos fotossintéticos aeróbios, sendo possivelmente os organismos procariotas fotossintéticos mais antigos que se conhecem. Têm a capacidade de prosperar em habitats terrestres, marinhos e de água doce, sendo que os habitats de água doce são aqueles em que é mais usual, quando se encontram condições favoráveis de luz, temperatura e nutrientes, de ocorrer um aumento significativo da população de cianobactérias, fenómeno designado por *bloom*. As cianobactérias e as toxinas por elas produzidas podem constituir um risco ambiental e de Saúde Pública quando ocorrem em quantidades elevadas e não existe um controlo e/ou monitorização do seu crescimento.

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a população de cianobactérias presentes em albufeiras do Alentejo, nomeadamente nas albufeiras do Enxóe e de Monte Novo, num espaço temporal de 10 anos, avaliar a potencial toxicidade associada e comparar a evolução destes parâmetros com dados provenientes de estudos anteriores (referentes ao período entre 2000-2009). Foram avaliados parâmetros físicos e químicos bem como fitoplanctónicos. Os resultados dos parâmetros físicos e químicos mostram que ambas as albufeiras se encontram eutrofizadas e que este estado de eutrofização é transversal tanto ao período de 2000-2009 como ao de 2014-2019. Em ambas as albufeiras os valores de azoto amoniacal e de nitratos aumentaram, bem como a percentagem de oxigénio dissolvido, fatores que promovem o desenvolvimento de cianobactérias. Os resultados dos parâmetros fitoplanctónicos apoiam os físicos e químicos, mostrando um domínio das cianobactérias relativamente a outros grupos fitoplanctónicos. As duas albufeiras apresentaram uma maior diversidade de cianobactérias face ao estudo anterior, aquando da presença de florescências expressivas (>2000 cel/mL).

As espécies identificadas são produtoras de cianotoxinas e estão descritas como potencialmente tóxicas. Verificaram-se casos em que estas espécies apresentaram uma densidade superior a 100.000 cels/mL, fatores que em conjunto indicam risco potencial moderado a elevado para as populações expostas.

Abstract

Cyanobacteria are aerobic photosynthetic organisms, possibly the oldest known photosynthetic prokaryotic organisms. They have the ability to thrive in terrestrial, marine and freshwater habitats, and freshwater habitats are those in which it is most common, when favorable conditions of light, temperature and nutrients are found, to have a significant increase in the population of cyanobacteria, a phenomenon called bloom. Cyanobacteria and the toxins produced by them can pose an environmental and Public Health risk when they occur in high amounts and there is no control and/or monitoring of their growth.

The objective of this work was to evaluate the population of cyanobacteria present in Alentejo reservoirs, namely in the Enxoé and Monte Novo reservoirs, over a period of 10 years, to evaluate the potential associated toxicity and to compare the evolution of these parameters with data from previous studies (referring to the period between 2000-2009). Physical and chemical parameters as well as phytoplanktonic parameters were evaluated. The results of the physical and chemical parameters show that both reservoirs are eutrophic and that this state of eutrophication is transversal to both the 2000-2009 and the 2014-2019 period. In both reservoirs the values of ammoniacal nitrogen and nitrates increased, as well as the percentage of dissolved oxygen, factors that promote the development of cyanobacteria. The results of phytoplanktonic parameters support the physical and chemical ones, showing a dominance of cyanobacteria over other phytoplanktonic groups. The two reservoirs showed a greater diversity of cyanobacteria compared to the previous study, in the presence of expressive blooms (>2000 cel/mL).

The identified species are cyanotoxin producers and are described as potentially toxic. There were cases in which these species presented a density greater than 100,000 cells/mL, factors that together indicate moderate to high potential risk for the exposed populations.

Índice Geral

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	vii
Lista de Abreviaturas	x
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xii
1. Introdução.....	1
1.1 – Enquadramento: Fundamentação da opção	1
1.2 – Objetivos	3
2. Fundamentação Teórica	4
2.1 – A água enquanto recurso natural.....	4
2.2 – A Organização e aproveitamento da água.....	4
2.3 – A água e a saúde pública	4
2.4 – Fitoplâncton e Cianobactérias	5
2.5 – Toxicidade das Cianobactérias.....	7
2.5.1 – Neurotoxinas	9
2.5.2 – Hepatotoxinas	9
2.5.3 – Dermatoxinas	10
2.5.4 – Citotoxinas.....	10
2.6 – Eutrofização, fatores de potenciação e Blooms	10
2.7 – Estado da arte	12
2.8 – Caracterização Físico-Química da Água	14
2.9 – Caracterização Fitoplanctónica da água.....	15
2.9.1 – Clorofila a	16
3. Caracterização das albufeiras objeto de estudo.....	17
3.1 – Caracterização da albufeira de Monte Novo	17
3.2 – Caracterização da albufeira do Enxoé	18
4. Material e Métodos	19
4.1 – Universo de Estudo e Amostra	19
4.2 – Instrumentos de recolha de dados.....	19
4.3 – Bases de dados.....	19
4.4 – Variáveis analisadas.....	20
4.4.1 – Independentes: Físicas e Químicas.....	20
4.4.2 – Dependentes: Fitoplanctónicas.....	20

4.5 – Tratamento de Dados e Análise Estatística	20
5. Apresentação de Resultados	21
5.1 – Caracterização Física e Química	22
5.2 – Caracterização Fitoplanctónica.....	25
5.3 – Identificação de Florescências a cianobactérias e níveis críticos de contaminação	27
6. Discussão	29
7. Conclusão.....	37
8. Bibliografia.....	39
9. Anexo I	44
10. Anexo II	55

Lista de Abreviaturas

ARH Alentejo - Administração da Região Hidrográfica do Alentejo

ATP – Adenosina Trifosfato

Ca²⁺ - Ião Cálcio

Da – Dalton

DP – Desvio Padrão

DQA – Diretiva Quadro da Água

IGA - Índice de Grupo de Algas

K⁺ - Ião Potássio

LPS - Lipopolissacáridos

N – Azoto

Na⁺ - Ião Sódio

NH₄⁺ - Ião Amónia

NO₃ – Nitrato

O₂ - Oxigénio

OD – Oxigénio Dissolvido

P – Fósforo

PP1 – Fosfatase proteica 1

PP2 – Fosfatase proteica 2

PP5 – Fosfatase proteica 5

RH7 - Região Hidrográfica 7

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

ONU - Organização das Nações Unidas

VMA – Valor Máximo Admissível

VMR – Valor Máximo Recomendado

Índice de Figuras

Figura 1 - Comparação entre os envelopes celulares gram-negativos da cianobactéria <i>P. uncinatum</i> (A) e de <i>E. coli</i> (B). CM – cytoplasmatic membrane; EL – serrated external layer; OM – outer membrane; P – peptidoglycan layer. Bars – 100nm.....	6
Figura 2 – Exemplos das estruturas químicas das principais cianobactérias estudadas. Retirado e adaptado de: (Kaushik & Balasubramanian, 2013)	8
Figura 3 – Localização da Albufeira de Monte Novo - Retirado de Moraes, 1995.	17
Figura 4 – Localização da Albufeira do Enxoé - Retirado de “Plano de ordenamento da Albufeira do Enxoé: Fase 2 - Nemos 2004.....	18
Figura 5 – Valores médios anuais de temperatura registados nas albufeiras objeto de estudo.....	22
Figura 6 – Diagramas de extremos para o parâmetro Azoto Total registado nas albufeiras objeto de estudo.	23
Figura 7 – Valores médios e desvio padrão para o parâmetro Fósforo Total registado nas albufeiras objeto de estudo	23
Figura 8 – Critérios de eutrofização para Albufeiras e Lagoas – Valores Limite para caracterização do estado trófico (INAG, 2002)	24
Figura 9 – Valores médios e desvio padrão para o parâmetro Clorofila-a registado nas albufeiras objeto de estudo.....	24
Figura 10 - Evolução temporal da abundância relativa dos principais grupos fitoplanctónicos nas albufeiras objeto de estudo entre os anos de 2014 a 2019	26
Figura 11 - Evolução temporal da abundância relativa dos principais grupos fitoplanctónicos na albufeira do Enxoé entre os anos de 2003 a 2004 e entre os anos de 2014 a 2019.....	32
Figura 12 - Evolução temporal da abundância relativa dos principais grupos fitoplanctónicos na albufeira de Monte Novo entre os anos de 2000 a 2007 e entre os anos de 2014 a 2019.....	33

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Indicadores para a avaliação do elemento biológico fitoplâncton em albufeiras (Adaptado de: (Nogueira, 2018))	16
Tabela 2 – Região Hidrográfica e Distrito das albufeiras objeto de estudo	19
Tabela 3 - Concentrações médias, desvio padrão (DP) e número de observações consideradas (N) para os parâmetros físicos e químicos avaliados.....	21
Tabela 4 - Florescências mais expressivas na albufeira do Enxoé – densidade superior a 2000cels/mL	27
Tabela 5 - Florescências mais expressivas na albufeira de Monte Novo – densidade superior a 2000cels/mL.....	28
Tabela 6 – Identificação das Cianobactérias associadas às florescências mais expressivas, propriedades tóxicas e órgãos alvo	28
Tabela 7 – Concentrações médias dos parâmetros físicos e químicos avaliados no estudo anterior e no estudo atual relativos às albufeiras objeto de estudo – Tabela comparativa.....	30
Tabela 8 - Florescências mais expressivas de cianobactérias na albufeira do Enxoé nos períodos 2003-2004 e 2014-2018 – densidade superior a 2000cels/mL.....	34
Tabela 9 - Florescências mais expressivas de cianobactérias na albufeira de Monte Novo nos períodos 2003-2007 e 2014-2019 – densidade superior a 2000cels/mL.....	35
Tabela 10 – Cianobactérias com contagens superiores a 2000/cels/mL no Outono de 2003 (à esquerda) e nos verões de 2014 e 2016 (à direita) na albufeira do Enxoé	36
Tabela 11 – Cianobactérias com contagens superiores a 2000/cels/mL na primavera de 2006 (à esquerda) e no verão de 2017 (à direita) na albufeira de Monte Novo	36

1. Introdução

1.1 – Enquadramento: Fundamentação da opção

Com o objetivo de assegurar o bom estado das águas de superfície, estabeleceu-se a Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000 (DQA – Diretiva Quadro da Água), que estabelece que os estados membros protegerão, melhorarão e recuperarão todas as massas de águas de superfície. Em Portugal, vigora a Lei da Água (Lei n.º 58/2005), que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva Quadro da Água. De acordo com a legislação, existem normas, critérios e objetivos de qualidade que se devem manter com o objetivo de proteger o meio aquático e assegurar a qualidade das águas em função dos seus principais usos (Decreto-Lei n.º 236/98). Deste modo, a qualidade da água pode ser avaliada através da análise de um conjunto de valores de parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos, que permite determinar a sua adequação para determinados usos diretos ou potenciais. (Decreto-Lei n.º 236/98).

As albufeiras armazenam água que é utilizada prioritariamente para produção de energia, consumo humano e regadio, armazenamento em períodos de seca, bem como fonte de água potável para sistemas de abastecimento e atividades de lazer. Como recurso hídrico indispensável à vida, estas águas devem ser alvo de avaliação contínua, no que reporta à sua qualidade física, química e microbiológica, uma vez que o consumo direto das águas ou o contacto com agentes microbiológicos patogénicos presentes nas mesmas pode constituir um perigo para a saúde pública (WHO, 2017; Mendes & Oliveira, 2004).

Estudos recentes sugerem que as alterações climáticas e o fenómeno de eutrofização são dois fatores que promovem a proliferação de cianobactérias e a ocorrência de *blooms* (O'Neil, J. M., Davis, T. W., Burford, M. A. & Gobler, C. J., 2011). Têm sido documentados, por todo o mundo, casos de intoxicações e mortes de animais devido à ocorrência de *blooms* de cianobactérias e consequente exposição a cianotoxinas (Hilborn, E. D., & Beasley, V. R., 2015); (Menezes, 2019); (Jan Veerman, 2022).

Posto isto, a comunidade fitoplanctónica das albufeiras reflete a qualidade das águas, nomeadamente das condições físicas e químicas, as cianobactérias constituem parte dessa comunidade, sendo por isso importante a sua monitorização. (Cunha-Bellém, 2014). Neste contexto, este estudo pretende acompanhar / avaliar a evolução da comunidade fitoplanctónica e em particular das cianobactérias, ao longo da última

década, nas albufeiras objeto de estudo e perceber se existem cianobactérias que se apresentem em densidades que sugiram toxicidade. Deste modo, além do conhecimento atualizado da comunidade fitoplanctónica e dos potenciais níveis de toxicidade associado, este estudo permitirá avaliar a pertinência da intervenção prevista na legislação para produção de águas de abastecimento, bem como das medidas de controlo e manutenção de águas de abastecimento propostas no guia internacional para a manutenção de cianobactérias tóxicas - (Qualidade ecológica e gestão integrada de albufeiras, 2009; International guidance manual for the management of toxic cyanobacteria, 2009).

1.2 – Objetivos

Como objetivo geral do presente estudo pretendeu-se realizar uma análise comparativa da população de cianobactérias de albufeiras do Alentejo num espaço temporal de 10 anos, avaliando a potencial toxicidade associada.

Como objetivos específicos, poderão enunciar-se:

- (I) Efetuar a caracterização física, química e fitoplanctónica da água dos reservatórios objeto de estudo, num espaço temporal de 10 anos;
- (II) Avaliar a população de cianobactérias das albufeiras objeto de estudo;
- (III) Identificar potenciais presenças de toxicidade associada a toxinas produzidas por cianobactérias;
- (IV) Identificar os períodos do ano com níveis críticos de contaminação
- (V) Comparar dados atuais, referentes aos pontos acima mencionados, com dados obtidos em estudos anteriores.

2. Fundamentação Teórica

2.1 – A água enquanto recurso natural

A água é um recurso natural limitado e de extrema importância que sustenta todas as formas de vida existentes no Planeta. A sua quantidade mantém-se praticamente inalterável, desde a formação da Terra até à atualidade. A necessidade de preservar este recurso escasso é crucial, visto que é um recurso fundamental à vida e ao ambiente, ao equilíbrio sustentável dos ecossistemas, bem como para o desenvolvimento económico, social e humano e o bem-estar das populações. É de notar que só cerca de 2,5% da água existente na terra é água doce e que o seu consumo tem aumentado muito nas últimas décadas, sendo fulcral utilizar e gerir este recurso natural de forma criteriosa e sustentável, de modo a não comprometer a vida humana, na medida em que as gerações futuras possam usufruir deste bem essencial. Assim, salvaguardar a qualidade e quantidade de água doce disponível deverá constituir o principal objetivo ambiental da gestão deste recurso pelos governos, instituições e população (Pinheiro, 2005); (Duarte, 2013).

2.2 – A Organização e aproveitamento da água

A perceção de que a salvaguarda da disponibilidade e quantidade de água poderia ser assegurada pela construção de grandes barragens e albufeiras, de forma a aproveitar a água proveniente das chuvas, levou a um aumento significativo da sua construção por todo o mundo, que passou de 5700 em 1950 para mais de 47000 na atualidade (Thompson & Turk, 2007).

As albufeiras armazenam água que é utilizada prioritariamente para produção de energia hidroelétrica, consumo humano e regadio, armazenamento de água para períodos de seca, bem como fonte de água potável para sistemas de abastecimento, e atividades de lazer.

2.3 – A água e a saúde pública

Como recurso hídrico indispensável à vida, é importante garantir que as águas de armazenamento em albufeiras possuem características de potabilidade, que se definem pela possibilidade de ser bebida sem que daí resulte perigo para a saúde de quem a consome (WHO, 2017; Mendes, 2004), obrigando a uma avaliação contínua, no que reporta à sua qualidade física, química e microbiológica, uma vez que o perigo para a saúde humana poderá advir quer do consumo direto de águas brutas não tratadas e

consequente ingestão de agentes químicos ou microbiológicos patogénicos existentes nas mesmas, quer das atividades recreativas onde a exposição aos patogénicos pode atingir o organismo pela inalação e penetração cutânea. Deste modo, para além da ingestão, é igualmente importante ter em conta o tempo de contacto com a água.

2.4 – Fitoplâncton e Cianobactérias

Parte da população biológica do meio aquático é constituída por uma comunidade fitoplanctónica que é composta por organismos procariotas microscópicos com capacidade fotossintética que vivem em suspensão na coluna de água e que podem ser solitários ou coloniais, de dimensões inferiores a 1 µm até colónias maiores do que 500 µm (Simon, 2009); (Vaulot, 2008). Devido à dependência da luz solar habitam preferencialmente a zona eufótica, (que se define como a camada mais superficial de água na qual a luz necessária à realização da fotossíntese se encontra disponível) otimizando o tempo de residência nos estratos superiores da coluna de água através de diversas estruturas ou mecanismos que lhes permitem regular a sua flutuação (tais como flagelos, vacúolos gasosos intracelulares, aumento da relação área superficial/volume), porém é possível encontrar estes micro-organismos em diferentes profundidades da massa de água: à superfície, dispersas em diferentes camadas ou no fundo (Björn L. O, Papageorgiou GC, Blankenship RE, Govindjee., 2009).

O fitoplâncton abrange um conjunto de algas e cianobactérias diversificado do ponto de vista taxonómico, morfométrico e fisiológico, que apresentam diferentes requisitos e respostas a parâmetros físicos e químicos, como a luz, a temperatura, a alcalinidade (pH) e a concentrações de nutrientes (Simon, 2009). Esta multiplicidade fisiológica do fitoplâncton permite a coexistência de diversas espécies em interação contínua num mesmo volume de água (Hutchinson, 1961, Scheffer et al, 2003) e uma distribuição espacial e sucessão sazonal da comunidade em resposta a variações dos parâmetros ambientais.

A taxonomia do fitoplâncton é complexa e baseada na morfologia celular, ornamentação, cor, reservas alimentares e pigmentos fotossintéticos, sendo de destacar os seguintes grupos taxonómicos: *Cyanobacteria* (cianobactérias), *Chlorophyceae* (algas verdes), *Chrysophyceae* (crisofíceas), *Bacillariophyceae* (diatomáceas), *Cryptophyceae* (criptofíceas), *Dinophyceae* (dinoflagelados), *Euglenophyceae* (euglenófitas) e *Conjugatophyceae* (e.g. desmidiáceas) (Lee, 2008).

As cianobactérias, também conhecidas por algas verde-azuis, são um grupo bastante diverso de microrganismos procariotas primitivos que prosperam em quase todos os ecossistemas da Terra (terrestre, marinho, água doce). Ao contrário de outros procariotas (Bactérias e Archaeas), têm capacidade de realizar fotossíntese e possuem clorofila-a (Merican, Faradina; Broady, Paula, 2012). São Gram-negativas, possuindo na sua parede celular um complexo – peptidoglicano – semelhante ao das bactérias, porém, com uma espessura mais grossa (Fig.1) (Egbert Hoiczky, 2000). São diazotróficas, ou seja, apresentam a capacidade de captar e fixar diretamente o azoto atmosférico sob condições anaeróbias (O'Neil, et al., 2011). Podem apresentar três grupos morfológicos simples: unicelulares isolados ou agrupados em colónias, filamentos indiferenciados (não heterocistos) e filamentos contendo células diferenciadas denominadas heterocistos (Cunha-Bellém, 2014). De acordo com registos fósseis, geoquímicos e isotópicos vários autores afirmam que estes microrganismos ancestrais foram os responsáveis pelo aparecimento do oxigénio na Terra acerca de 3,5 mil milhões de anos. Assume-se que a atividade fotossintética das cianobactérias alterou a atmosfera da terra na era do Proterozoico há cerca de 2.4 mil milhões de anos durante o chamado Great Oxygenation Event (Hamilton TL, 2016).

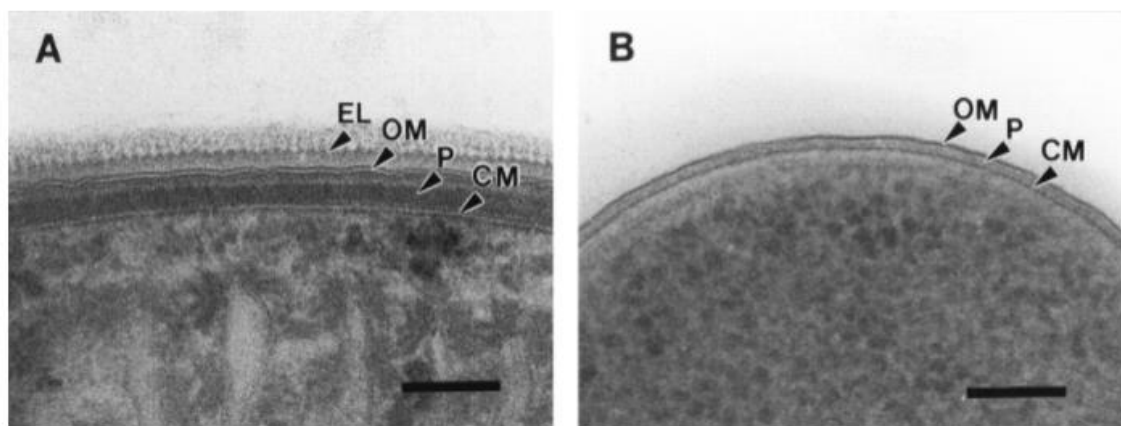


Figura 1 - Comparação entre os envelopes celulares gram-negativos da cianobactéria *P. uncinatum* (A) e de *E. coli* (B). CM – cytoplasmatic membrane; EL – serrated external layer; OM – outer membrane; P – peptidoglycan layer. Bars – 100nm

Para além de apresentarem capacidade fotossintética, algumas espécies de cianobactérias apresentam também mecanismos de regulação da sua flutuação na coluna de água. Este fenómeno é possível com o apoio de estruturas tais como flagelos e vacúolos gasosos intracelulares, sendo deste modo possível encontrar estes microrganismos em diferentes profundidades da coluna de água: à superfície, dispersas em diferentes camadas ou no fundo (Björn L. O, Papageorgiou GC, Blankenship RE, Govindjee., 2009).

2.5 – Toxicidade das Cianobactérias

A toxicidade é definida aqui como a soma dos efeitos adversos pelos quais uma substância pode prejudicar organismos vivos (Mavioso, 2020). As Cianobactérias têm a capacidade de produzir compostos tóxicos, denominados cianotoxinas, como metabolitos secundários (Jakubowska, N., & Szelağ-Wasielewska, E., 2015). Ainda não existem certezas relativamente ao motivo pelo qual estas toxinas são produzidas e de que forma beneficiam as cianobactérias que as produzem, o que torna esta questão uma área de estudo importante e atual, contudo, existem autores que defendem que as cianotoxinas, podem ter origem como mecanismo de defesa contra a competição e contra predadores de nível trófico superior (Jakubowska, N., & Szelağ-Wasielewska, E., 2015); algumas cianotoxinas são alelopáticas, inibindo o crescimento de outros organismos, como algas que competem por recursos (Holland, A., Kinnear, S, 2013). Outra explicação plausível é que as cianotoxinas contribuem para a fisiologia celular, melhorando a homeostasia, bem como o processo fotossintético e a taxa de crescimento (Victoria G. Christensen, 2020).

A exposição dos animais selvagens, domésticos e dos seres Humanos a estas toxinas pode ocorrer diretamente a partir do contacto dérmico, pela ingestão de água contaminada ou a partir de atividades recreativas. Existe também a possibilidade de exposição indireta através do consumo de alimentos que estejam contaminados, nomeadamente peixes e/ou bivalves, que são vetores de toxinas para os níveis da cadeia trófica superior (Mavioso, 2020).

As cianotoxinas agrupam-se de acordo com a sua estrutura química e os sistemas fisiológicos, órgãos, tecidos ou células que são principalmente afetados quando expostos às mesmas (Rosário Martins, 2005). De acordo com Palus et al. (2007) podem classificar-se as cianotoxinas em três grandes grupos: Hepatotoxinas, (englobando as Microcistinas, Nodularinas), neurotoxinas (Anatoxina-a, Homoanatoxina-a, Anatoxina-a,

Saxitoxina) e as Dermatoxinas. Quanto à estrutura química pode dividir-se as cianotoxinas em:

1. Peptidos Cíclicos – São cadeias polipeptídicas cíclicas formadas por ligações covalentes entre os terminais amino e carboxilo, os terminais amino e a cadeia lateral, os terminais carboxilo e a cadeia lateral, ou entre duas cadeias laterais. Têm um peso molecular entre 800-1100 Da sendo considerados produtos relativamente pequenos quando comparados a outros polipéptidos. São solúveis em água excepto em alguns casos de microcistinas mais hidrofóbicas. Representam as formas mais comuns de cianotoxinas, sendo exemplo as microcistinas e as nodularinas (Du et al, 2019).
2. Alcalóides – São compostos orgânicos básicos que apresentam azoto na sua estrutura. Subdividem-se em várias classes, podendo as propriedades dos alcalóides variar bastante. A maioria dos alcalóides tem uma estrutura cíclica complexa. As cianotoxinas inseridas neste grupo são: as saxitoxinas, anatoxina-a, anatoxina-a(s), cilindropermopsina (Du et al, 2019).
3. Lipopolissacáridos – Os Lipopolissacáridos (LPS) encontram-se integrados na membrana externa da parede celular das cianobactérias onde formam complexos com as proteínas e fosfolípidos, apresentando propriedades pirogênicas e tóxicas (Cunha-Bellém, 2014).

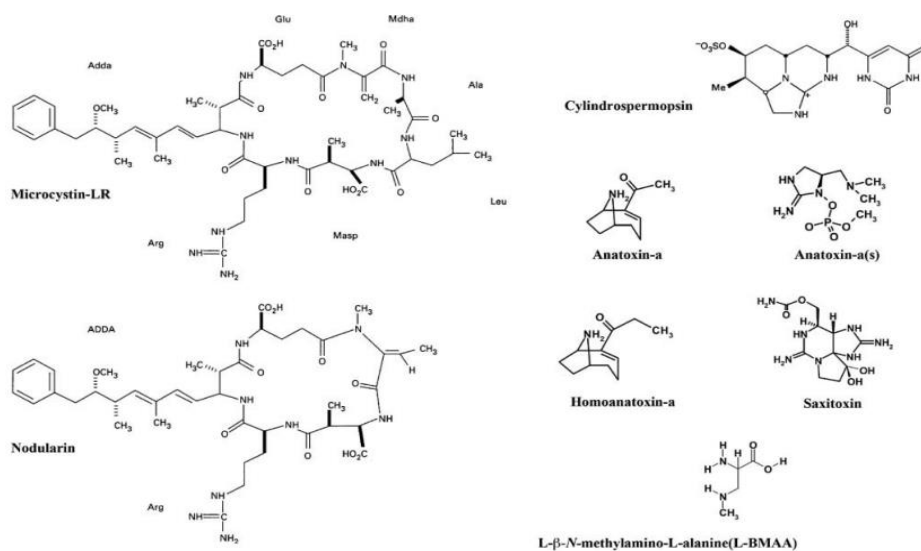


Figura 2 – Exemplos das estruturas químicas das principais cianobactérias estudadas. Retirado e adaptado de: (Kaushik & Balasubramanian, 2013)

Quanto ao seu mecanismo de ação e efeitos de toxicidade, as cianotoxinas dividem-se em Neurotoxinas, Hepatotoxinas, Dermatotoxinas e Citotoxinas.

2.5.1 – Neurotoxinas

As neurotoxinas constituem um grupo de compostos que têm um claro efeito biológico a nível do sistema nervoso. Atuam como um agente despolarizador pré e pós sináptico resultando numa libertação de neurotransmissores que potenciam uma maior estimulação dos recetores pós sinápticos (Chorus, I, Welker M; eds., 2021). Este fenómeno provoca uma interrupção na propagação normal dos impulsos nervosos, interferindo com as mensagens que as células nervosas enviam ao cérebro, resultando em insuficiência das vias respiratórias e paralisia muscular, que quando afeta o sistema cardiovascular se torna letal (Chorus, I, Welker M; eds., 2021). As Neurotoxinas mais prevalentes e cientificamente estudadas são a anatoxina-a, anatoxina-a (S) e a saxitoxina (WHO, Cyanobacterial toxins: anatoxin-a and analogues, 2020). As duas primeiras toxinas atuam ao nível da acetilcolina nos músculos, competindo com esta molécula pelos recetores nicotínicos nas junções neuromusculares e no sistema nervoso central (WHO, Cyanobacterial toxins: anatoxin-a and analogues, 2020), contudo apresentam diferenças no modo de ação. A anatoxina-a imita a acetilcolina provocando estimulação excessiva dos músculos levando à sua degradação. A anatoxina-a (S) inibe a ação da acetilcolinesterase sem degradar os músculos, estimulando-os até à morte do organismo cujos sintomas principais são excesso de suor, tremores, fadiga e dificuldade respiratória (dispneia) (WHO, Cyanobacterial toxins:, 2020; O'Neil, et al., 2011). Relativamente às Saxitoxinas, o seu mecanismo de ação é baseado no bloqueio do canal de Na⁺ nas células neuronais e no bloqueio dos canais de Ca²⁺ e K⁺ nas células cardíacas (Chorus, I, Welker M; eds., 2021).

2.5.2 – Hepatotoxinas

As hepatotoxinas são estruturalmente consideradas como péptidos cíclicos sendo as mais relevantes as microcistinas e nodularinas. As microcistinas heptapeptídicas cíclicas foram caracterizadas pela primeira vez no início 1980 e nomeadas a partir da cianobactéria *Microcystis aeruginosa* de onde foram inicialmente isoladas (Botes et al., 1984; Carmichael et al., 1988). Já as nodularinas tiveram o nome atribuído em homenagem à cianobactéria *Nodularia spumigena*, são pentapeptídeos cíclicos estruturalmente muito semelhantes às microcistinas (Rinehart et al., 1988). Para entrar nas células as microcistinas necessitam de um transportador de membrana que é expresso particularmente no fígado, mas também nos canais biliares e no intestino delgado sendo estes os órgãos mais afetados. Uma vez nas células, as microcistinas

provocam inibição das fosfatases proteicas (PP1, PP2 e PP5), o que resulta numa destabilização do citoesqueleto dos hepatócitos seguido de morte celular ou apoptose (Chorus, I, Welker M; eds., 2021).

2.5.3 – Dermatoxinas

Os organismos produtores destas toxinas habitam maioritariamente em ambientes marinhos. São toxinas que apresentam filamentos capazes de provocar severas dermatites quando em contacto com a pele. A atividade inflamatória de algumas espécies produtoras de dermatoxinas, para além de afetar a pele, têm a capacidade de promover tumores graves bem como provocar inflamações no trato gastrointestinal quando existe ingestão de água contaminada por estas toxinas (Mavioso, 2020).

2.5.4 – Citotoxinas

Um exemplo bastante conhecido de uma cianotoxina produzida pelas cianobactérias é a cilindrospermopsina. É um alcaloide inibidor da síntese proteica que provoca lesões necróticas generalizadas a nível do fígado, rins, pulmões, baço e intestino. São genotóxicas podendo causar perdas de cromossomas e quebra da cadeia de DNA (Codd G., 2005; Shen et al., 2002). Existe evidência que a ativação da cilindrospermopsina pelo citocromo P450 é necessária para que se desencadeie a sua atividade citotóxica, porém a inibição da síntese proteica não necessita desta ativação, visto que é um sintoma primário que se desencadeia logo a baixas concentrações da toxina (Wiegand C., 2004).

2.6 – Eutrofização, fatores de potenciação e Blooms

A eutrofização é um processo que compromete a qualidade da água. A sua definição combina-se com uma resposta biológica do enriquecimento e armazenamento das águas por nutrientes, cujos compostos maioritários são o azoto e o fósforo, com acumulação da matéria orgânica e diminuição do oxigénio, tendo como consequência a diminuição da quantidade de água presente na rede hidrográfica e a modificação de todo o equilíbrio natural do ecossistema aquático (Oliveira, et al., 2010).

Este processo natural decorre ao longo de milhares de anos e sucede maioritariamente em ecossistemas aquáticos lênticos (lagos ou lagoas), onde a capacidade de renovação das águas é muito baixa (Mavioso, 2020).

Para além da eutrofização que ocorre de forma natural, existe também eutrofização artificial devido à ação antropogénica, que tem tido um aumento ao longo dos últimos anos levando à formação de massas de água eutróficas e hipertróficas. Este fenómeno artificial é consequência da atividade humana, nomeadamente:

1. A elevada concentração na descarga de efluentes domésticos, urbanos e industriais. Uma vez que os esgotos contêm compostos de azoto e fósforo provenientes das fezes, urina, detergentes e outros subprodutos;
2. A libertação e lixiviação de fertilizantes e pesticidas que se difundem nos solos provenientes das atividades agrícolas;
3. A incorreta utilização da água das albufeiras (Vasconcelos, 1995).

Ecossistemas eutrofizados apresentam condições para um aumento excessivo do número de células de cianobactérias ou de outro grupo de algas fitoplanctónicas, fenómeno denominado de florescência, ou bloom (Wosiack, 2005).

As florescências de cianobactérias em reservatórios de águas utilizadas para consumo humano são frequentes atualmente e normalmente são atribuídas à crescente eutrofização destas águas (Lorenzi, 2004). Os designados “*blooms*” ou florescências, correspondem então a crescimentos anormais desta população microbiana, num curto espaço de tempo, quando se reúnem condições favoráveis, formando uma camada esverdeada visível de cianobactérias que, não se podendo manter por longos períodos, desaparece depois de 1 a 2 semanas podendo, se as condições favoráveis se mantiverem, ser substituído por outro bloom. Nem todos os processos de florescência por cianobactérias se revelam tóxicos, no entanto, uma vez que as cianotoxinas quando presentes podem revelar-se letais a baixas concentrações, os processos de florescência devem ser vigiados (Crayton, 1993).

Para além da eutrofização, o crescimento das cianobactérias ocorre devido a uma interação complexa de vários fatores: a intensificação da luz solar, aumento da temperatura da água, aumento das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera, aumento dos níveis de pH e iões de carbonato e, inclusive, a presença de salinidade (O'Neil, et al., 2011). A presença de Cianobactérias em quantidade excessiva dificulta a entrada de luz na camada de água impossibilitando a sua utilização por organismos presentes em níveis de água mais fundos e consequentemente diminuindo a quantidade de oxigénio. Como tal, ocorre a morte destes organismos, levando a uma nova proliferação de bactérias decompositoras. (Mavioso, 2020)

2.7 – Estado da arte

A ocorrência de blooms de cianobactérias é um fenómeno que, como já foi referido, acarreta consequências negativas para as massas de água e o ecossistema aquático e, por conseguinte, para o Homem. Devido a estes factos, tem sido desenvolvidos vários estudos com o objetivo de conhecer e/ou prever estes eventos. Este capítulo apresenta uma breve descrição do estado-da-arte.

Estudos recentes sugerem que as alterações climáticas e o fenómeno de eutrofização são dois fatores que promovem a proliferação de cianobactérias e a ocorrência de blooms (O'Neil, J. M., Davis, T. W., Burford, M. A. & Gobler, C. J, 2011). Existem várias espécies de cianobactérias que se adaptam a diversos habitats. Por este motivo não é possível afirmar genericamente qual a conjugação de fatores responsável pelo aparecimento de blooms destes organismos como nos indica Ramos (2016) na sua tese de mestrado. Ou seja, apesar do crescimento de cianobactérias ser influenciado pelos fatores ambientais, intensidade de luz, nutrientes, temperatura e hidrologia da bacia, as diferentes espécies de cianobactérias necessitam de conjugações distintas destes parâmetros para se desenvolverem. Di gregorio verificou que apesar de ser conhecido que as cianobactérias preferem elevadas temperaturas de água e elevados níveis de intensidade luminosa, há algumas espécies, incluindo as que produzem toxinas, que são exceção a esta generalização (FND Gregório, 2014). Segundo o mesmo, há evidências experimentais que mostram que a estratificação de temperaturas é, mais do que a temperatura, o fator determinante para a regulação do crescimento de cianobactérias. No que respeita à disponibilidade de nutrientes também não se pode fazer generalizações, pois assume-se que estes organismos necessitam de elevadas concentrações de fósforo e azoto, contudo, segundo o mesmo autor, são observados blooms de cianobactérias mesmo com baixas concentrações de fósforo dissolvido, ou mesmo em águas com limitações de azoto. Este último porque, como já foi referido anteriormente, existem espécies que são capazes de fixar o azoto atmosférico, característica denominada diazotrofia.

Como os lagos e reservatórios ao redor do mundo continuam a envelhecer devido a causas naturais ou antropogénicas, a eutrofização resultante favorece a formação de blooms de cianobactérias e outros grupos fitoplanctónicos. Portanto, o problema da formação de blooms de cianobactérias e os riscos potenciais subsequentes para a saúde humana é um tema cada vez mais importante e de interesse de estudo.

A proliferação de *Nodularia spumigena* descrita por Francis (1878) no lago Alexandrina, na Austrália, é muitas vezes referida como o primeiro relato de blooms de cianobactérias tóxico embora nenhuma toxina tenha sido identificada. Desde então, as crescentes preocupações associadas às cianobactérias e às florescências potencialmente tóxicas fizeram multiplicar as publicações de estudos sobre o tema. A quantidade de publicações sobre cianobactérias aumentou repentinamente em 1991 e atualmente continua a crescer. Em dezembro de 2012, a base de dados Web of Science: Thomson Reuters contabilizou 18.642 publicações relacionadas a cianobactérias, entre as quais 15.350 artigos de pesquisa e 1.255 artigos de revisão (Sylvain Merel, 2013). No entanto, as pesquisas sobre cianobactérias são diversas e os artigos relacionadas a florescências representam apenas 20% das publicações. A literatura disponível sobre cianobactérias abrange mais de 100 áreas de pesquisas tais como a engenharia e produção de biocombustíveis. No entanto, a maioria das publicações permanecem no campo da biologia marinha (22%), ecologia marinha (18%) e microbiologia (16%), enquanto que a saúde pública e saúde ambiental (0,3%) são pouco considerados (Sylvain Merel, 2013).

Têm sido documentados, por todo o mundo, casos de intoxicações e mortes de animais devido à ocorrência de *blooms* de cianobactérias e consequente exposição a cianotoxinas, o que torna relevante monitorizar o aparecimento destas florescências (Hilborn, E. D., & Beasley, V. R., 2015); (Menezes, 2019); (Jan Veerman, 2022).

2.8 – Caracterização Físico-Química da Água

pH, Oxigênio Dissolvido (OD) e Temperatura

O pH indica se a água apresenta propriedade ácida, neutra ou alcalina. A leitura destes valores permite entender a influência do pH nas espécies de um determinado ecossistema aquático.

A percentagem de oxigênio dissolvido é um parâmetro importante para o metabolismo de organismos aeróbicos que habitam ecossistemas aquáticos. A sua variação depende diretamente da atividade fotossintética dos organismos fotossintéticos e consequente produção de oxigênio.

A temperatura é um forte determinante da composição das espécies de cianobactérias num ecossistema aquático, isto porque embora todas as espécies cresçam mais rápido a temperaturas mais altas, até um certo limite, a dependência da temperatura na taxa de crescimento varia, e para algumas cianobactérias, o aumento nas taxas de crescimento em função da temperatura é mais íngreme do que para a maioria dos seus concorrentes eucarióticos (Visser et al., 2016b).

Condutividade

A condutividade indica a capacidade que uma amostra de água tem de transportar uma corrente elétrica a partir da medição da concentração total de partículas carregadas ionicamente dissolvidas na amostra. Quanto maior for a concentração destas partículas mais energia elétrica poderá ser conduzida entre estes íões e, por consequência maior será a condutividade e vice-versa.

Compostos azotados

As cianobactérias conseguem obter azoto de diferentes formas, através de nitratos, nitritos, amónia, a combinação destes compostos forma o azoto total. (Chorus, I, Welker M; eds., 2021). Em condições de oxidação, o azoto (N) ocorre como nitrato sendo utilizado como tal pelas cianobactérias. Existem cianobactérias que conseguem utilizar o azoto atmosférico (N²), sendo esta capacidade designada por diazotrofia (Chorus, I, Welker M; eds., 2021).

Fósforo Total e Fosfatos

O fósforo (P) é um dos principais nutrientes que controla o desenvolvimento de populações naturais de cianobactérias em muitos ambientes de água doce. De acordo com (Schindler DW, 1975) e (Smith VH , 1990) em Ecology of Cyanobacteria o

enriquecimento de P, em relação a N, pode favorecer o desenvolvimento de taxa de cianobactérias diazotróficas. O processo de eutrofização, que em parte resulta das atividades industriais e agrícolas, tende a ser acelerado devido à descarga destes compostos nos ecossistemas aquáticos, como é o caso dos iões fosfato que se dissolvem na água.

2.9 – Caracterização Fitoplanctónica da água

De acordo com o Anexo V da Diretiva-Quadro da Água, são considerados três componentes da comunidade fitoplanctónica na avaliação da qualidade ecológica: biomassa fitoplanctónica, composição e abundância fitoplanctónica, intensidade e frequência de florescências fitoplanctónicas (blooms) (I.P., Instituto da água., Setembro 2009). A amostragem e análise do elemento de qualidade biológica - Fitoplâncton, bem como a determinação dos indicadores deverá ser efetuada de acordo com o “Manual para a avaliação da qualidade biológica da água em Lagos e Albufeiras segundo a Diretiva-Quadro da Água - Protocolo de amostragem e análise para o Fitoplâncton (APA, I.P. 2009)”.

De acordo com APA, I.P. (2009), os indicadores intercalibrados de Biomassa são:

- Concentração de Clorofila a, que corresponde a uma medida indireta da biomassa fitoplanctónica através da medição da concentração deste pigmento fotossintético;
- Biovolume total, que corresponde ao volume celular total das espécies fitoplanctónicas presentes na amostra;

Os indicadores intercalibrados de Composição e Abundância são:

- % Biovolume de Cianobactérias, que corresponde à percentagem do Biovolume total que é atribuído às espécies de Cianobactérias, excluindo as espécies de Chroococcales, com exceção dos géneros *Microcystis* e *Woronichinia*;
- Índice de Grupo de Algas (IGA) – que se baseia em proporções de Biovolume, comparando grupos de algas característicos de sistemas eutróficos e grupos associados a ambientes menos produtivos.

Os indicadores acima referidos podem ver-se resumidos na tabela 1.

Tabela 1 – Indicadores para a avaliação do elemento biológico fitoplâncton em albufeiras (Adaptado de: (Nogueira, 2018))

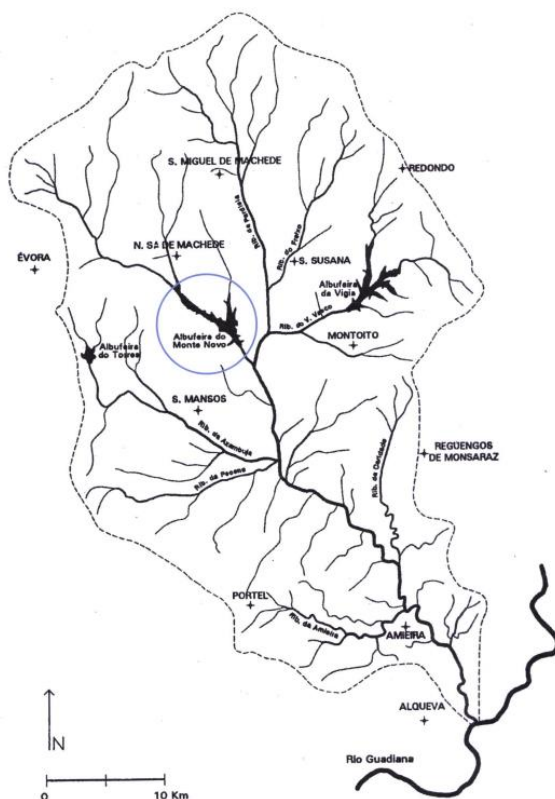
Elemento biológico	Componente	Indicador
Fitoplâncton	Composição e abundância	Índice de Grupo de Algas
		Biovolume de Cianobactérias (%)
	Biomassa	Concentração de Clorofila a (µg/L)
		Biovolume Total (mm ³ /L)

2.9.1 – Clorofila a

A Clorofila *a* é um pigmento fotossintético que cumpre dois papéis importantes na fotossíntese oxigénica: atua na captação da luz solar e na conversão de energia luminosa, proveniente dos fotões absorvidos, em energia química (Björn L. et al., 2009). Segundo Stirbet et al., (2019) a fotossíntese oxigénica requer a presença de dois fotossistemas (fotossistema I e II). As cianobactérias possuem clorofila *a* no centro de reação tanto do fotossistema I como do fotossistema II, sendo que o fotossistema I apresenta maior quantidade deste pigmento relativamente ao fotossistema II. Apresentam também um grupo de pigmentos acessórios: as ficobiliproteínas, que atuam como um complexo de antenas de captação da radiação entre 440-670 nm de comprimento de onda (Brian A. Whitton, 2012); (Stirbet et al., 2019). O início do processo fotossintético começa pela captação da radiação solar realizada pela clorofila *a* e, posteriormente, há a libertação dos eletrões dadores, fornecidos pela água, dando origem ao ATP (Berg, M. & Sutula, M., 2015).

3. Caracterização das albufeiras objeto de estudo

3.1 – Caracterização da albufeira de Monte Novo



(Fonte : Morais, 1995)

Figura 3 - Localização da Albufeira de Monte Novo - Retirado de Morais, 1995.

A albufeira de Monte Novo, criada pela barragem com o mesmo nome construída em 1982, está situada na Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana (RH7), no rio Degebe, a sudoeste da cidade de Évora, na freguesia de S. Manços. A albufeira é utilizada para fins múltiplos, sendo a sua água utilizada maioritariamente para o abastecimento doméstico da população da cidade de Évora. A área da bacia hidrográfica é de 267 km². Dispõe de uma capacidade de armazenamento de 14.8 hm³, apresentando ao longo do seu funcionamento uma acentuada variabilidade dos volumes de água armazenada tanto ao longo do ano, como entre anos. A albufeira de

Monte Novo encontra-se classificada como albufeira de águas públicas “protegida” nos termos da Portaria n.º 522/2009, de 15 de Maio (Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas integradas na Região Hidrográfica 7- Parte 2; 2012).

A atividade industrial na bacia é reduzida. Na localidade de Nossa Senhora de Machede laboram uma fábrica de curtumes e um lagar de azeite, cujos impactos estão minimizados com a instalação de uma estação de tratamento de águas residuais. Contudo, os fertilizantes e pesticidas utilizados na agricultura, associados a más praticas agrícolas, relacionados, sobretudo, com métodos e épocas de mobilização do solo e com doses, fracionamentos e épocas de aplicação de fertilizantes e pesticidas inadequadas, constituem, uma das principais fontes de poluição difusa da albufeira (Pinheiro, 2005).

4. Material e Métodos

4.1 – Universo de Estudo e Amostra

É importante referir que a natureza e dimensão do universo de estudo é definida pelo objetivo do estudo. Como tal, entende-se como pertinente definir que, neste caso, o universo de estudo são as albufeiras do Alentejo. O estudo incide sobre um subgrupo do universo de estudo selecionado, por conveniência de dados disponíveis e acessibilidade à informação, nomeadamente das albufeiras do Enxoé e do Monte Novo que constituem a amostra.

Tabela 2 – Região Hidrográfica e Distrito das albufeiras objeto de estudo

Albufeira	Distrito	Região Hidrográfica
Enxoé	Beja	RH7
Monte Novo	Évora	RH7

4.2 – Instrumentos de recolha de dados

Os dados foram recolhidos com recurso a listas de observação cedidas pelo autor da dissertação de doutoramento “AS CIANOBACTÉRIAS NA ÁGUA E A MORBILIDADE E MORTALIDADE NA REGIÃO DO ALENTEJO, 2014”.

4.3 – Bases de dados

Os dados recolhidos para a elaboração do estudo foram obtidos através uma matriz de dados públicos nacionais disponibilizada pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), bem como a base de dados pública da Agência portuguesa do ambiente (APA).

O método para a recolha de dados relativo à base de dados do SNIRH pode ser consultado no Anexo I.

4.4 – Variáveis analisadas

4.4.1 – Independentes: Físicas e Químicas

Para a caracterização física e química foram selecionadas as seguintes variáveis: Temperatura, pH, Oxigénio Dissolvido, Condutividade elétrica, Carência Bioquímica de Oxigénio, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos, Fósforo Total e Manganês Total.

4.4.2 – Dependentes: Fitoplanctónicas

Os dados fitoplanctónicos relativos às águas das albufeiras objeto de estudo foram recolhidos pela Administração da Região Hidrográfica do Alentejo (ARH Alentejo), tendo sido utilizadas as seguintes variáveis:

- Concentração de Clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$);
- Biovolume Total (mm^3/L);
- População Fitoplanctónica (Separada por código IGA – Ver anexo II);
- Densidade (células/mL);
- Florescência das Cianobactérias (>2000 células/ml).

O período considerado para a avaliação dos reservatórios objeto de estudo foi o que decorreu entre os anos de 2014 a 2019: Enxoé (2014 a 2019), Monte Novo (2014 a 2019) por disponibilidade de dados.

4.5 – Tratamento de Dados e Análise Estatística

A análise de dados, o seu tratamento e construção das representações gráficas foram efetuadas através dos programas Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 22.0. Numa fase inicial, o tratamento dos dados incidiu sobre a estatística descritiva com o objetivo de identificar medidas de tendência central e de dispersão para cada um dos parâmetros. Foram efetuadas representações gráficas com indicação do valor médio e desvio padrão para os parâmetros nitrogénio total, fósforo total e clorofila-*a* visto que os dois primeiros são nutrientes considerados fulcrais para o aumento da eutrofização e consequente desenvolvimento fitoplanctónico e no caso da clorofila *a* por ser considerado o indicador universal de biomassa algal e indicador do estado trófico (Cunha-Bellém, 2014). Posteriormente, com o objetivo de caracterizar a população fitoplanctónica presente nas amostras, procedeu-se à construção de uma representação gráfica que traduz a expressão, em percentagem, da dominância que cada grupo fitoplanctónico representa em cada estação do ano ao longo dos anos 2014-2019.

5. Apresentação de Resultados

Tabela 3 - Concentrações médias, desvio padrão (DP) e número de observações consideradas (N) para os parâmetros físicos e químicos avaliados

Reservatório		Enxoé	Monte Novo
Período Avaliado		2014/2019	2014/2019
<i>Parâmetros Avaliados</i>	VMR* VMA**		
		16,68	18,07
<i>Temperatura (°C)</i>	22* 25**	DP 4,73 N= 451	DP 5,07 N= 430
		8,15	8,36
<i>pH (20°C)</i>	5.5 – 9.0*	DP 0,42 N= 66	DP 0,55 N= 44
<i>Condutividade (µS/cm, 20°C)</i>	1000 **	506,55 DP 18,43 N= 66	330,24 DP 65,74 N= 42
<i>Oxigênio Dissolvido (%)</i>	50*	96,32 DP 23,43 N= 72	102,53 DP 22,3 N= 72
<i>Azoto amoniacal (mg/L, NH4)</i>	1.00 * 1.50**	0,55 DP 0,92 N= 55	0,27 DP 0,35 N= 44
<i>Nitratos (mg/L, NO3)</i>	50*	1,28 DP 1,10 N= 53	1,13 DP 1,01 N= 42
<i>Fósforo Total (mg/L, P)</i>		0,14 DP 0,21 N= 53	0,08 DP 0,06 N= 35
<i>Manganês Total (mg/L, Mn)</i>	0.10*	--	5,87 DP 14,57 N= 27
<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio - CBO5 (mg/L O2, 20° C)</i>	5*	3,76 DP 3,11 N= 26	3,22 DP 1,47 N= 21
<i>Azoto Total (mg/L)</i>		(<) 3,06 DP 0,30 N= 53	1,10 DP 0,56 N= 42

*Valor Máximo Recomendado | Valores com base no decreto-lei n.º 236/98

**Valor Máximo Admissível

5.1 – Caracterização Física e Química

Analisados os parâmetros físicos e químicos organizados na Tabela 3 pôde constatar-se que os reservatórios do Enxoé e do Monte Novo apresentaram valores médios de temperatura de 16,7°C e 18,1°C respetivamente. Avaliando anualmente os valores, verificou-se que a temperatura média oscilou entre 16,1°C e 18,2 °C no reservatório do Enxoé enquanto no reservatório de Monte Novo oscilou entre 16,5°C e 19,4°C (Figura 5). Os Valores médios de pH das duas albufeiras foram muito próximos e superiores a 8, sendo que o pH do reservatório do Monte Novo foi o mais elevado, apresentando um valor de 8,36. Relativamente à condutividade térmica, o valor mais elevado foi registado no reservatório do Enxoé sendo o valor de 506,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

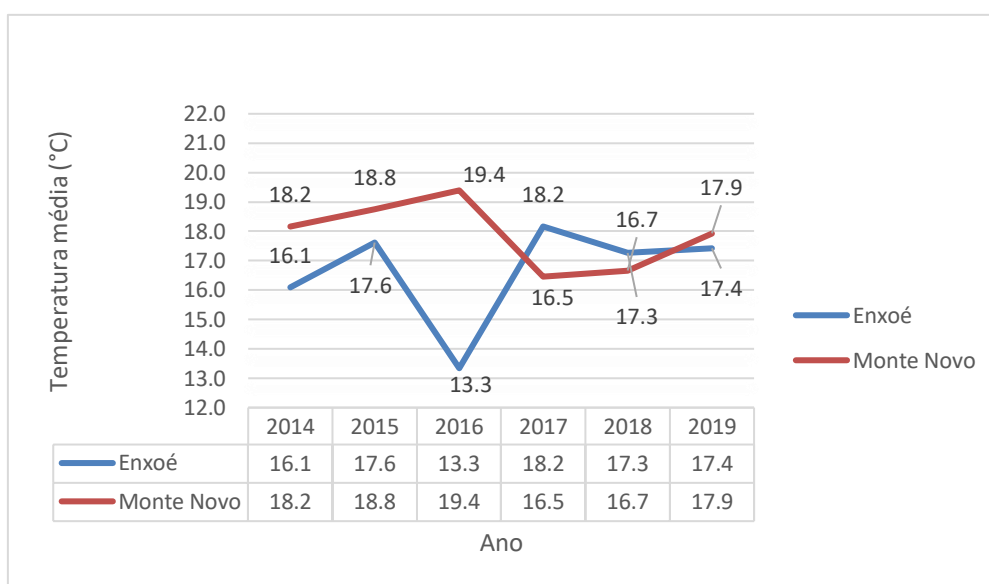


Figura 5 – Valores médios anuais de temperatura registados nas albufeiras objeto de estudo

O valor médio da percentagem de oxigénio dissolvido verificou-se acima dos VMR em ambas as albufeiras, o que poderá refletir elevada produtividade primária (Cunha-Bellém, 2014).

Quanto aos compostos de azoto analisados, verificou-se que as concentrações médias tanto de nitratos como de azoto amoniacal, em ambos os reservatórios, estiveram abaixo dos valores máximos permitidos na legislação. Deste modo, no que respeita aos nitratos, a concentração média nos dois reservatórios foi inferior a 50mg/L. Relativamente ao azoto amoniacal, as concentrações médias apresentaram valores inferiores a 1,5mg/L, VMR estabelecido por lei para águas superficiais submetidas a tratamento químico, físico e desinfecção (Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto do Ministério do Ambiente., 1998).

É de notar, no que toca ao azoto total, que na albufeira do Enxoé apenas se sabe que o valor médio é inferior a 3,06 mg/L, isto deveu-se à forma como os valores para este parâmetro foram anotados na base de dados, em que neste caso, sempre que os valores fossem inferiores a 3 o valor anotado era dado como “(<) 3”. Já no caso de Monte Novo o valor médio de azoto total é de 1,10mg/L (Figura 6). Os valores médios de fósforo total em ambas as albufeiras situaram-se abaixo dos valores previstos na legislação.

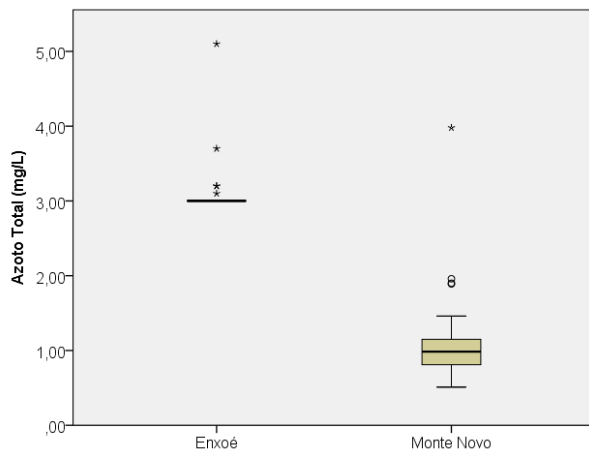


Figura 6 – Diagramas de extremos para o parâmetro Azoto Total registado nas albufeiras objeto de estudo.

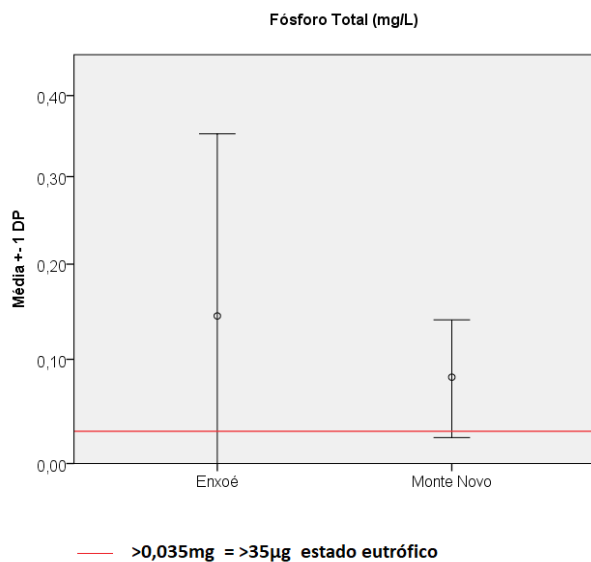


Figura 7 – Valores médios e desvio padrão para o parâmetro Fósforo Total registado nas albufeiras objeto de estudo

De acordo com os critérios de eutrofização estabelecidos em Portugal para albufeiras e lagoas (Figura 8), que permitem classificar o seu estado trófico através da análise dos parâmetros fósforo total e clorofila-a, pôde classificar-se as albufeiras objecto de estudo como sistemas eutróficos, uma vez que apresentaram no periodo avaliado valores médios de clorofila-a superiores a 10µg/L (Figura 9) e de fósforo total superior a 35µg/L (Figura 7).

	Oligotrófica	Mesotrófica	Eutrófica
Fósforo Total (mg P/m3)	<10	10 - 35	>35
Clorofila - a mg / m3)	<2.5	2.5 - 10	>10
Oxigénio Dissolvido (% saturação)	-	-	<40

Nota: os valores correspondem a médias geométricas

Conformidade: a classe atribuída corresponde ao valor mais desfavorável

Amostragem: pelo menos uma amostra em cada estação do ano colhida a meio metro da camada superficial

Figura 8 – Critérios de eutrofização para Albufeiras e Lagoas – Valores Limite para caracterização do estado trófico (INAG, 2002)

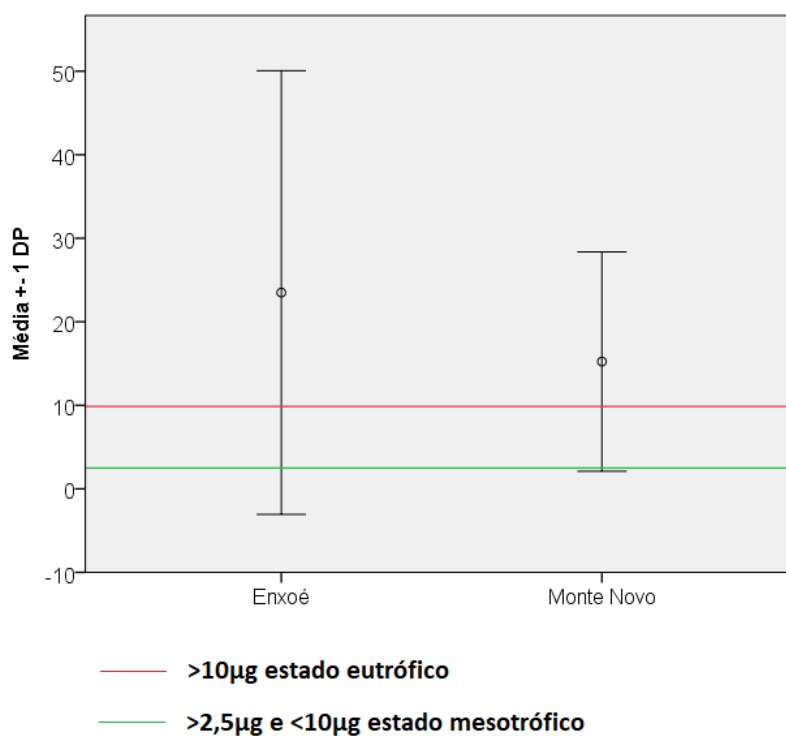


Figura 9 – Valores médios e desvio padrão para o parâmetro Clorofila-a registado nas albufeiras objeto de estudo

5.2 – Caracterização Fitoplanctónica

Pode ver-se representada a evolução temporal da abundância relativa dos principais grupos fitoplanctónicos nas albufeiras objeto de estudo na figura 10. De um modo geral, na albufeira do Enxoé as cianobactérias apresentaram um domínio mais acentuado nos meses de verão, porém em 2019, para além do verão, verificou-se um grande domínio das cianobactérias nos meses de Outono. É de notar que no verão de 2015 se verificou uma baixa dominância do grupo das cianobactérias tendo sido o grupo da clorófitas a apresentar elevada dominância neste período. Contrariamente, no Verão do ano anterior (2014) a dominância das cianobactérias atingiu valores próximos de 100%.

O grupo das cianobactérias apresentou uma dominância mais extensa no tempo na albufeira de Monte Novo quando comparada com a do Enxoé relativamente ao período estudado. Contudo, o padrão sazonal da dominância deste grupo fitoplanctónico não é tão direto na albufeira de Monte Novo, visto que se verificou dominância de cianobactérias em período de Primavera, Verão e Outono e em 2015 até no período de Inverno se verificou dominância, não obstante, nos períodos de Verão a dominância das cianobactérias apresentou sempre valores superiores a 70%, à exceção do Verão de 2019 em que o grupo fitoplanctónico dominante foi o dos dinoflagelados.

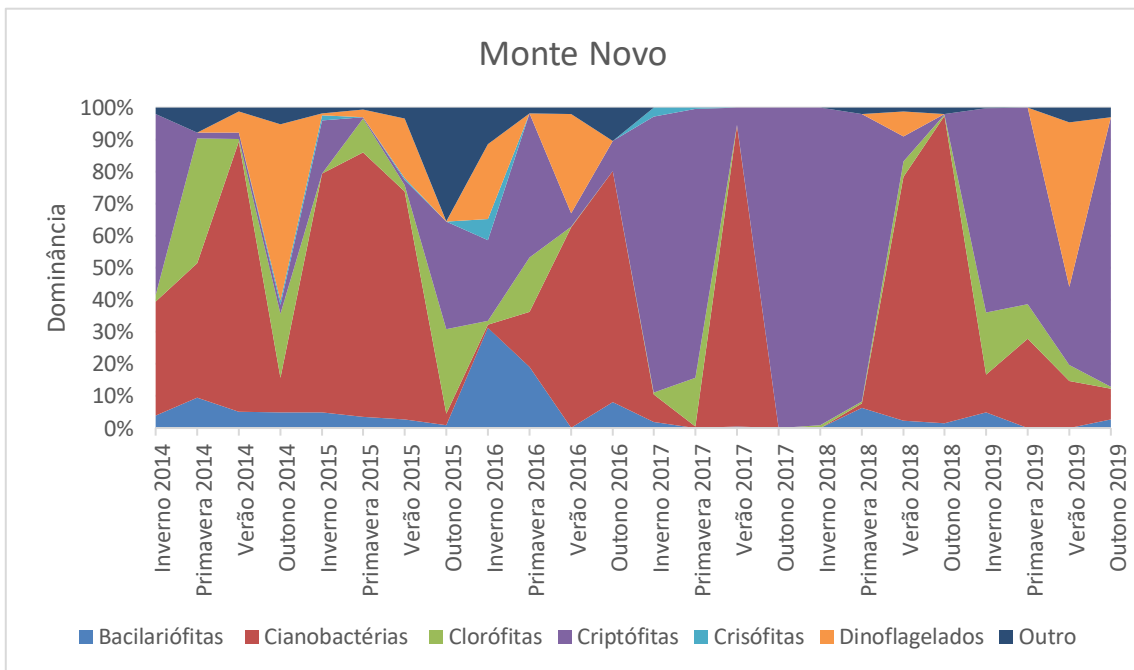
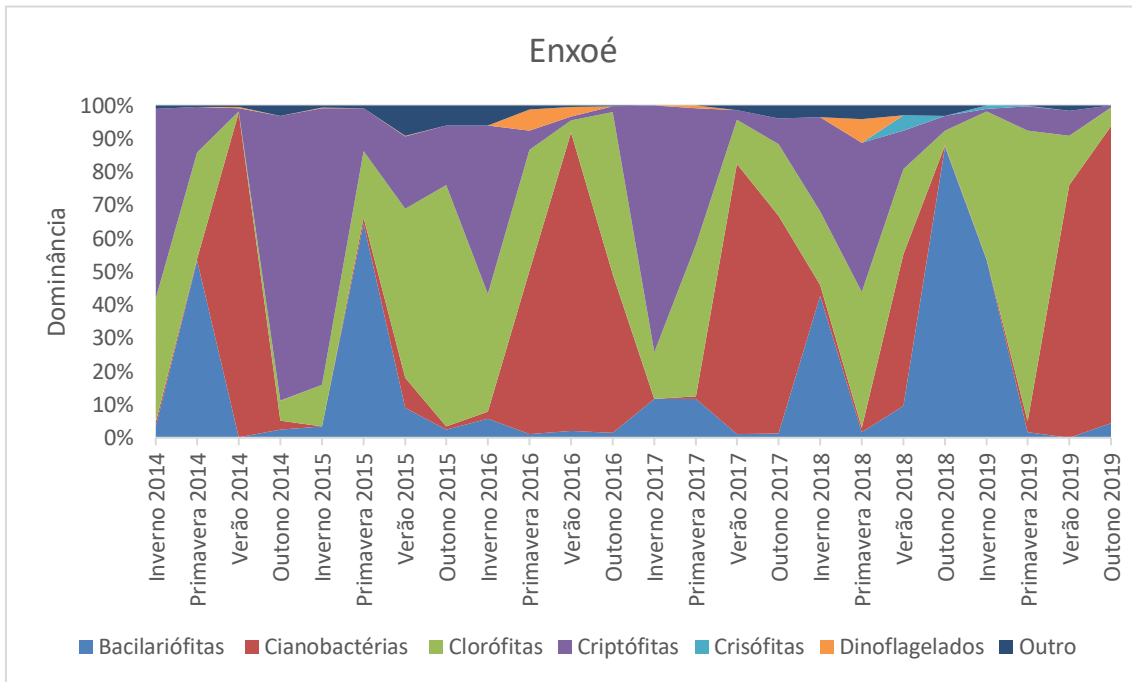


Figura 10 - Evolução temporal da abundância relativa dos principais grupos fitoplanctônicos nas albufeiras objeto de estudo entre os anos de 2014 a 2019

5.3 – Identificação de Florescências a cianobactérias e níveis críticos de contaminação

Quanto à florescência a cianobactérias, que se considerou aquando da existência de contagens de células superiores a 2000/mL, a albufeira do Enxoé apresentou as florescências mais expressivas no verão de 2014 com 1.801.445 cels/mL e no Verão de 2016 com 1.622.761 cels/mL (Tabela 4). As cianobactérias cuja presença teve uma maior expressão foram as seguintes: *Aphanizomenon flos-aquae* com 1.587.459 cels/mL, *Aphanizomenon sp.*, com 1.028.637 cels/mL e *Cylindropermopsis sp* com 489.721 cels/mL (Tabela 6).

Tabela 4 - Florescências mais expressivas na albufeira do Enxoé – densidade superior a 2000cels/mL

Ano	Estação	Bacilariófitas	Cianobactérias	Clorófitas	Criptófitas
2014	Primavera		3468	235	
	Verão		1801445		
2015	Primavera	4117	6247	416	
	Outono		2164	11543	
2016	Inverno		7358	3293	
	Primavera		71569	196	
	Verão		1622761	248	
	Outono		100734	6815	
2017	Primavera		7835	465	5655
	Verão		1244571	481	2396
	Outono		46969		
2018	Inverno	13417	91364	169	62
	Verão		563832	50	3195
	Outono		5294		

Na albufeira de Monte Novo a florescência mais expressiva a Cianobactérias ocorreu no verão de 2017, onde se contabilizaram 3.116.983 cels/mL (Tabela 5). As cianobactérias cuja presença teve uma maior expressão foram as seguintes: *Cylindropermopsis raciborski* com 2.066.134 cels/mL e *Aphanizomenon flos-aquae.*, com 814.051 cels/mL (Tabela 6).

De acordo com WHO (2003b), os valores guia propostos para o controle do risco associado à presença de cianobactérias são:

- Densidades entre 20.000 - 100.000 cel/mL – Risco baixo
- Densidades superiores a 100.000 cels/mL – Risco Moderado a elevado

Tendo em conta os valores acima mencionados, constatou-se que ambas as albufeiras objeto de estudo apresentaram, aquando das suas florescências mais expressivas, contagens de cianobactérias que indicam a presença de risco potencial moderado a elevado para as populações expostas.

Tabela 5 - Florescências mais expressivas na albufeira de Monte Novo – densidade superior a 2000cels/mL

Ano	Estação	Bacilariófitas	Cianobactérias	Clorófitas	Criptófitas
2014	Inverno		2658		
	Primavera		61962	2715	
	Verão	5423	442622		2059
	Outono		12460		
2015	Inverno		25422		3419
	Primavera		125136		
	Verão		389698		
2016	Primavera		15180		
	Verão		789385		
	Outono		15737		
2017	Inverno		3431		
	Verão		3116983	2106	3471
2018	Inverno				3308
	Verão		753321	2178	
	Outono		121620		
2019	Primavera		5881		
	Verão		202897		2246
	Outono		8395		

Tabela 6 – Identificação das Cianobactérias associadas às florescências mais expressivas, propriedades tóxicas e órgãos alvo

Albufeira	Colheitas	Cianobactéria	Densidade - Cels/mL	Propriedades tóxicas	Órgão alvo
Enxoé	Verão 2014	<i>Woronichinia sp</i>	6435	Irritante	Pele + Olhos
		<i>Anabaena sp.</i>	125791	Neuro-hepatotóxico	SN* + Fígado
		<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	1587459	Neuro-hepatotóxico	SN* + Fígado
		<i>Woronichinia naegeliana</i>	81760	Irritante	Pele + Olhos
	Verão 2016	<i>Anabaena sp.</i>	2365	Neuro-hepatotóxico	SN* + Fígado
		<i>Microcystis aeruginosa</i>	5670	Hepatotóxico	Fígado
		<i>Outras cocóides</i>	5963		
		<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	90405	Neuro-hepatotóxico	SN* + Fígado
		<i>Aphanizomenon sp</i>	1028637	Neuro-hepatotóxico	SN* + Fígado
		<i>Cylindrospermopsis</i>	489721	Hepatotóxico	Fígado + Rins
Monte Novo	Verão 2017	<i>Planktothrix sp.</i>	3801	Neuro-hepatotóxico Dermotóxico	SN* + Fígado Pele
		<i>Anabaena flos-aquae</i>	232997	Neuro-hepatotóxico	SN* + Fígado
		<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	814051	Neuro-hepatotóxico	SN* + Fígado
		<i>Cylindrospermopsis raciborski</i>	2066134	Hepatotóxico	Fígado + Rins

6. Discussão

Tendo em conta o objetivo principal do estudo, bem como a sua natureza de carácter comparativo, reuniram-se os dados físicos, químicos e fitoplanctónicos atuais e os dados conhecidos anteriormente a este estudo, que foram obtidos de (Fernando Bellém, 2011) para respetiva comparação.

Relativamente à componente física e química (Tabela 7), observaram-se algumas alterações na albufeira do Enxoé, nomeadamente uma diminuição da temperatura média de 19°C para 16,68°C e um aumento da percentagem de oxigénio dissolvido de 79,80% para 96,32%. Segundo (Lazem, Laith Faisal & Resen, Amjed & Taher, M & Sabbar, A., 2010) a quantidade de oxigénio dissolvido numa coluna de água é inversamente proporcional à temperatura da água sendo que tal se verificou neste caso. Verificou-se também um aumento da condutividade térmica de 467,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 20°C para 506,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 20°C bem como um aumento no azoto amoniacal de 0,35 mg/L, NH_4 para 0,55 mg/L, NH_4 , o valor médio dos nitratos sofreu um aumento de 0,68 mg/L, NO_3 para 1,28 mg/L, NO_3 , tendo quase duplicado. Os valores correspondentes à demanda bioquímica de oxigénio diminuíram de 4,60 mg/L O_2 , 20°C para 3,76 mg/L O_2 , 20°C.

Os valores correspondentes à componente física e química (Tabela 7) também sofreram alterações na albufeira de Monte Novo tendo-se verificado uma diminuição da temperatura média de 18,80°C para 18,07°C e um aumento da percentagem de oxigénio dissolvido de 92,20% para 102,53%, alterações menos acentuadas do que na albufeira do Enxoé. O valor médio de pH registou uma ligeira subida de 8,20 para 8,36, já a condutividade térmica diminuiu de 350,80 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 20°C para 330,24 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 20°C. O parâmetro químico azoto amoniacal verificou um aumento superior a 2 vezes tendo passado de 0,12 mg/L, NH_4 para 0,27 mg/L, NH_4 , inversamente, os valores de azoto total diminuíram para metade tendo passado de 2,2 mg/L para 1,1 mg/L. Os valores correspondentes à demanda bioquímica de oxigénio diminuíram de 3,60 mg/L O_2 , 20°C para 3,22 mg/L O_2 , 20°C. É de notar que a alteração mais acentuada se verificou nos valores de Manganês total, que nos período de 2000/2007 registaram 0,06 mg/L, Mn e no período de 2014/2019 registaram 5,87 mg/L, Mn, este aumento abrupto deveu-se a uma elevada quantidade de manganês registada no ano de 2017, ano em que se registaram valores atípicos muito superiores a todos os outros anos. Deste modo, supõe-se a existência de algum tipo de descarga de manganês no reservatório objeto de estudo.

Tabela 7 – Concentrações médias dos parâmetros físicos e químicos avaliados no estudo anterior e no estudo atual relativos às albufeiras objeto de estudo – Tabela comparativa

Reservatório		Enxoé		Monte	
				Novo	
Período Avaliado		2003/2004	2014/2019	2000/2007	2014/2019
Parâmetros Avaliados	VMR*				
	VMA**				
Temperatura (°C)	22* 25**	19	16,68	18,80	18,07
pH (20°C)	5.5 – 9.0*	8,10	8,15	8,20	8,36
Condutividade (µS/cm, 20°C)	1000 **	467,00	506,55	350,80	330,24
Oxigénio Dissolvido (%)	50*	79,80	96,32	92,20	102,53
Azoto amoniacal (mg/L, NH4)	1.00 * 1.50**	0,35	0,55	0,12	0,27
Nitratos (mg/L, NO3)	50*	0,68	1,28	1,10	1,13
Fósforo Total (mg/L, P)		0,14	0,14	0,07	0,08
Manganês Total (mg/L, Mn)	0.10*	0,1	--	0,06	5,87
Carência Bioquímica de Oxigénio - CBO5 (mg/L O2, 20° C)	5*	4,60	3,76	3,60	3,22
Azoto Total (mg/L)		2,70	(<) 3,06	2,2	1,1

Quanto à composição fitoplanctónica, verificou-se uma evolução na dinâmica da expressão dos diferentes grupos fitoplanctónicos na albufeira do Enxoé (Figura 11). Não esquecendo que os dados referentes ao estudo anterior abrangem apenas valores referentes a 2003-2004, verificou-se que no geral a dominância do grupo das cianobactérias teve uma diminuição acentuada, tendo passado de uma dominância prolongada e contínua perto de 100% no estudo anterior, para uma dominância menor numa perspetiva temporal, verificando-se de um modo geral uma maior diversidade de grupos fitoplanctónicos. Na albufeira de Monte Novo também foi possível verificar uma evolução na dinâmica da expressão dos grupos fitoplanctónicos (Figura 12), porém menos abrupta que no caso do Enxoé. A dominância do grupo das cianobactérias verificou-se menos prolongada no tempo no estudo atual relativamente ao estudo anterior, havendo maior expressão de outros grupos fitoplanctónicos.

Enxoé 2003-2004

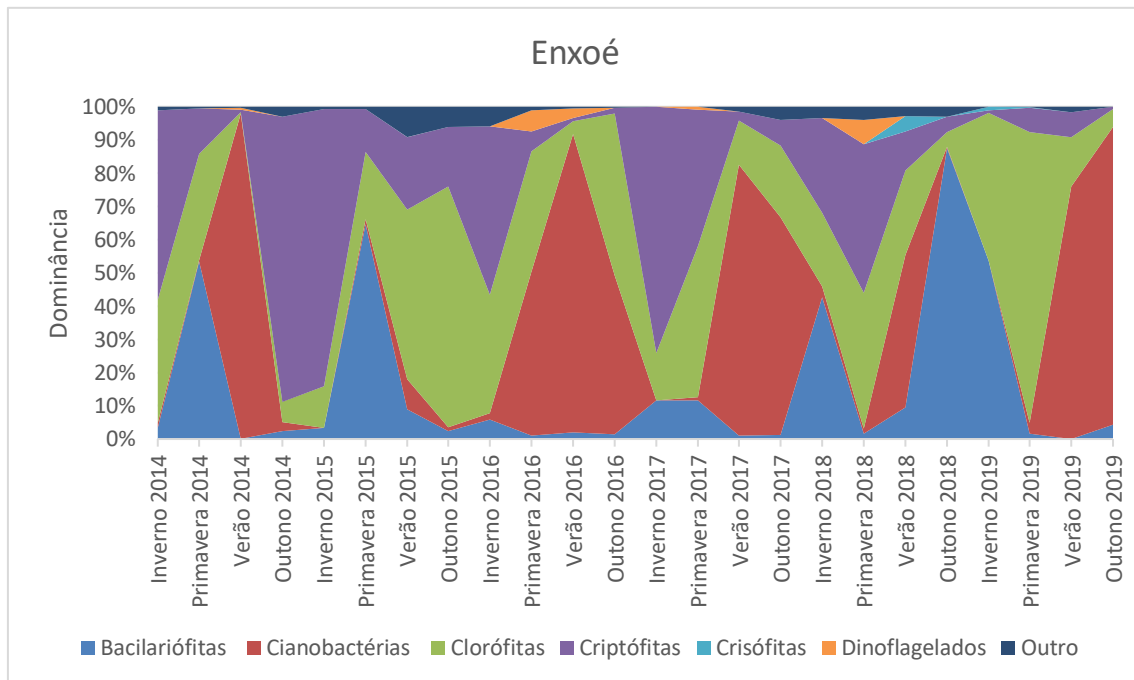
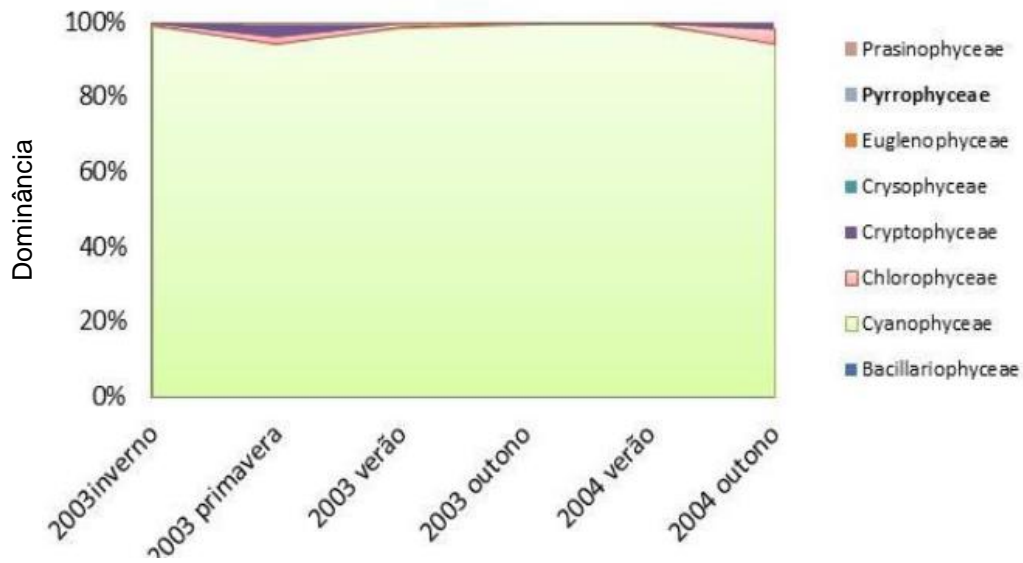


Figura 11 - Evolução temporal da abundância relativa dos principais grupos fitoplanctônicos na albufeira do Enxoé entre os anos de 2003 a 2004 e entre os anos de 2014 a 2019

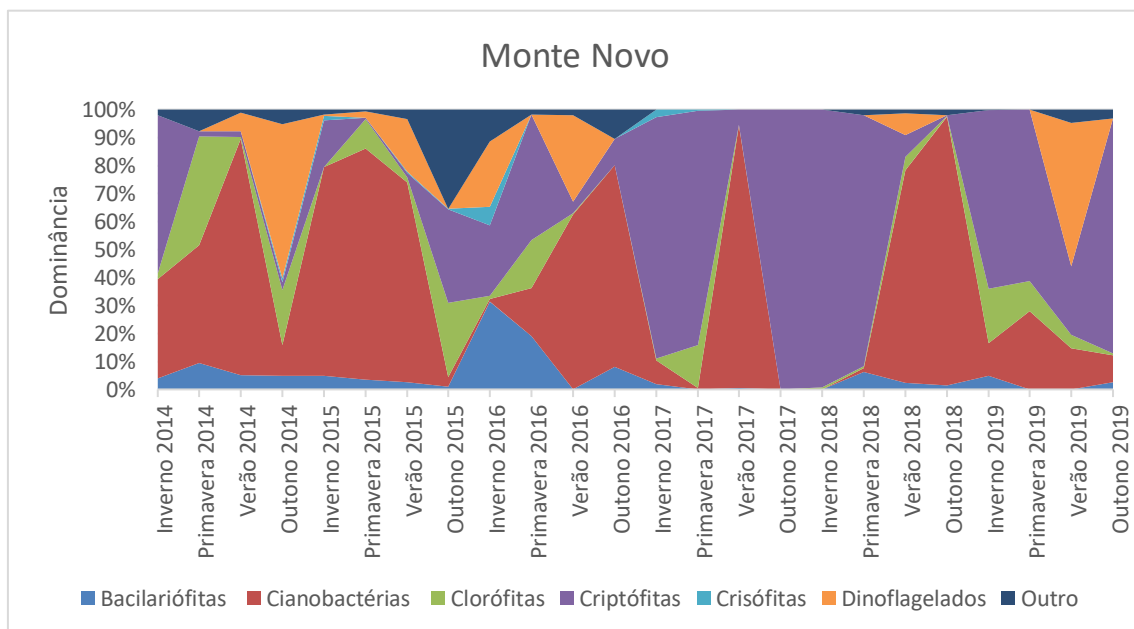
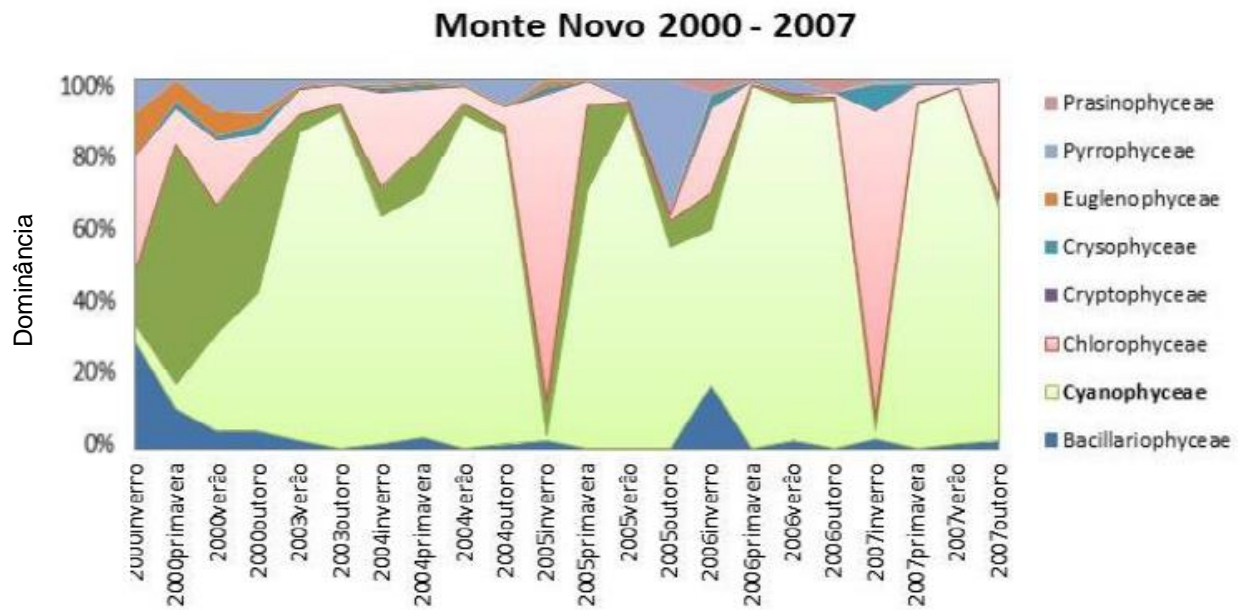


Figura 12 - Evolução temporal da abundância relativa dos principais grupos fitoplanctônicos na albufeira de Monte Novo entre os anos de 2000 a 2007 e entre os anos de 2014 a 2019

Após analisadas as tabelas em que constam as florescências mais expressivas na albufeira do Enxoé (Tabela 8) verificou-se que de 2003-2004 para 2014-2019:

- Houve uma diminuição generalizada da densidade de Cianobactérias;
- O ponto de maior expressão de florescência registado para cada período aumentou de um máximo de 1.478.403 cels/mL para 1.801.445 cels/mL.

Para esta albufeira, quanto à identificação de quais as cianobactérias associadas às florescências mais expressivas, verificou-se um aumento na diversidade de cianobactérias sendo que no período de 2003-2004 se registou a presença de *Aphanizomenon* sp. e *Oscillatoria* sp., já no presente estudo, entre 2014-2019 registou-se a presença de *Aphanizomenon* sp. *Aphanizomenon flos-aquae*, *Cylindrospermopsis*, *Anabaena* sp. e *Woronichinia naegeliana* (Tabela 10).

Tabela 8 - Florescências mais expressivas de cianobactérias na albufeira do Enxoé nos períodos 2003-2004 e 2014-2018 – densidade superior a 2000cels/mL

Ano	Estação	Cianobactérias	Ano	Estação	Cianobactérias
2003	Inverno	424.996	2014	Primavera	3.468
	Primavera	660.507		Verão	1.801.445
	Verão	877.228	2015	Primavera	6.247
	Outono	1.478.403		Outono	2.164
2004	Verão	1.357.712	2016	Inverno	7.358
	Outono	1.076.628		Primavera	71.569
				Verão	1.622.761
				Outono	100.734
			2017	Primavera	7.835
				Verão	1.244.571
			Outono	46.969	
			2018	Inverno	91.364
				Verão	563.832
				Outono	5.294

No caso das tabelas correspondentes às florescências mais expressivas na albufeira de Monte Novo (Tabela 9) verificou-se que desde o período de 2003-2007 até 2014-2019:

- Houve um aumento generalizado da densidade de Cianobactérias;
- O ponto de maior expressão de florescência registado para cada período aumentou de um máximo de 250.036 cels/mL para 3.116.983 cels/mL, o que representa um aumento bastante significativo da expressão de florescência.

Relativamente à identificação de quais as cianobactérias associadas às florescências mais expressivas, no período de 2003-2007 a maior expressão de cianobactérias deveu-se à presença de *Microcystis sp.* e *Woronichinia sp.*. No presente estudo, entre 2014-2019 as cianobactérias que mais se destacaram foram *Cylindrospermopsis raciborski*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, e *Planktothrix sp* (Tabela 11), o que indica uma alteração de quais as espécies presentes relativamente ao período anterior.

Tabela 9 - Florescências mais expressivas de cianobactérias na albufeira de Monte Novo nos períodos 2003-2007 e 2014-2019 – densidade superior a 2000cels/mL

Ano	Estação	Cianobactérias	Ano	Estação	Cianobactérias
2003	Verão	99.370	2014	Inverno	2.658
	Outono	199.040		Primavera	61.962
2004	Inverno	14.104	Verão	442.622	
	Primavera	12.261	Outono	12.460	
	Verão	192.270	Inverno	25.422	
2005	Outono	72.980	2015	Primavera	125.136
	Primavera	32.730	Verão	389.698	
2006	Verão	100.069	2016	Primavera	15.180
	Outono	5.694	Verão	789.385	
2007	Inverno	4.228	Outono	15.737	
	Primavera	250.036	2017	Inverno	3.431
	Verão	57.450	Verão	3.116.983	
2007	Outono	61.046	2018	Verão	753.321
	Primavera	75.512	Outono	121.620	
	Verão	198.654	Primavera	5.881	
2007	Outono	33.401	2019	Verão	202.897
			Outono	8.395	

Tabela 10 – Cianobactérias com contagens superiores a 2000/cels/mL no Outono de 2003 (à esquerda) e nos verões de 2014 e 2016 (à direita) na albufeira do Enxoé

Enxoé		
Periodo	2003-2004	2014-2018
Estação / Ano	Outono 2003	Verão 2014/2016
Cianobactérias	Aphanizomenon sp 817.530	Aphanizomenon sp. 1.028.637
	Oscillatoria sp. 12.644	Aphanizomenon flos-aquae 1.587.459
		Cylindrospermopsis 489.721
		Anabaena sp. 125.791
		Woronichinia naegeliana 81.760

Tabela 11 – Cianobactérias com contagens superiores a 2000/cels/mL na primavera de 2006 (à esquerda) e no verão de 2017 (à direita) na albufeira de Monte Novo

Monte Novo		
Periodo	2003-2007	2014-2019
Estação / Ano	Primavera 2006	Verão 2017
Cianobactérias	Microcystis sp. 114.595	Planktothrix sp. 3.801
	Woronichinia sp 51.948	Anabaena flos-aquae 232.997
		Aphanizomenon flos-aquae 814.051
		Cylindrospermopsis raciborski 2.066.134

7. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a população de cianobactérias presentes em albufeiras do Alentejo num espaço temporal de 10 anos, avaliar a potencial toxicidade associada e comparar a evolução destes parâmetros com dados provenientes de estudos anteriores (referentes ao período entre 2000-2009), inserindo-se deste modo numa perspetiva de monitorização.

Dentro do Universo de estudo foram selecionadas as albufeiras do Enxoé e de Monte Novo, por disponibilidade de dados, sobre as quais com base nos resultados dos parâmetros fósforo total e clorofila-a se conclui que ambas as albufeiras se encontram eutrofizadas. Este estado de eutrofização é transversal tanto ao período de 2003-2007 como ao período de 2014-2019.

Como resposta aos objetivos I e V, após caracterização física e química verificou-se que em ambas as albufeiras houve uma diminuição da temperatura média, um aumento do azoto amoniacal e dos nitratos, fatores que promovem o desenvolvimento de cianobactérias. O valor médio da percentagem de oxigénio dissolvido aumentou face ao período estudado anteriormente e verificou-se acima dos VMR em ambas as albufeiras, o que poderá refletir elevada produtividade primária (Cunha-Bellém, 2014).

Quanto á caracterização fitoplanctónica verificou-se um domínio das cianobactérias face a outros grupos fitoplanctónicos, apresentando abundâncias particularmente acentuadas nos meses de verão e outono sendo que em certos chegou a atingir valores de dominância perto de 100%, bem como densidades de cianobactérias superiores a 100.000 cels/mL, o que responde ao objetivo IV.

Atualmente a diversidade de espécies de cianobactérias responsáveis pelas florescências mais expressivas aumentou nas duas albufeiras face ao estudo anterior tendo sido identificadas as seguintes espécies: (objetivo II)

Albufeira do Enxoé:

- *Aphanizomenon sp.*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Cylindrospermopsis*, *Anabaena sp.*, *Woronichinia naegeliana*

Albufeira de Monte Novo:

- *Planktothrix sp.*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Cylindrospermopsis raciborski*

Como resposta ao objetivo III, de acordo com WHO (2003b), os valores guia propostos para o controle do risco de toxicidade associado à presença de cianobactérias são:

- Densidades entre 20.000 - 100.000 cels/mL – Risco baixo
- Densidades superiores a 100.000 cels/mL – Risco Moderado a elevado

Tendo em conta os valores acima mencionados, constatou-se que ambas as albufeiras objeto de estudo apresentaram maioritariamente, aquando das suas florescências mais expressivas, contagens de cianobactérias superiores a 100.000 cels/ml, o que indica a presença de risco potencial de toxicidade moderado a elevado para as populações expostas visto que as espécies mencionadas são produtoras de cianotoxinas.

O estudo sofreu de algumas limitações, uma delas sendo que os dados disponíveis dos estudos anteriores relativos à albufeira do Enxóe serem apenas referentes a 2 anos (2003-2004) o que impede ter uma boa imagem geral do que ocorreu nessa década, outra limitação deveu-se á forma como alguns dados foram anotados nas bases de dados utilizadas como no caso do azoto total para a albufeira do Enxóe em que apenas se sabe que o seu valor médio é inferior a três (> 3). Como perspetiva futura seria interessante estudar outras albufeiras para compreender se existe um padrão na evolução da eutrofização e do desenvolvimento de cianobactérias face há 10 anos.

8. Bibliografia

- ARH Alentejo.; Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. (Fev 2012). *Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas integradas na Região Hidrográfica 7- Parte 2.*
- Berg, M. & Sutula, M. (2015). Factors Affecting the Growth of Cyanobacteria with Special Emphasis on the Sacramento-San Joaquin Delta. , *Southern California Coastal Water Research Project Technical Report 869.*
- Björn L. O, Papageorgiou GC, Blankenship RE, Govindjee. (2009). A viewpoint: why chlorophyll a? *Photosynth Res. Feb;99(2):85-98.*
- Botes DP, Tuinman AA, Wessels PL, Viljoen CC, Kruger H. (1984). The structure of cyanoginosin-LA, a cyclic heptapeptide toxin from the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *J Chem Soc Perkin Trans. 1:2311–2318.*
- Brian A. Whitton. (2012). Ecology of Cyanobacteria II. Springer, p136-137.
- Carmichael WW, Beasley V, Bunner DL, Eloff JN, Falconer IR, Gorham PR et al. (1988). Naming of cyclic heptapeptide toxins of cyanobacteria (blue-green algae). *Toxicon 26:971–973.*
- Chorus, I, Welker M; eds. (2021). Toxic Cyanobacteria in Water, 2nd edition. CRC Press, Boca Raton (FL), on behalf of the World Health Organization, Geneva, CH.
- Codd Geoffrey A. , Morrison Louise F. , Metcalf James S. (2005). Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. *Toxicology and Applied Pharmacology*, pp. 264 – 272.
- Crayton, M. (1993). *Toxic Cyanobacteria Blooms: A Field/Laboratory Guide. Office of Environmental Health Assessments, Washington State Department of Health, Olympia.*
- Cunha-Bellém, F. N. (2014). AS CIANOBACTÉRIAS NA ÁGUA E A MORBILIDADE E MORTALIDADE NA REGIÃO DO ALENTEJO. *Tese (Doutorado) - Curso de Doutoramento em Biologia, Instituto de Investigação e Formação avançada. Évora, 2014.*
- Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto do Ministério do Ambiente.* (1998). Obtido de Diário da República n.º 176/1998, Série I-A de 1998-08-01, páginas 3676 – 3722. Acedido a 3 de fev. 2022.: <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/236/1998/08/01/p/dre/pt/html>
- Du, X. L. (2019). The Diversity of Cyanobacterial Toxins on Structural Characterization, Distribution and Identification: A Systematic Review. *Toxins*,, 11(9), 530.
- Duarte, Á. F. (2013). Barragens e Albufeiras em Portugal: Usos da Água, Preocupações Ambientais e Ordenamento do Território . Caso de estudo: Albufeira de Foz Tua.
- Egbert Hoiczkyk, A. H. (2000). Cyanobacterial Cell Walls: News from an Unusual Prokaryotic Envelope. pp. *Journal of Bacteriology 182(5):1191-9.*
- Fernando Bellém, S. N. (2011). Toxicidade a Cianobactérias: Impacte Potencial na Saúde Pública em populações de Portugal e Brasil.

- FND Gregório. (2014). *New criteria and methods for cyanobacteria risk assessment and risk management in water for human consumption. Tese - (doutoramento) . Università degli Studi de Roma "La Sapienza"; 2014.*
- Francis G. (1878). *Poisonous Australian Lake*. Nature. 18:11-2.
- Hamilton TL, B. D. (2016). The role of biology in planetary evolution: cyanobacterial primary production in low-oxygen Proterozoic oceans. Environ Microbiol. 325-340.
- Hilborn, E. D., & Beasley, V. R. (2015). One health and cyanobacteria in freshwater systems: animal illnesses and deaths are sentinel events for human health risks. Toxins,. pp. 7(4), 1374–1395.
- Holland, A., Kinnear, S. (2013). Interpreting the possible ecological role(s) of cyanotoxins: compounds for competitive advantage and/or physiological aide? Mar. Drugs 11.
- Hutchinson, G. E. (1961). The Paradox of the Plankton. *The American Naturalist*.
- I.P., Instituto da água. (Julho de 2009). *Manual para a avaliação da qualidade biológica da água em Lagos e Albufeiras segundo a Directiva-Quadro da Água*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- I.P., Instituto da água. (Setembro 2009). *Critérios de classificação do estado das massas de água - rios e albufeiras*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- Jakubowska, N., & Szeląg-Wasielewska, E. (2015). Toxic picoplanktonic cyanobacteria-*review*. *Marine drugs*, pp. 13(3), 1497–1518.
- Jan Veerman, A. K. (2022). Exceptional landscape-wide cyanobacteria bloom in Okavango Delta, Botswana in 2020 coincided with a mass elephant die-off Harmful Algae,. *Volume 111, ISSN 1568-9883*,.
- Lazem, Laith Faisal & Resen, Amjed & Taher, M & Sabbar, A,. (2010). Long-term monitoring of Water characteristic of three restored southern marshes during the years. pp. Basrah Journal of Scienec. 28. 216-227.
- Lee, R. E. (2008). *Phycology (Fourth Edition)*. Cambridge University Press.
- Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro da Assembleia da República. (2005)*. Obtido de Diário da República n.º 249/2005, Série I-A de 2005-12-29, páginas 7280 - 7310. Acedido a 2 de Jun. 2022.: <https://data.dre.pt/eli/lei/58/2005/12/29/p/dre/pt/html>
- Lorenzi, A. S. (2004). Abordagens moleculares para detectar cianobactérias e seus genótipos produtores de microcistinas presentes nas represas Billings e Guarapiranga, São Paulo, Brasil. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mavioso, I. C. (2020). Identificação de Espécies de Cianobactérias potencialmente tóxicas, no reservatório de Alqueva por PCR em Tempo Real e DNA barcoding. *Tese (Mestrado) - Mestrado em Bioquímica, Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia. Évora, 2020.*
- Mendes, B. &. (2004). *Qualidade da água para consumo humano*. Lisboa: Lidel.

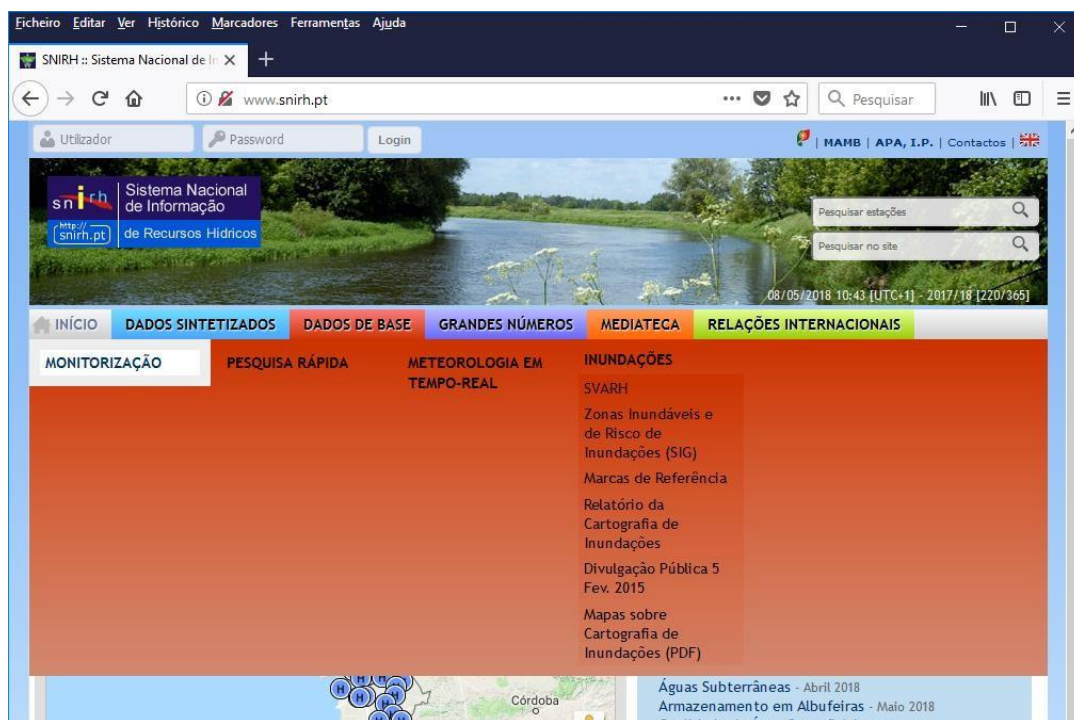
- Menezes, C. N. (2019). First description of an outbreak of cattle intoxication by cyanobacteria (blue-green algae) in the South of Portugal. *The Bovine Practitioner*.
- Merel S, W. D. (2013). State of knowledge and concerns on cyanobacterial blooms and cyanotoxins. *Environmental International*. pp. 303-327.
- Merican, Faradina; Broady, Paula. (2012). Phylum Cyanobacteria: blue green bacteria, blue green algae. Em *New Zealand Inventory of Biodiversity (Volume three) Kingdoms Bacteria, Protozoa, Chromista, Plantae, Fungi* (pp. pp.50-69).
- Morais, M. &. (2022). Avaliação da integridade ecológica de um reservatório na região mediterrânica: Caso de estudo da albufeira do Enxoé, Sul de Portugal. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*. 1. 9-25.
- Nogueira, S. I. (2018). Avaliação da qualidade da água na Albufeira do Torrão: Dinâmica do zooplâncton como bioindicador. *Tese (Mestrado) - Mestrado em Ecologia e Ambiente, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*.
- Oliveira, M. M. d., Filho, M. V. s., Bastos, J. d. C. & Neves, M. H. C. B.,. (2010). Toxinas de cianobactérias e microalgas marinhas: um desafio para a ecotoxicologia aquática. Volume 4. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, 57-80.
- O'Neil, J. M., Davis, T. W., Burford, M. A. & Gobler, C. J. (2011). The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change, *Volume 14*, pp. 313-334.
- Palus, J., Dziubaltowska, E., Stanczyk, M., Lewinska, D., Mankiewicz-Boczek, J., lzydorczyk, K., ... Wasowicz, W. (2007). Biomonitoring of cyanobacterial blooms in polish water reservoir and the cytotoxicity and genotoxicity of selected cyanobacterial extracts. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*,, pp. 20(1), 48–65.
- Pinheiro, M. d. (2005). *Qualidade da Água - A Eutrofização da Albufeira de Monte Novo*. Tese (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ecologia Humana, Universidade de Évora. 2005.
- Rajni Kaushik, R. B. (2013). Methods and Approaches Used for Detection of Cyanotoxins in Environmental Samples: A Review, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*,.
- Ramos, S. M. (2016). *Previsão da ocorrência de blooms de cianobactérias na Albufeira do Roxo*. Tese (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Farmacêutica. 2016.
- Rasmussen, B., Fletcher, I., Brocks, J., & Kilburn, M. (2008). Reassessing the first appearance of eukaryotes and cyanobacteria. *Nature*, pp. 1101–1104.
- Rinehart KL, Harada K, Namikoshi M, Chen C, Harvis CA, Munro MH et al. (1988). Nodularin, microcystin, and the configuration of Adda. *J Am Chem Soc*. 110:8557–8558.
- Rosário Martins, P. P. (2005). Toxicity of culturable cyanobacteria strains isolated from the Portuguese coast. *Toxicon*, 454–464.

- Scheffer, M. (2003). Catastrophic Regime Shifts in Ecosystems: Linking Theory to Observation. p. 9.
- Schindler DW. (1975). Whole-lake eutrophication experiments with phosphorus, nitrogen and carbon. *Verh Int Ver Theor Angew Limnol.* pp. 19:3221–3231.
- Shen, X., Lam, P.K.S, Shaw, G.R., Wickramasinghe, W.,. (2002). Genotoxicity investigation of a cyanobacterial toxin, cylindrospermopsin. *Toxicon* 40,, pp. 1499 – 1501.
- Simon, N. C. (2009). Diversity and evolution of marine phytoplankton. *Comptes rendus biologies*, pp. 332(2-3), 159–170.
- Smith VH . (1990). Nitrogen, phosphorus, and nitrogen fixation in lacustrine and estuarine ecosystems. *Limnol Oceanogr.* pp. 35:1852–1859.
- Stirbet, A., Lazár, D., Papageorgiou, G. C., & Govindjee. (2019). Chlorophyll a Fluorescence in Cyanobacteria: Relation to Photosynthesis. *Cyanobacteria*, 79-130.
- Sylvain Merel, D. W. (2013). *State of knowledge and concerns on cyanobacterial blooms and cyanotoxins.* *Environment Internacional.* 303-327.
- Thompson, & Turk. (2007). *Earth Science and the Environment 4th edition.*
- Vasconcelos, V. M. (1995). Toxicologia de cianobactérias . *Distribuição de cianobactérias tóxicas e suas toxinas em águas doces portuguesas. Bioacumulação em bivalves.* Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Vaulot, D. E. (2008). The diversity of small eukaryotic phytoplankton (< or =3 microm) in marine ecosystems. *FEMS microbiology reviews*, pp. 32(5), 795–820.
- Victoria G. Christensen, E. K. (2020). Freshwater neurotoxins and concerns for human, animal, and ecosystem health: A review of anatoxin-a and saxitoxin. *Science of The Total Environment.*
- Visser PM, Verspagen JM, Sandrini G, Stal LJ, Matthijs HC, Davis TW et al. (2016b). How rising CO2 and global warming may stimulate harmful cyanobacterial blooms. *Harmful Algae.*, pp. 54:145–159.
- WHO. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first.*
- WHO. (2020). *Cyanobacterial toxins: microcystins. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality and Guidelines for safe recreational water environments. Geneva: World Health Organization; 2020 (WHO/HEP/ECH/WSH/2020.6).*
- WHO. (2020). *Cyanobacterial toxins: anatoxin-a and analogues. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality and Guidelines for safe recreational water environments. Geneva: World Health Organization; 2020 (WHO/HEP/ECH/WSH/2020.1).*
- Wiegand C., P. S. (2004). Ecotoxicological effects of selected cyanobacterial secondary. *Toxicology and Applied Pharmacology*, pp. 201– 218.

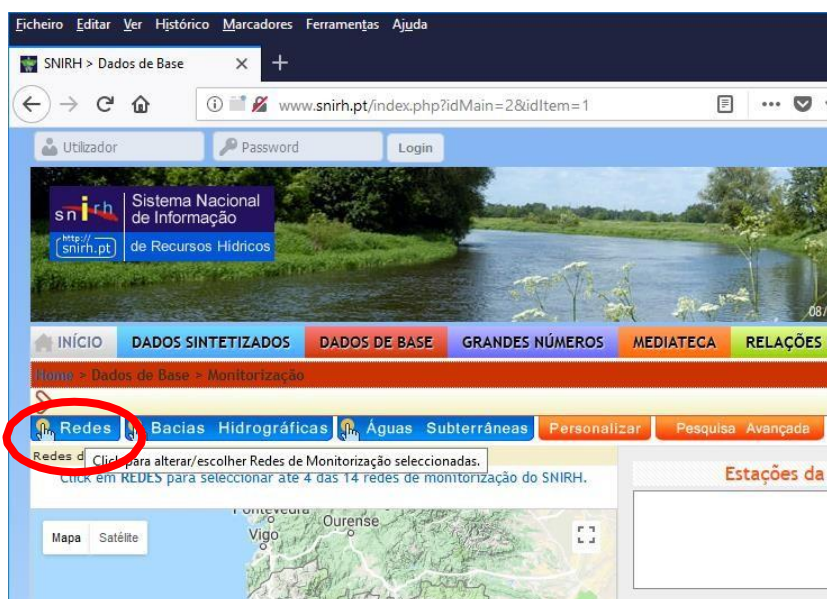
- World Health Organization. (2003). *Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters. World Health Organization.*
- Wosiack, A. C. (2005). Dinâmica da comunidade de cianobactérias da praia artificial de Entre Rios do Oeste, reservatório de Itaipu, PR.
- Xuexiang He, Yen-Ling Liu, Amanda Conklin, Judy Westrick, Linda K. Weavers, Dionysios D. Dionysiou, John J. Lenhart, Paula J. Mouser, David Szlag, Harold W. Walker. (2016). Toxic cyanobacteria and drinking water: Impacts, detection, and treatment. *Harmful Algae*, 174-193.

Consulta de Dados no SNIRH

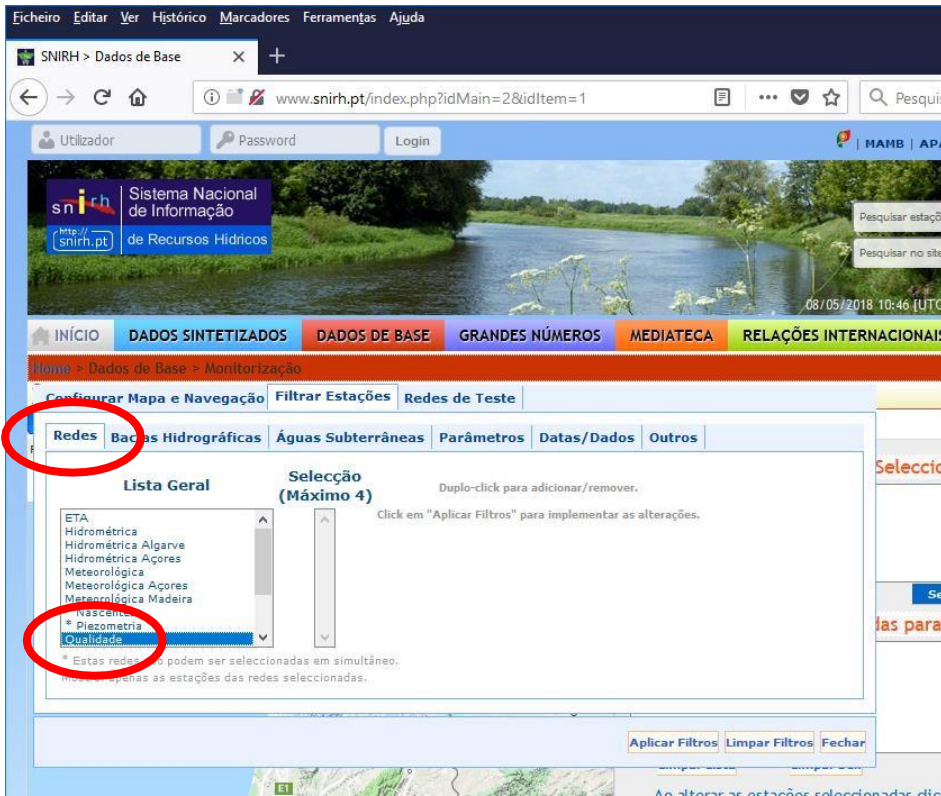
- Aceder WWW.SNIRH.PT
- Clicar em “DADOS DE BASE” e depois clicar em “MONITORIZAÇÃO”



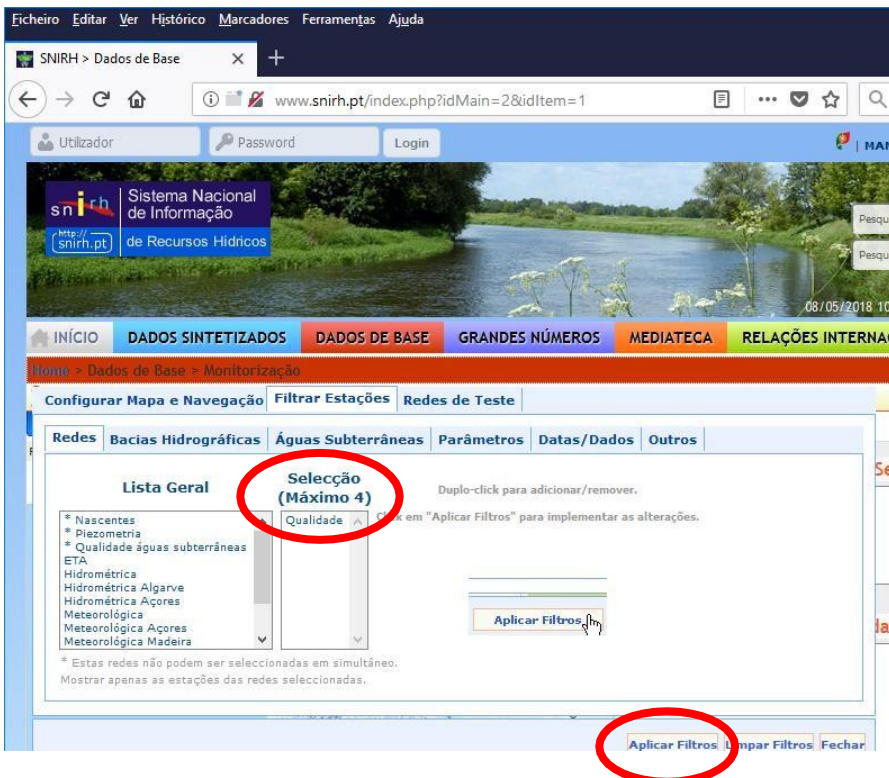
- Clicar em “Redes”



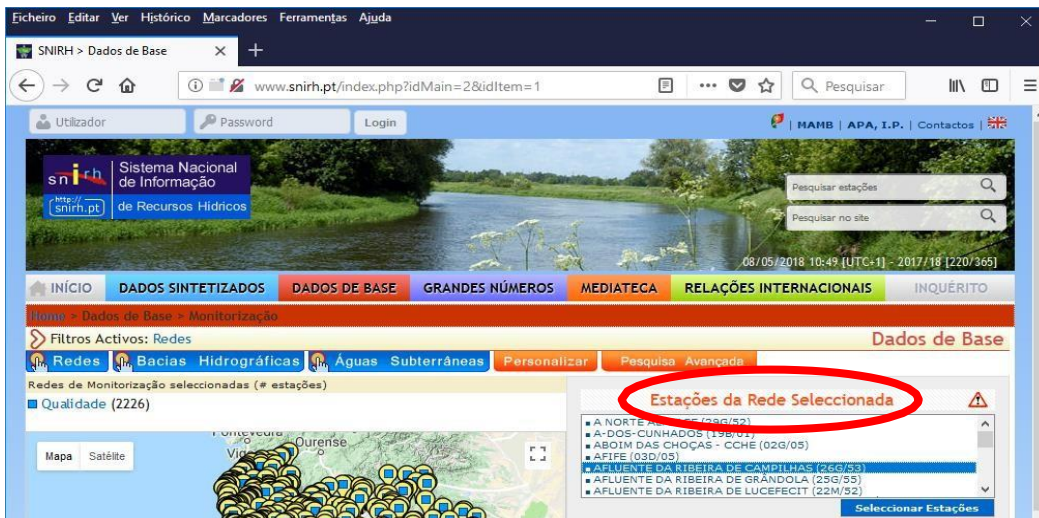
- Selecionar a partir da “Lista Geral” de redes a rede pretendida (neste caso rede de “Qualidade”) clicando duas vezes. Pode ser selecionado um máximo de 4 redes.



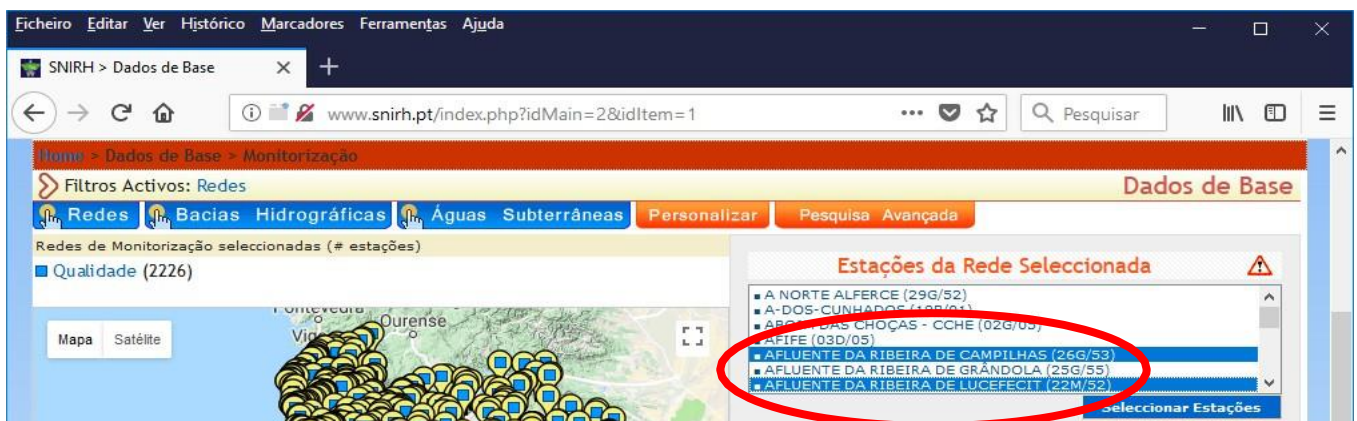
- Depois de a(s) rede(s) se encontrar(em) no quadro “Seleção”, clicar em “Aplicar Filtros” e aguardar.



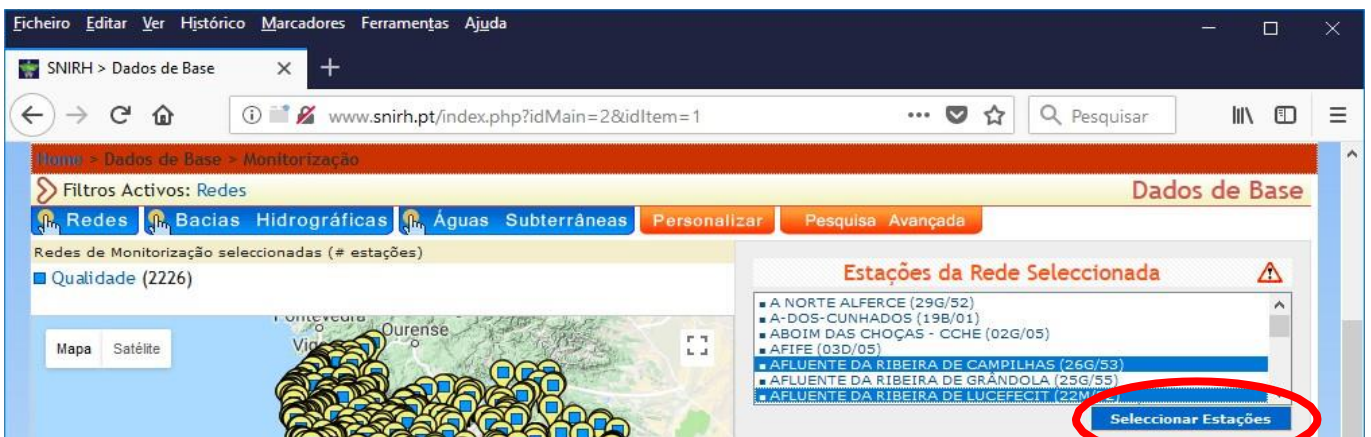
- Se pretender uma estação específica basta seleccioná-la da lista “Estações da Rede Seleccionada”



- Pode seleccionar mais do que uma estação clicando com a seta do rato e pressionando a tecla “Ctrl” do teclado.



- Seleccionar a estação, ou estações de interesse e clicar em “Seleccionar Estações”.



- As estações seleccionadas são transferidas para o campo “Estações Seleccionadas para

Análise

SNIRH > Dados de Base

www.snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1

Utilizador Password Login

MAMB | APA, I.P. | Contactos

Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

08/05/2018 10:49 [UTC+1] - 2017/18 [220/365]

INÍCIO DADOS SINTETIZADOS DADOS DE BASE GRANDES NÚMEROS MEDIATECA RELAÇÕES INTERNACIONAIS INQUÉRITO

Dados de Base

Filtros Activos: Redes

Redes de Monitorização seleccionadas (# estações)

Qualidade (2226)

Mapa Satélite

Estações da Rede Seleccionada

- A NORTE ALFERCE (29G/52)
- A-DOS-CUNHADOS (19B/01)
- ABOIM DAS CHOÇAS - CCHE (02G/05)
- AFIFE (03D/05)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE GRÂNDOLA (25G/55)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)

Estações Seleccionadas para Análise

- AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)

Limpar Lista Limpar Sel. VALIDAR Lista

Ao alterar as estações seleccionadas click **VALIDAR Lista** para identificar as estações no mapa/listar parâmetros.

- Clicar posteriormente em “VALIDAR Lista” para saber os “Parâmetros com dados”.

Dados de Base

Estações da Rede Seleccionada

- A NORTE ALFERCE (29G/52)
- A-DOS-CUNHADOS (19B/01)
- ABOIM DAS CHOÇAS - CCHE (02G/05)
- AFIFE (03D/05)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE GRÂNDOLA (25G/55)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)

Seleccionar Estações

Estações Seleccionadas para Análise

- AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)

Limpar Lista Limpar Sel. VALIDAR Lista

Ao alterar as estações seleccionadas click **VALIDAR Lista** para identificar as estações no mapa/listar parâmetros.

Parâmetros com Dados

- Alcalinidade (mg/l HCO₃)
- Azoto amoniacal (mg/l NH₄)
- Azoto total (mg/l N)
- CBO 5 dias
- Carbono Orgânico Total (mg/l)
- Carência Química de Oxigénio
- Condutividade de campo a 20°C (uS/cm)
- Condutividade de laboratório a 20°C (uS/cm)

- Pode ser seleccionado um “Período de Análise” (por defeito a base de dados indica a data da primeira amostragem e da última amostragem).

The screenshot displays the SNIRH web application interface. The browser address bar shows the URL `www.snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1`. The page title is "Dados de Base".

Filtros Activos: Redes

Navigation tabs: **Redes**, **Bacias Hidrográficas**, **Águas Subterrâneas**, **Personalizar**, **Pesquisa Avançada**

Redes de Monitorização seleccionadas (# estações): **Qualidade (2226)**

The map shows a dense cluster of monitoring stations in the Iberian Peninsula, with labels for cities like Zamora, Salamanca, Plasencia, Cáceres, Mérida, Badajoz, Huelva, and Sevilla. The map is set to "Mapa" view.

Estações da Rede Seleccionada

- A NORTE ALFERCE (29G/52)
- A-DOS-CUNHADOS (19B/01)
- ABOIM DAS CHOÇAS - CCHE (02G/05)
- AFIFE (03D/05)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE GRÂNDOLA (25G/55)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)

Estações Seleccionadas para Análise

- AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)

Buttons: **Limpar Lista**, **Limpar Sel.**, **VALIDAR Lista**

Ao alterar as estações seleccionadas click **VALIDAR Lista** para identificar as estações no mapa/listar parâmetros.

Parâmetros com Dados

- Alcalinidade (mg/l HCO3)
- Azoto amoniacal (mg/l NH4)
- Azoto total (mg/l N)
- CBO 5 dias
- Carbono Orgânico Total (mg/l)
- Carência Química de Oxigénio
- Condutividade de campo a 20°C (uS/cm)
- Condutividade de laboratório a 20°C (uS/cm)

Período de Análise (dia/mês/ano)

De: 04/02/2015 A: 06/01/2016

Calendar view for **Fevereiro 2015**:

	D	S	T	Q	Q	S	S
	1	2	3	4	5	6	7
Selec	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21

Buttons: **Parâmetros**, **Ver/Guardar Dados**

- Podem ser seleccionados vários parâmetros de interesse clicando com a seta do rato e mantendo pressionada a tecla “Ctrl”.

The screenshot displays the SNIRH web application interface. The browser address bar shows the URL www.snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1. The page title is "Dados de Base".

At the top, there are navigation tabs: "Redes", "Bacias Hidrográficas", and "Águas Subterrâneas". The "Redes" tab is active. Below the tabs, it indicates "Redes de Monitorização seleccionadas (# estações)" and "Qualidade (2226)".

The main area is divided into two panels. The left panel shows a map of the Iberian Peninsula with numerous yellow and blue markers representing monitoring stations. The right panel contains several sections:

- Estações da Rede Seleccionada:** A list of selected stations, including "A NORTE ALFERCE (29G/52)", "A-DOS-CUNHADOS (19B/01)", "ABOIM DAS CHOÇAS - CCHE (02G/05)", "AFIFE (03D/05)", "AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)", "AFLUENTE DA RIBEIRA DE GRÂNDOLA (25G/55)", and "AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFCIT (22M/52)".
- Estações Seleccionadas para Análise:** A list of stations selected for analysis, currently empty.
- Parâmetros com Dados:** A list of parameters with data, including "Alcalinidade (mg/l HCO₃)", "Azoto amoniacal (mg/l NH₄)", "Azoto total (mg/l N)", "CBO 5 dias", "Carbono Orgânico Total (mg/l)", "Carência Química de Oxigénio", "Condutividade de campo a 20°C (uS/cm)", and "Condutividade de laboratório a 20°C (uS/cm)". This section is circled in red.
- Período de Análise (dia/mês/ano):** A date range from "De: 26/10/1988" to "A: 29/11/2016".
- Informação Disponível:** A section with buttons for "Características das Estações" and "Parâmetros".

At the bottom right, there is a button "Ver/Guardar Dados" and a note: "Seleccione estações e parâmetros até um máximo de 50 conjuntos."

- Para obter os dados basta clicar em “Ver/Guardar Dados” e surgirá uma nova janela com uma tabela onde constam os dados dos parâmetros selecionados, dentro do “Período de Análise” (se existirem dados desses parâmetros, nessas estações, dentro desse período de tempo). Podem existir dados para algumas das estações selecionadas e não para outras.

Estações da Rede Seleccionada

- A NORTE ALFERCE (29G/52)
- A-DOS-CUNHADOS (19B/01)
- ABOIM DAS CHOÇAS - CCE (02G/05)
- AFIFE (03D/05)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE GRÂNDOLA (25G/55)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)

Estações Seleccionadas para Análise

- AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)
- AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)

Parâmetros com Dados

- Alcalinidade (mg/l HCO₃)
- Azoto amoniacal (mg/l NH₄)
- Azoto total (mg/l N)
- CBO 5 dias
- Carbono Orgânico Total (mg/l)
- Carência Química de Oxigénio
- Condutividade de campo a 20°C (uS/cm)
- Condutividade de laboratório a 20°C (uS/cm)

Período de Análise (dia/mês/ano)

De: 26/10/1988 A: 29/11/2016

Informação Disponível

Ver/Guardar Dados

SNIRH > Dados de Base - Mozilla Firefox

www.snirh.pt/snirh/_dadosbase/site/janela_verdados.php?sites=6942538802,68924872

Dados de Base Imprimir Exportar CSV Exportar TSV

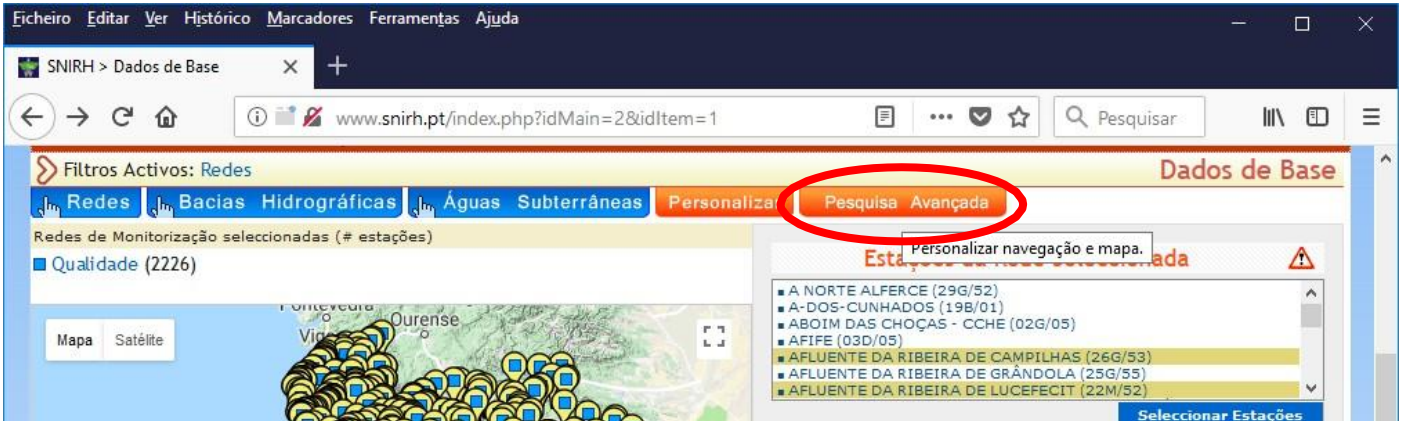
Consulta de dados.

Data	AFLUENTE DA RIBEIRA DE CAMPILHAS (26G/53)			AFLUENTE DA RIBEIRA DE LUCEFECIT (22M/52)		
	Azoto amoniacal (mg/l NH ₄) (mg/l)	CBO 5 dias (mg/l)	Carência Química de Oxigénio (mg/l)	Azoto amoniacal (mg/l NH ₄) (mg/l)	CBO 5 dias (mg/l)	Carência Química de Oxigénio (mg/l)
18/02/2015 14:20	-	-	-	(<) 0.030	(<) 3.000	16.000
09/03/2015 11:45	0.100	(<) 3.000	32.000	-	-	-
02/12/2015 23:00	-	-	-	0.093	(<) 3.000	15.000
06/01/2016 11:20	0.150	(<) 3.000	24.000	-	-	-

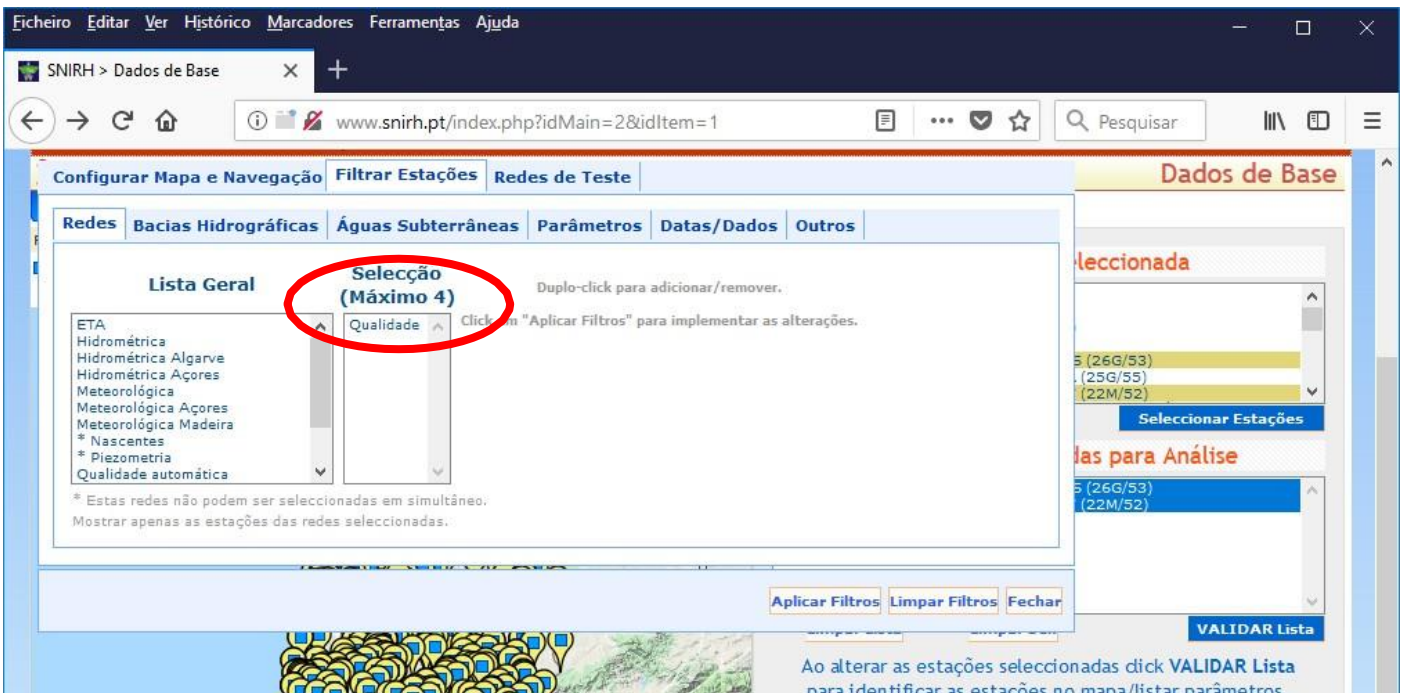
(<): Menor que

Personalizar pesquisas

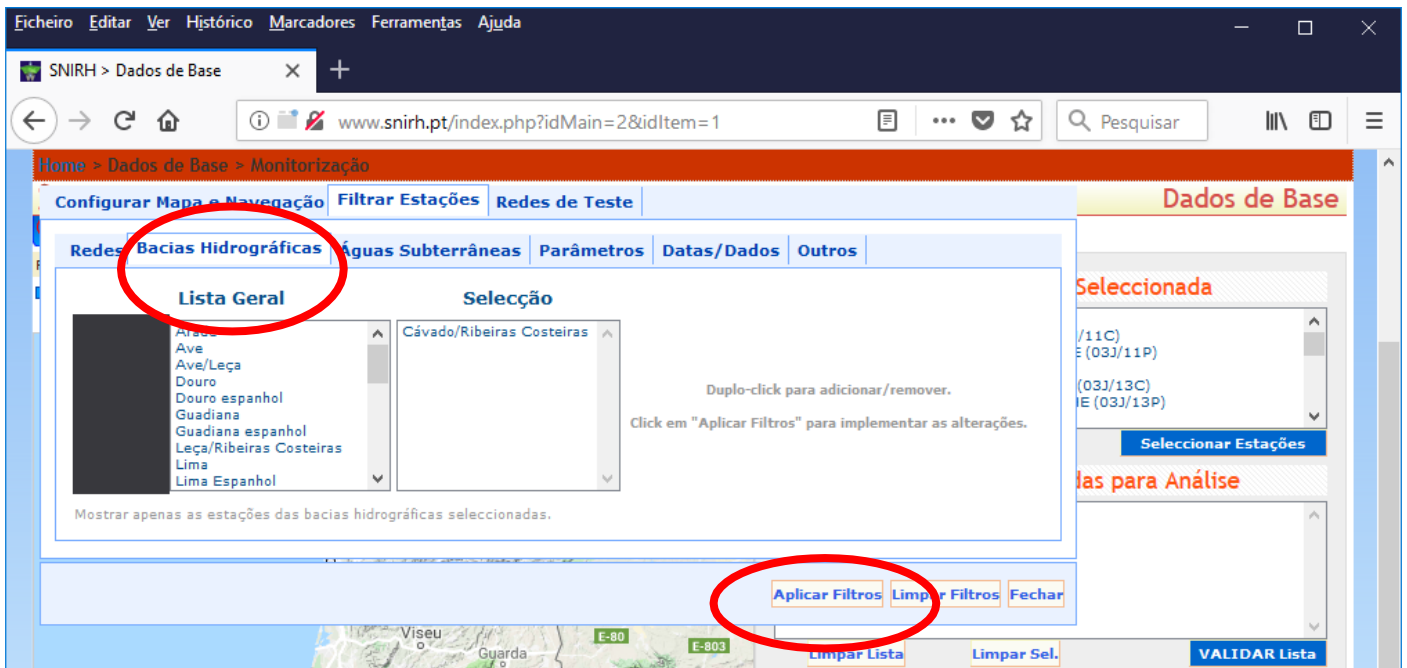
- A pesquisa pode ser personalizada clicando em “Pesquisa Avançada”



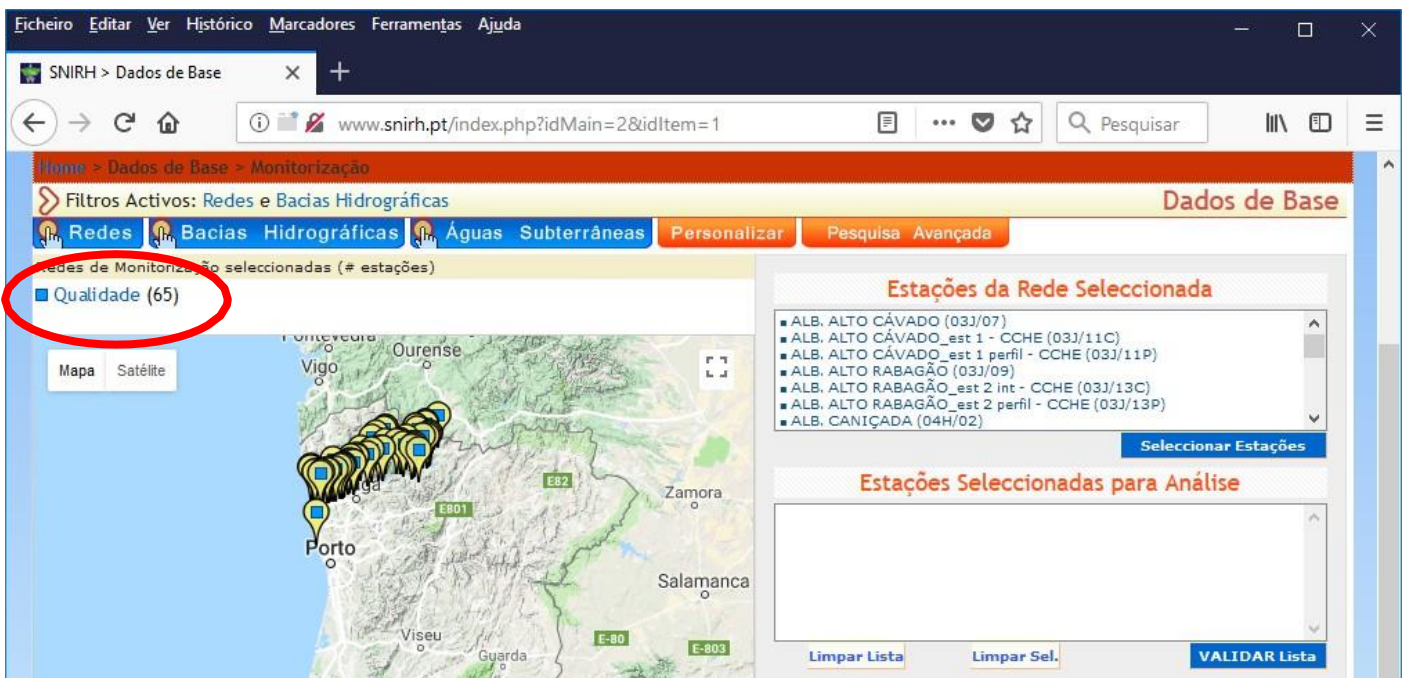
- A rede previamente seleccionada já se encontrará seleccionada, ou podemos seleccionar agora.



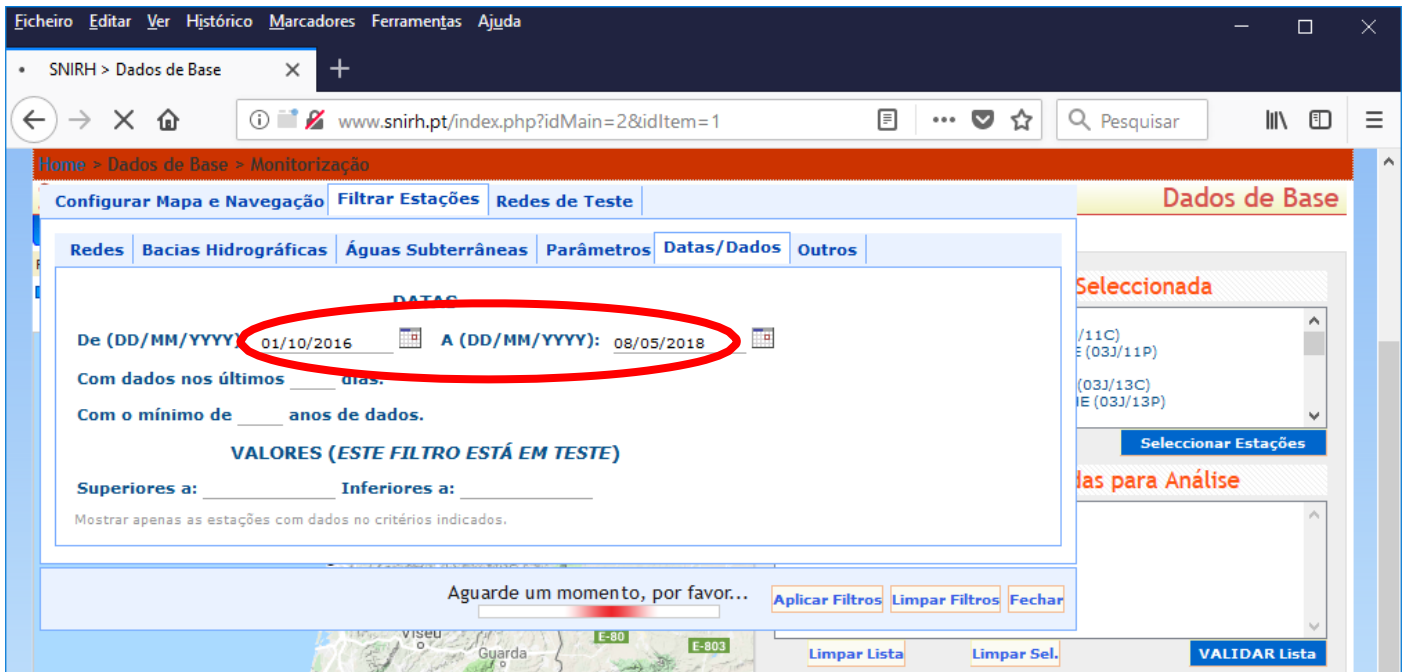
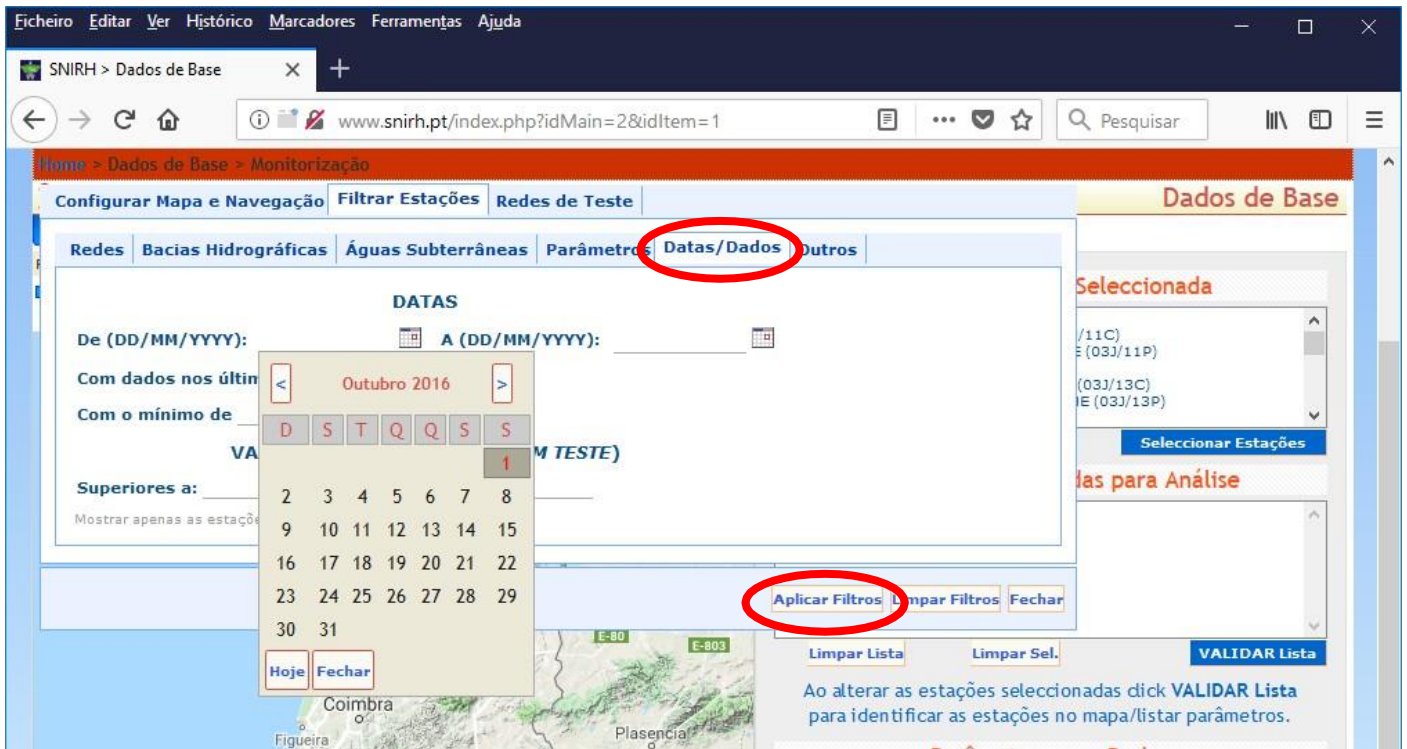
- Pode ser especificada uma das “Bacias Hidrográficas” a partir da “Lista Geral”. Basta clicar duas vezes na bacia de interesse e depois e clicar em “Aplicar Filtros”



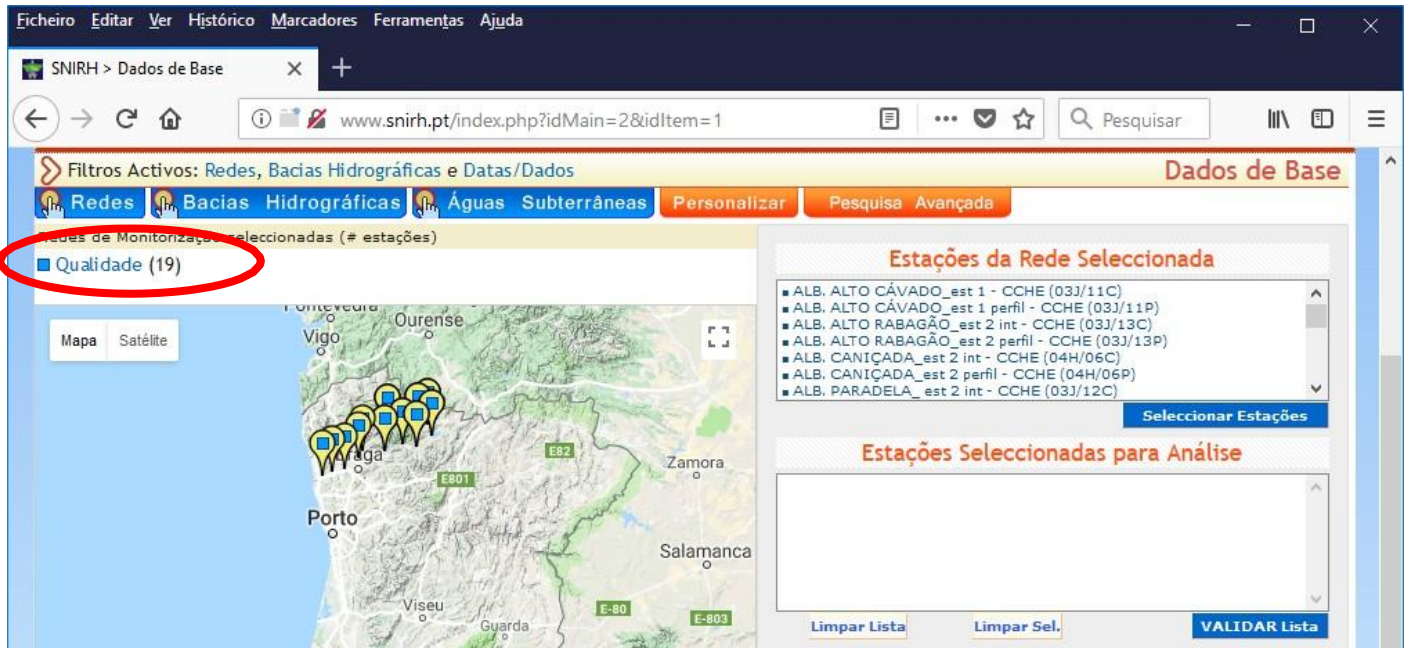
- No mapa ficam seleccionadas apenas as estações da bacia hidrográfica seleccionada. Neste caso 65 estações.



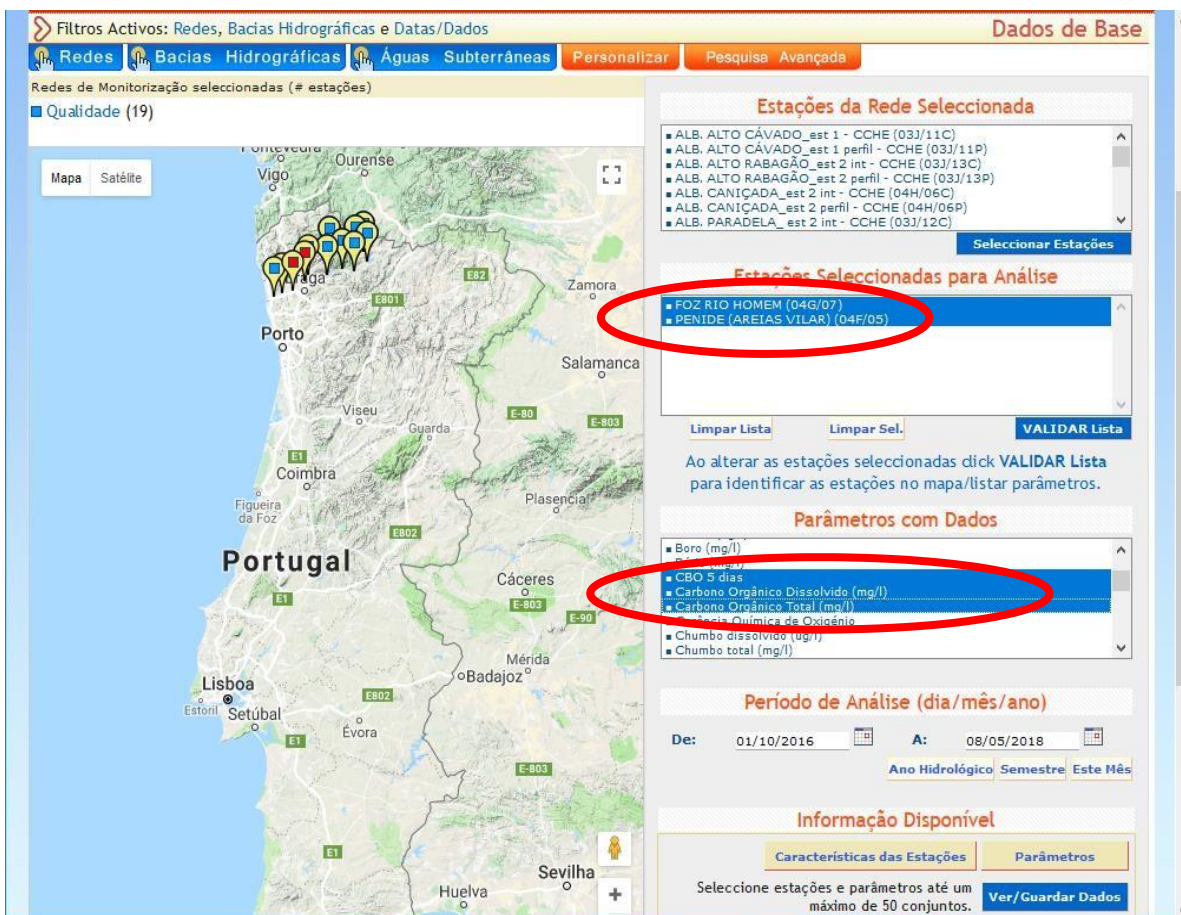
- A pesquisa pode ainda ser mais restrita, por exemplo, a um período de tempo. Neste caso basta voltar a “Pesquisa Avançada” e no separador “Dados/Dados” inserir a data mais antiga de interesse e a data mais moderna e clicamos em aplicar filtro.



- O filtro mostrará as estações da rede selecionada (“Qualidade”), da bacia hidrográfica (“Cávado/Ribeiras Costeiras”) e com dados no período de tempo selecionado (1/10/2016 a 8/5/2018). São 19 as estações que cumprem os requisitos dos filtros.



- Podem ser seleccionar estações específicas como indicado inicialmente neste tutorial e os parâmetros de interesse.



10. Anexo II

Índice Grupo de Algas – obtido através de (I.P., Instituto da água., Julho de 2009)

Grupo de Algas	Acrónimo
Dinophyceae	<i>D</i>
Chrysophyceae não coloniais	<i>Cnc</i>
Chlorococcales não coloniais	<i>Chnc</i>
Bacillariophyceae não coloniais	<i>Dnc</i>
Cryptophyceae	<i>Cr</i>
Chrysophyceae coloniais	<i>Cc</i>
Bacillariophyceae coloniais	<i>Dc</i>
Chlorococcales coloniais	<i>Chc</i>
Volvocales coloniais	<i>Vc</i>
Cyanobacteria	<i>Cia</i>