

## ESTUDO PRELIMINAR DO FITOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS NA ILHA DE SANTIAGO, CABO VERDE

M.M. Morais<sup>(a)</sup>, S. Silva Vitória<sup>(b)</sup>, A. Lobo de Pina<sup>(b)</sup>, E.A. Morales<sup>(a)</sup>, S. Nunes<sup>(a)</sup>, M.H. Novais<sup>(a)</sup>, M. A. Penha<sup>(a)</sup>, A. Fortes<sup>(b)</sup>, L. Landim<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Instituto Ciências da Terra, Universidade de Évora, Évora, Portugal, [mmorais@uevora.pt](mailto:mmorais@uevora.pt), [morales@uevora.pt](mailto:morales@uevora.pt), [snunes@uevora.pt](mailto:snunes@uevora.pt), [hnovais@uevora.pt](mailto:hnovais@uevora.pt), [mapenha@uevora.pt](mailto:mapenha@uevora.pt)

<sup>(b)</sup> Universidade de Cabo Verde, Cabo Verde

[sonia.silva@adm.unicv.edu.cv](mailto:sonia.silva@adm.unicv.edu.cv),

[antonio.pina@adm.unicv.edu.cv](mailto:antonio.pina@adm.unicv.edu.cv),

[mfortes\\_99@yahoo.fr](mailto:mfortes_99@yahoo.fr),

[leonel.landim@gmail.com](mailto:leonel.landim@gmail.com)

### Resumo

*O acesso à água tornou-se num dos principais desafios do século XXI. É neste contexto que a construção de barragens continua a ser a opção mais recorrente para obter água onde esta é necessária. Por isso mesmo, frequentemente, os reservatórios situam-se em regiões onde naturalmente não existem condições para a manutenção de uma boa qualidade da água. Esta problemática assume particular relevância nas regiões áridas e semiáridas onde a escassez hídrica é uma ameaça para a humanidade e para a biosfera. É objetivo do presente trabalho, apresentar os primeiros resultados sobre o fitoplâncton analisado em 4 reservatórios situados na ilha de Santiago. Em junho de 2016, maio de 2017 (período seco) e Dezembro de 2017 (final do período húmido) foram realizadas campanhas de amostragens nas barragens de Saquinho, Faveta, Poilão, Figueira Gorda e Flamengos (apenas em Dezembro de 2017). Foram colhidas amostras de água na zona eufótica para análise de fitoplâncton. Simultaneamente foram colhidas amostras de água à superfície e fundo para análise laboratorial dos seguintes parâmetros físico-químicos: Sódio; Potássio; Cálcio; Magnésio, Amónia; Cloretos, Nitratos; Sulfatos; Carbonatos e Bicarbonatos; Silica e Fósforo Total (neste trabalho apenas se apresentam os resultados para os nitratos, sulfatos e fósforo total); e efetuado um perfil em profundidade (sonda multiparamétrica) com registos da temperatura; Oxigénio Dissolvido; condutividade; pH; potencial de oxidação/redução; turbidez. Uma primeira análise dos dados revela a existência de uma ligeira estratificação térmica, não existindo uma grande diferença entre valores de superfície e de fundo. De um modo geral observaram-se valores elevados de pH (7,4-9,36), relacionados com a geologia de origem vulcânica e com a intrusão salina causada por bombeamento excessivo para irrigação. As*

concentrações de nitratos foram elevadas (2,21-0,17 mg/L NO<sub>3</sub>-N), relacionadas com origem alóctone provenientes da bacia de drenagem. O fósforo total foi elevado na primeira campanha (0,56-5,6 mg/L P), apresentando valores mais reduzidos na segunda campanha (0,048-0,86 mg/L P) e na terceira campanha (0,03-0,17 mg/L P), provavelmente relacionado com a ocupação de solo nos terrenos sob influência dos reservatórios mas também com a libertação do fundo em situação de anóxia. Em termos de fitoplâncton verificou-se dominância das Cianobactérias, com presença de fluorescências (mais de 2.000 células/mL) de espécies potencialmente tóxicas (e.g. *Aphanizomenon* sp.; *Aphanizomenon phanizomenoides*; *Aphanizomenon manguinii*; *Microcystis* sp. ; *Planktolyngbya* sp).

A qualidade da água nos reservatórios estudados é baixa, representando um risco para a saúde pública e para a integridade dos ecossistemas, sobretudo tendo em consideração as densidades extremamente elevadas de cianobactérias. Estas surgem devido ao efeito de vários fatores, i.e., elevados valores de temperatura, salinidade, pH, nutrientes. Torna-se urgente adotar medidas de gestão e proteção destes sistemas particulares por forma a: melhorar a qualidade da água, principalmente em períodos de escassez; transmitir conhecimentos para a gestão dos reservatórios, do solo, da energia e da biodiversidade, na perspetiva da participação comunitária.

**Palavras chave:** algas, cianobactérias, qualidade da água, gestão ambiental

## INTRODUÇÃO

O acesso à água tornou-se num dos principais desafios do século XXI, sobretudo se tivermos em consideração que mais de um bilião de pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento, não tem acesso a água potável (Molde *et al.* 2007; Rosado *et al.*, 2010; Braga *et al.*, 2014). A construção de barragens continua a ser a opção mais recorrente para armazenamento de água onde esta é necessária. Por isso mesmo, frequentemente, os reservatórios situam-se em regiões onde naturalmente não existem condições para a manutenção de uma boa qualidade da água. Esta problemática assume particular relevância nas regiões áridas e semiáridas onde a escassez hídrica é um forte factor condicionante do desenvolvimento sustentável.

O Arquipélago de Cabo Verde é constituído por dez ilhas e treze ilhéus e fica situado a uma distância de aproximadamente 500 km da costa ocidental africana ao largo do Senegal. (PANA II, 2004). O clima é do tipo subtropical seco com valores de humidade abaixo dos 10%. A precipitação média anual é de 225 mm, ocorre durante a estação húmida, de Julho a Outubro, frequentemente sobre a forma torrencial, evidenciando uma má distribuição no

espaço e no tempo (PANA II, 2004). Em termos médios, cerca de 20% da água da chuva perde-se por escoamento superficial, 67% evapora-se e 13% infiltra-se recarregando os aquíferos (PANA II, 2004). Como consequência Cabo Verde apresenta escassez de água doce, o que ao longo dos séculos, tem levado a população a recorrer a poços, galerias e furos para o abastecimento de água e agricultura. Todavia a degradação da qualidade da água, aliada uma má gestão e à diminuição da disponibilidade, tem conduzido à procura de outras soluções, tais como sejam a dessalinização da água do mar e a intensificação da captação e armazenamento da água superficial.

É neste contexto que a partir de 2006, o Governo de Cabo Verde apostou na construção de barragens em rios, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água para a agricultura. A primeira a ser construída foi a barragem de Poilão, (São Lourenço dos Órgãos) na ilha de Santiago, seguindo-se a construção de mais 5 barragens na mesma ilha (Saquinho em Santa Catarina, Salineiro na Ribeira Grande, Faveta em São Salvador do Mundo e Figueira Gorda em Santa Cruz e Flamingos inaugurada em 2017) e de mais 2 barragens, respetivamente na ilha de Santo Antão (Canto Cagarra) e de S. Nicolau (Banca Furada).

É objetivo do presente trabalho, apresentar os primeiros dados de parâmetros físico-químicos e de fitoplâncton analisado em 5 reservatórios situados na ilha de Santiago. Estes resultados inserem-se no âmbito de um projeto de cooperação bilateral entre Cabo Verde e Portugal mais vasto, que tem como objetivo global desenvolver uma atividade multifuncional no domínio da interação água e bacia de drenagem, que contemple a observação e previsão da evolução da qualidade da água nas barragens de Cabo Verde (5 na ilha de Santiago; 1 na ilha de S. Antão; 1 na ilha de S. Nicolau) e a sua influência na água subterrânea (qualidade e quantidade).

## **METODOLOGIA**

Durante o período entre Junho de 2016 e Dezembro de 2017, foram realizadas três campanhas de amostragem (2 no final do período seco, respetivamente Junho de 2016 e maio de 2017; e 1 no início do período húmido, em Dezembro de 2017), em 5 reservatórios na Ilha de Santiago: barragens de Saquinho, Faveta, Poilão, Figueira Gorda e Flamingos (apenas em Dezembro de 2017). Na zona mais profunda de cada reservatório (junto à barragem) foram colhidas amostras de água a duas profundidades (superfície e fundo), através da utilização de uma garrafa de Van Dorn (3L de capacidade) para a análise laboratorial de parâmetros físico-químicos (*Sódio; Potássio; Cálcio; Magnésio, Amónia; Cloretos, Nitratos; Sulfatos; Carbonatos e Bicarbonatos; Silica e Fósforo Total*).

Complementarmente em cada local foi colhida uma amostra composta, representativa da zona eufótica, para a identificação do fitoplâncton (método de Wotherman). As amostras compostas foram obtidas através da recolha de volumes de água iguais, desde a superfície até ao limite da zona eufótica (determinada pelo uso de um disco *secchi*). Estas amostras foram mantidas no frio e no escuro até ao seu processamento em laboratório.

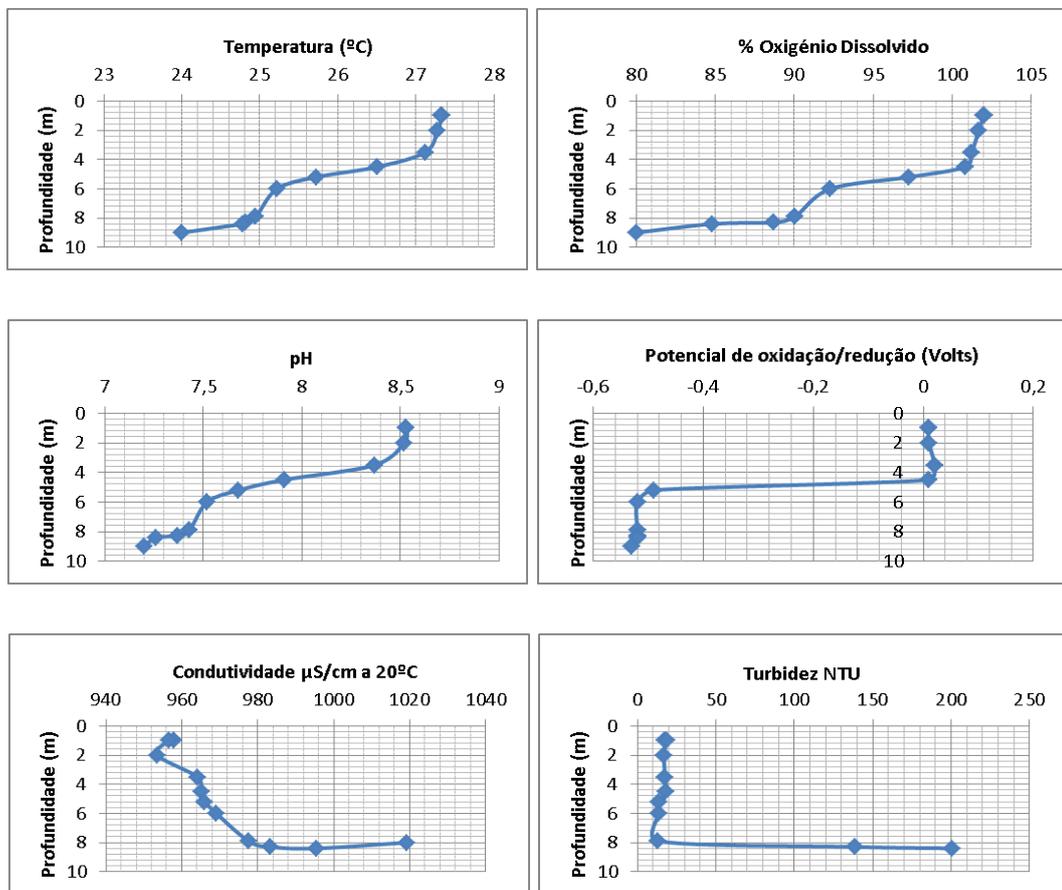
As amostras de fitoplâncton foram tratadas de acordo com o método de Wotherman, usando câmaras de sedimentação. (Leica DMI). O fitoplâncton foi identificado através de microscópio (Leica DMI) com recurso a bibliografia específica, e.g. (Bourrelly, 1966; Cleve-Euler, 1951; Komáreck e Anagnostidis, 1989). No presente trabalho apenas se apresentam os resultados obtidos para os Nitratos, Sulfatos e Fósforo Total.

Os resultados obtidos foram graficados, através do programa Excel (gráficos de linha) para análise da evolução temporal de parâmetros físico-químicos. Os resultados da identificação do fitoplâncton foram organizados em tabela para os principais grupos fitoplânctónicos, apresentando-se igualmente os géneros e espécies pertencentes ao grupo das cianobactérias devido ao seu potencial tóxico com repercussões na da saúde pública e animal.

## RESULTADOS

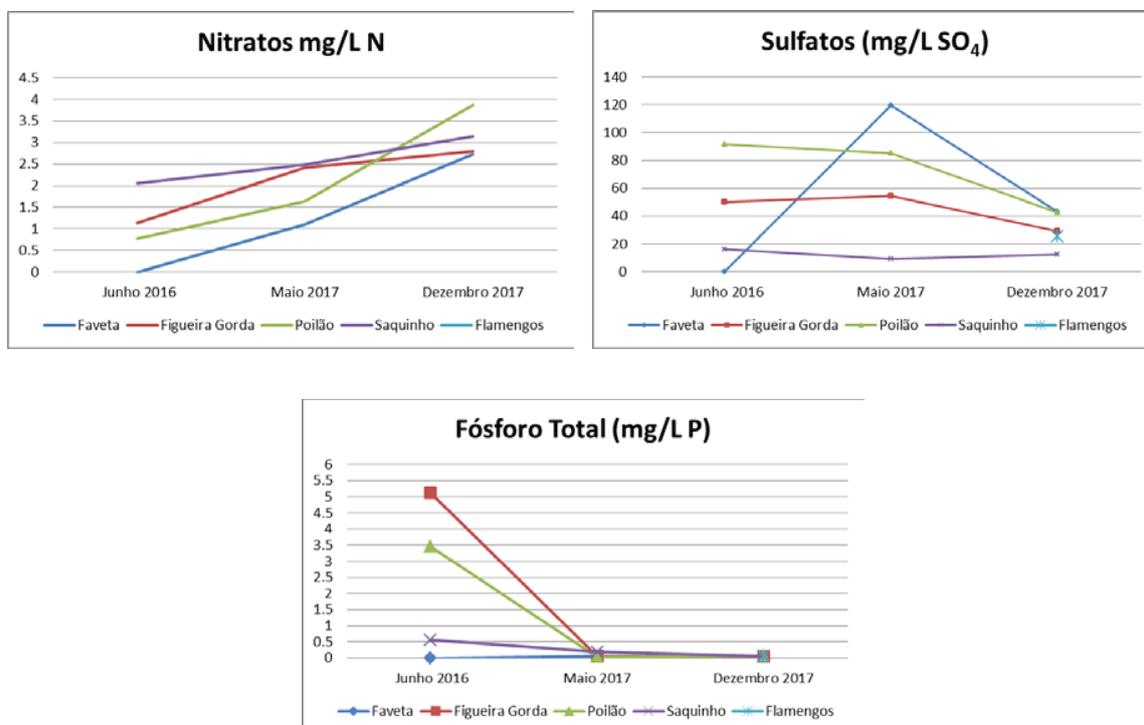
Nas três campanhas de amostragem e em todos os reservatórios amostrados, verificou-se a existência de uma ligeira estratificação térmica acompanhada de estratificação para a % de Oxigénio Dissolvido, pH, Potencial de Oxidação Redução, Condutividade e Turbidez, não existindo contudo uma grande diferença entre valores de superfície e de fundo. Na Figura 1 apresentam-se, como exemplo, os resultados obtidos na barragem do Pilão em maio de 2016.

Na Figura 2, apresentam-se a evolução temporal dos valores médios de superfície e fundo para os Nitratos, Sulfatos e Fósforo Total. Observam-se concentrações elevadas de nitratos, podendo estar relacionadas com *inputs* externos, provenientes de adubações efetuadas nas respetivas bacias de drenagem. Verifica-se ainda um aumento ao longo do tempo, mais acentuado na última campanha, o que vem corroborar a hipótese de origem externa, proveniente da bacia de drenagem, uma vez que a última campanha (Dezembro de 2017) é referente ao início do período seco, refletindo portanto as entradas exógenas ao longo do período húmido (Julho a Outubro).



**Figura 1** - Perfis médios de temperatura, oxigénio dissolvido, pH, potencial redox e turbidez condutividade e turbidez para o reservatório Poilão amostrado em Junho de 2016 (período seco)

Relativamente aos sulfatos, a precipitação poderá ter tido um efeito contrário, com diluição das concentrações tendencialmente mais elevadas observadas em período seco. Pelo contrário, para o fósforo total os valores mais elevados foram detetados em Junho de 2016 (período seco), sobretudo em situação de anoxia no fundo, facto que potencia a libertação do fósforo do sedimento e que aponta para uma elevada taxa de libertação. Esta recarga interna de fósforo sustenta elevados níveis de produtividade primária. De facto os valores de fósforo total são muito elevados; superiores a 0,035 mg/L (limite que classifica o sistema como eutrófico) para a totalidade das situações analisadas. Por outro lado, a densidade total de fitoplâncton (células/mL) foram muito elevadas em todas as situações estudadas, sempre superiores a 10.000 células/mL (Tabela 1)



**Figura 2** – Evolução temporal de nitratos, sulfatos e fósforo total para os cinco reservatórios entre Junho de 2016 e Dezembro de 2017.

No que se relaciona com a composição taxonómica de fitoplâncton não é evidente a existência de um padrão temporal. As cianobactérias estiveram presentes em todas as amostragens, com dominância na maioria das situações (excetua-se Figueira Gorda em Maio de 2016 com dominância de Clorófitas; Saquinho e Faveta em Dezembro de 2017, com dominância respetivamente de Criptófitas e Clorófitas). Os *taxa* pertencentes aos grupos das Criptófitas e das Clorófitas estiveram presentes em todas as situações amostras, o mesmo não se verificando em relação aos grupos Bacilatriófitas, Euglenófitas e Pirrófitas.

**Tabela 1** – Densidades (cel/mL) por grupo taxonómico e densidade total para os reservatórios amostrados nas 3 campanhas. A verde evidencia-se as densidades obtidas para o grupo das Cianobactérias

Ano	Local	Densidade (cel/mL)	Total
-----	-------	--------------------	-------

			Bacilariófitas	Cianobactérias	Clorófitas	Criptófitas	Euglenófitas	Pirrófitas	
2016	junho	Saquinho	2501	3016344	4955	26380		670	3050850
		Saquinho (Margem)	513	3446123	803	1406		112	3448957
		Poilão	134	63651	60393	1785		5267	131230
		Figueira Gorda	201	1986	17408	134		201	19930
		Faveta	491	359769	38254	5847		1518	405879
2017	maio	Saquinho		5372187	25	64	4		5372280
		Poilão	18	437071	4803	3527	214	536	446169
		Figueira Gorda	134	1353374	425	179			1354112
		Faveta	30	396662	670	357		15	397734
	Dezembro	Saquinho	26915	1183	6695	4464	112	156	39525
		Flamengos	0	1063282	176850	45	357	89	1240623
		Figueira Gorda	0	2184459	4999	1116	0	45	2190619
		Faveta	661	5303	28425	1893	0	0	36282
		Poilão	447	1662124	1072	4732	179	1517	1670071

Para o grupo das Cianobactérias todos os *taxa* identificados são potencialmente tóxicos, com capacidade de produzir hépato-toxinas e de neurotoxinas. Com maior expressividade e densidades superiores a 2.000 células/mL (situação de fluorescências) refiram-se os *taxa*: *Aphanizomenon* sp.; *Aphanizomenon phanizomenoides*; *Aphanizomenon manguinii*; *Microcystis* sp. ; *Planktolyngbya* sp.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise global dos resultados revelou que os 5 reservatórios estudados na ilha de Santiago apresentam uma dinâmica temporal elevada, variando em termos de características abióticas (parâmetros físico-químicos) que influenciam a sucessão temporal da comunidade

fitoplanctónica sem contudo ser muito evidente um padrão temporal típico (i.e. as Cianobactérias foram dominantes na maioria das situações amostradas).

Os nitratos parecem ter sobretudo uma origem externa, proveniente da bacia de drenagem, pelo contrário o fósforo total com valores mais elevados em período seco em situação de anoxia, aponta para uma elevada taxa de libertação dos sedimentos de fundo. De facto os valores de fósforo total foram muito elevados; superiores a 0,035 mg/L (limite que classifica o sistema como eutrófico) na sua totalidade. A recarga interna de fósforo, em período seco e a entrada com origem externa (na bacia de drenagem), em período húmido, é responsável pelos elevados níveis de produtividade primária, como atestam as elevadas densidades totais de fitoplâncton (superiores a 10.000 células/mL). Em termos de composição taxonómica, o fitoplâncton não evidenciou uma sucessão temporal muito nítida. As cianobactérias são dominantes na maioria das situações amostradas, surgindo com densidades muito elevadas indicadoras de fluorescências (densidades > 2000 células/mL) substituídas progressivamente por *taxa* pertencente aos grupos das Criptófitas e Clorófitas que se mantêm com expressões significativas (sempre presentes).

É importante realçar que associado à presença de florescências de cianobactérias, crescem riscos potenciais para a saúde das populações humanas e animais, expostas ao consumo direto ou indireto da água dos reservatórios. A Organização Mundial de saúde (WHO, 2003) estabeleceu guias para o nível de risco para a saúde humana associado à presença de cianobactérias, em situações de dominância, definindo: risco relativamente baixo para densidades compreendidas entre 20.000 a 100.000 células/mL; risco moderado para densidades superiores a 100.000 células/mL; risco elevado para presença de mantos densos de cianobactérias que tornam a água opaca. Nos reservatórios estudados, verificaram-se situações de risco moderado com presença de florescências de densidades muito elevadas (Tabela 1). Observação que só por si alerta para a urgência de implementar medidas de gestão na bacia hidrográfica que contribuam para uma melhoria da qualidade da água nos cinco reservatórios estudados.

De facto, os resultados obtidos indicam que a água nos reservatórios estudados é baixa, representando um risco para a saúde pública e para a integridade dos ecossistemas, sobretudo tendo em consideração as densidades extremamente elevadas de cianobactérias. Estas surgem devido ao efeito de vários fatores, i.e., elevados valores de temperatura, salinidade, pH, nutrientes. Torna-se urgente adotar medidas de gestão e proteção destes sistemas particulares por forma a: melhorar a qualidade da água, principalmente em períodos de escassez; transmitir conhecimentos para a gestão dos reservatórios, do solo, da energia e da biodiversidade, na perspetiva da participação comunitária.

Com o objetivo de identificar as medidas necessárias para melhorar o estado das massas de água, sugere-se que num primeiro passo, se identifiquem as principais causas que contribuem para situações de Eutrofização Observada, podendo estas ser agrupadas em três categorias: pressão pontual; pressão difusa; modificações/pressões até 50 m da linha de água.

As pressões pontuais relacionam-se com efluentes de Estações de Tratamento de Águas Residuais mal dimensionadas ou inadequadas com baixa eficiência e com efluentes não tratados de atividades urbanas e industriais que drenam diretamente para os reservatórios.

A pressão difusa tem origem em diferentes atividades desenvolvidas na bacia de drenagem, relacionadas com a agricultura, com a carga animal, com a indústria e com a ocupação urbana. Consequentemente é difícil quantificar a carga orgânica resultante que entra para os reservatórios. Esta dificuldade surge agravada em cabo Verde, onde a precipitação ocorre de forma irregular frequentemente sob a forma de eventos torrenciais que arrastam materiais e contaminantes ao longo da bacia, que se acumulam nos reservatórios situados a jusante.

As modificações físicas na zona de margem e as ações antropogénicas inerentes a estas modificações, alteram a integridade ecológica dos reservatórios com consequências diretas no seu funcionamento, nas comunidades biológicas, na qualidade da água e consequentemente no estado de eutrofia com efeitos na saúde pública das populações que, direta ou indiretamente, estão relacionadas com a água.

Torna-se pois urgente adotar medidas de gestão e proteção destes sistemas particulares com o objetivo de: (i) melhorar a qualidade da água, principalmente em período seco uma vez que podem surgir situações de risco para a saúde pública e animal; (ii) transmitir conhecimentos para a gestão dos reservatórios, do solo, da energia e da biodiversidade, na perspetiva da participação comunitária e do desenvolvimento sustentável em equilíbrio com o ambiente. Complementarmente de forma transversal é fundamental promover ações de sensibilização e de educação ambiental direcionada para as escolas e para sectores da economia local, para que em conjunto, se contribua para o despertar de uma consciência ambiental que promova uma gestão sustentável dos reservatórios de água em cabo Verde, integrados na respetiva bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS

1. Bourrelly P., 1966. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I : Les algues vertes. Édition N. Boubée & Cie, Paris, 511pp.
2. Braga B., Chartres C., Cosgreve W. J., Veiga da Cunha, L., Gleick P.H., Kabat, P, kadi, M. A., Loucks, P., Lundqvist J., Narain, S., Xia, J., 2014. Water and the Future of HUmanity. Revisiting Water Security. Gulbenkian Think Tank on Water and the Future of Humanity, Calouste Gulbenkian Foundation. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. ISBN 978-3-319-01456-2. DOI 10.1007/978-3-319-01457-9, pp241
3. Cleve-Euler A., 1951. Die Diatomeen von Schweden und Finland. Almquist & Wiksells, Bokryckeri, Stockholm, 1580 pp.
4. Komáreck, J. & K. Anagnostidis, 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 Nostocales. Arch Hydrobiol. Suppl. 82: 247-345.
5. Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas. 2014 - Segundo Plano de Acção Nacional para o Ambiente (PANA II), Documento Síntese. pp.34
6. Molden D, Frenken K, Barker R., 2007. Trends in water and agricultural development. In Water for food, water for life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture (ed D Molden). London, 57-89 pp.
7. Rosado, J. & M. Morais, 2010. Climate change and water scarcity: from a global scale to particular aspects in Mediterranean region (Portugal). Science and Technology for Environmental studies: Experiences from Brazil, Portugal and Germany (ed. Luiz Sens, M & Mondardo, R. I). Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 15-27 pp
8. WHO. (2003). Guidelines for algae and cyanobacteria in fresh water.