

## A QUALIDADE DA ÁGUA DA RIBEIRA DE ALJEZUR, SW PORTUGAL: SEUS EFEITOS NAS ÁGUAS BALNEARES

Alexandra CRAVO<sup>1</sup>; José MENAIA<sup>2</sup>; Vitor NAPIER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>[acravo@ualg.pt](mailto:acravo@ualg.pt) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, CIMA, Universidade do Algarve; Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

<sup>2</sup>[jmenaia@lneec.pt](mailto:jmenaia@lneec.pt) – Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, LNEC, Av. Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

### RESUMO

Neste trabalho estudou-se a influência da descarga da ETAR, na Ribeira de Aljezur, na costa SW de Portugal. Para tal foram analisadas amostras de água de quatro campanhas de amostragem colhidas em época baixa (Maio de 2008 e Maio de 2009) e época alta (Setembro 2008 e Setembro 2009) e em diferentes condições de maré (viva, morta e intermédia). As amostras de água foram recolhidas à superfície, ao longo do dia e ao longo da ribeira (10 estações), desde imediatamente a montante da ETAR até à sua foz na Praia da Amoreira. Os parâmetros analisados foram: temperatura, pH, condutividade/salinidade, oxigénio dissolvido, CBO<sub>5</sub>, sólidos suspensos totais, coliformes fecais, enterococos fecais, amónia, nitratos+nitritos, fosfatos, silicatos, clorofila *a* e feopigmentos.

O impacto da descarga da ETAR e, presumivelmente, de escorrências agrícolas na Ribeira de Aljezur foi mais evidente em época alta, na estação imediatamente a jusante da ETAR. Este impacto, anulou-se durante o percurso da água, muito antes de esta chegar às praias fluvial e de mar da Amoreira, cuja água apresentava um excelente qualidade microbiológica, de acordo com a Directiva 2006/7/CE, relativa à gestão da qualidade das águas balneares. Esta condição foi observada mesmo em condições de maré morta, aquela em que era menor a diluição pelo efeito de maré.

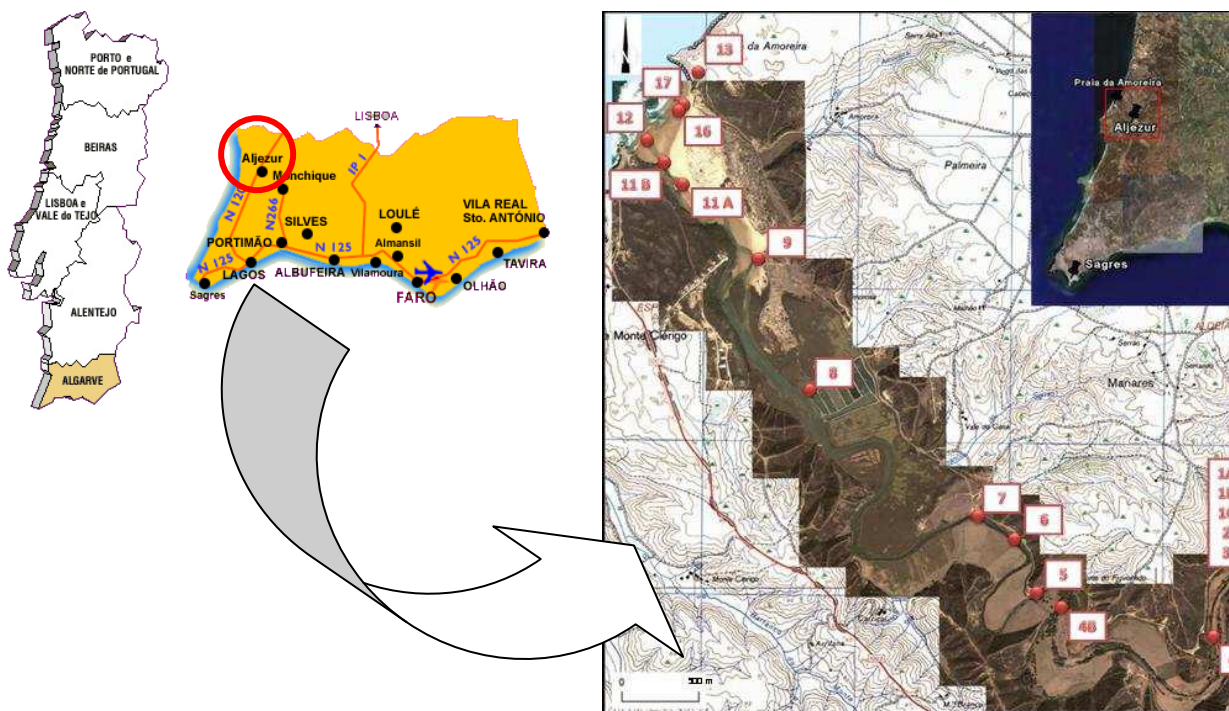
Contudo, nalguns pontos foram detectados indícios da ocorrência de florescências de cianobactérias na água da ribeira, o que merece ser objecto de monitorização posterior, de acordo com a Directiva 2006/7/CE.

**Palavras-Chave:** contaminação; ETAR; eutrofização; ribeira de Aljezur

## 1. INTRODUÇÃO

As zonas terminais das ribeiras costeiras, como a Ribeira de Aljezur, constituem sistemas estuarinos e lagunares de elevada complexidade, por estarem sujeitos a rápidas alterações morfológicas das suas embocaduras. Estas alterações podem conduzir frequentemente à interrupção temporária da comunicação da ribeira com o mar, em resultado da acção conjunta da agitação marítima, das correntes de maré e de caudais fluviais reduzidos ou intermitentes. As zonas costeiras, além das cargas poluentes associadas a escorrências de campos agrícolas, podem ter contribuições de outras fontes de contaminantes, como efluentes de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

A Ribeira de Aljezur insere-se no litoral do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina de Portugal e desagua na Praia da Amoreira (Figura 1).



**Figura 1.** Localização da Ribeira de Aljezur. (Fontes: Imagens Google Earth e Carta Topográfica Militar).

Além de outras possíveis contribuições a montante, nos seus últimos 8 km a qualidade da água da ribeira, sofre a influência de várias potenciais fontes de contaminação, principalmente: i) da ETAR (a da foz), que serve uma população de ~ 2700 habitantes e que incluiu tratamento terciário com desinfecção por radiação ultravioleta; ii) do efluente de uma piscicultura iii) e de uma extensa área de sapal. Estas fontes podem contribuir para o aumento da contaminação microbiana e para a eutrofização das águas, que, na pior instância, pode incluir a florescência de cianobactérias potencialmente tóxicas. Tal pode representar um risco ambiental e de saúde pública devido à utilização destas águas, quer para contacto directo quer indirecto.

Neste trabalho investigou-se a eventual propagação do impacto das descargas do efluente tratado pela ETAR de Aljezur e de outras fontes potenciais de poluição na qualidade da água do meio receptor, particularmente na salubridade da água das praias fluvial e de mar da Amoreira.

Para tal foram analisadas séries de amostras de água colhidas ao longo da ribeira durante quatro campanhas. Estas foram efectuadas em épocas do ano contrastantes quanto a clima e ocupação turística de Aljezur, e com diferentes condições de maré.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As campanhas de amostragem tiveram lugar na época baixa (6 de Maio de 2008 e 12 Maio de 2009) e na época alta (11 de Setembro 2008 e 8 Setembro 2009).

Foram analisadas amostras de água recolhidas à superfície, ao longo do dia em intervalos de 3 h de modo quase síncrono em todas as estações (~9 h), de forma a contemplar os períodos de maré extrema (Preia-mar e Baixa Mar) e os períodos intermédios, em que a corrente é mais forte (meia enchente e meia vazante). As amostras foram recolhidas longo da ribeira (10 estações), desde imediatamente a montante da ETAR até à sua foz, na Praia da Amoreira.

Os parâmetros analisados foram: temperatura, pH, condutividade/salinidade, oxigénio dissolvido medidos *in situ* com sondas específicas e CBO<sub>5</sub>, sólidos suspensos totais, coliformes fecais, enterococos fecais, amónia, nitratos+nitritos, fosfatos, silicatos, clorofila *a* e feopigmentos analisados segundo os métodos descritos no Quadro 1.

**Quadro 1.** Parâmetros analisados e métodos analíticos específicos

Parâmetro	Método Analítico
Coliformes fecais	ISO 9308-1
Enterococos fecais	ISO 7899-2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Espectrofotometria
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Espectrofotometria
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Espectrofotometria
SiO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Espectrofotometria
Clorofila <i>a</i> e feopigmentos	Espectrofotometria – Método de Lorenzen, 1963
CBO <sub>5</sub> (20°C)	Método Manométrico
Sólidos suspensos totais	Filtração por Membrana seguido de método gravimétrico

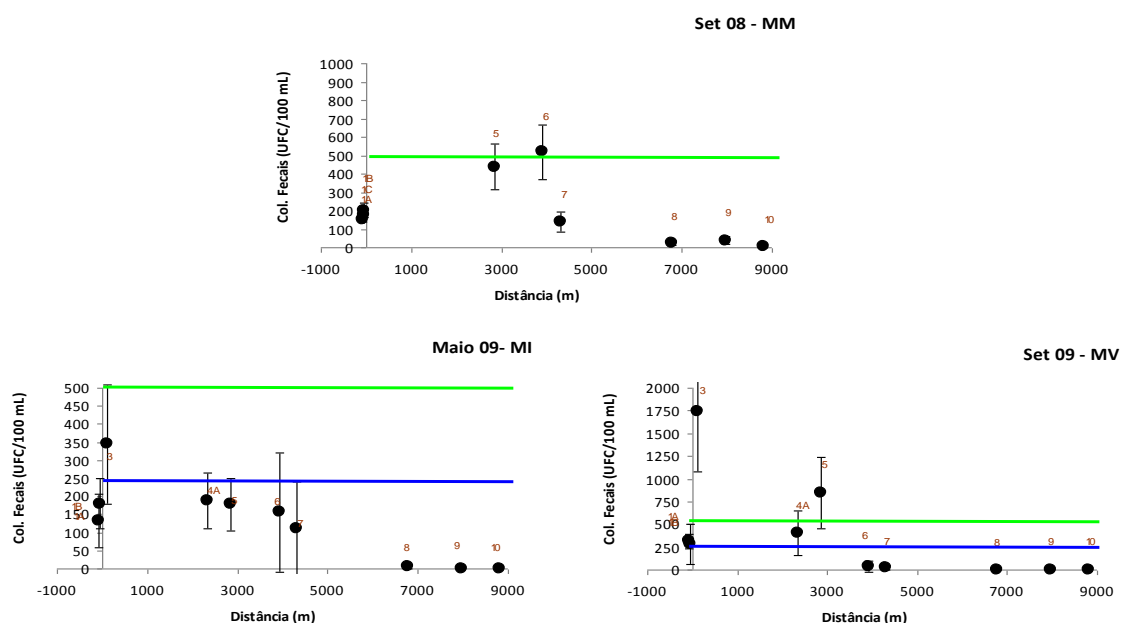
Após a recolha de água, as amostras foram mantidas refrigeradas e transportadas para o laboratório da ETAR no prazo de 30 min. Aí, as amostras para nutrientes e clorofila *a* foram filtradas por membranas filtrantes (acetato de celulose 0,45 µm e fibra de vidro 0,7 µm). As membranas usadas para análise microbiológica foram imediatamente colocadas em placas com

meio de cultura, mantidas refrigeradas e transportadas para laboratório do LNEC, em Lisboa, onde se iniciou a sua incubação cerca de 5 h após a última amostragem. Os restantes parâmetros foram analisados neste laboratório, num período inferior a uma semana após amostragem.

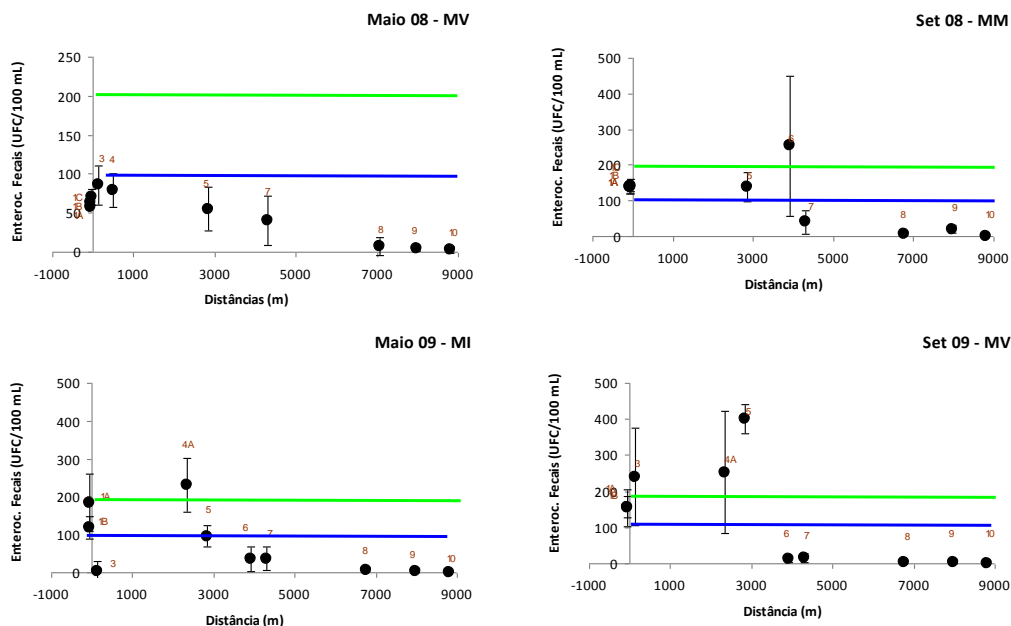
O coeficiente de Pearson ( $r$ ) foi utilizado como uma medida da correlação entre os parâmetros estudados, para um limite de confiança de mínimo de 95% ( $p < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

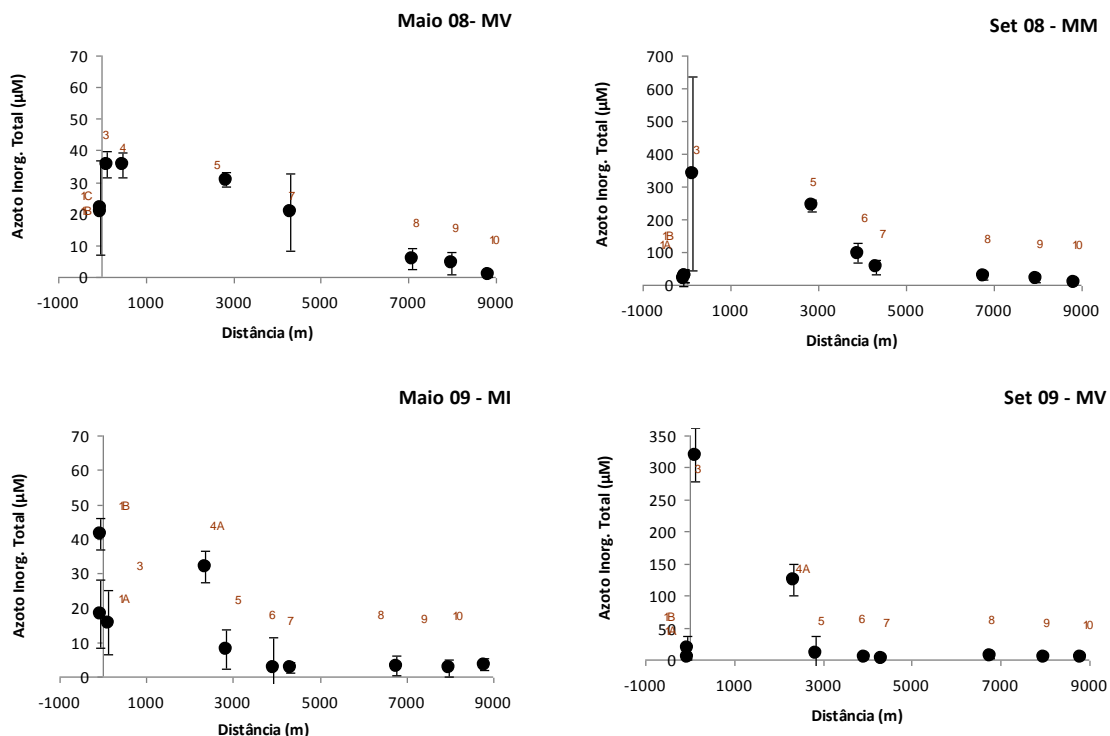
A variação média de coliformes fecais, enterococos fecais, azoto inorgânico total (amónia+nitratos+nitritos), fosfatos, silicatos, clorofila  $a$  + feopigmentos e carência bioquímica de oxigénio, ao longo do dia e das estações amostradas na Ribeira de Alzejur até à Praia da Amoreira, nas 4 campanhas realizadas em Maio e Setembro de 2008 e nos mesmos meses no ano seguinte, é apresentada nas Figuras 2-8.



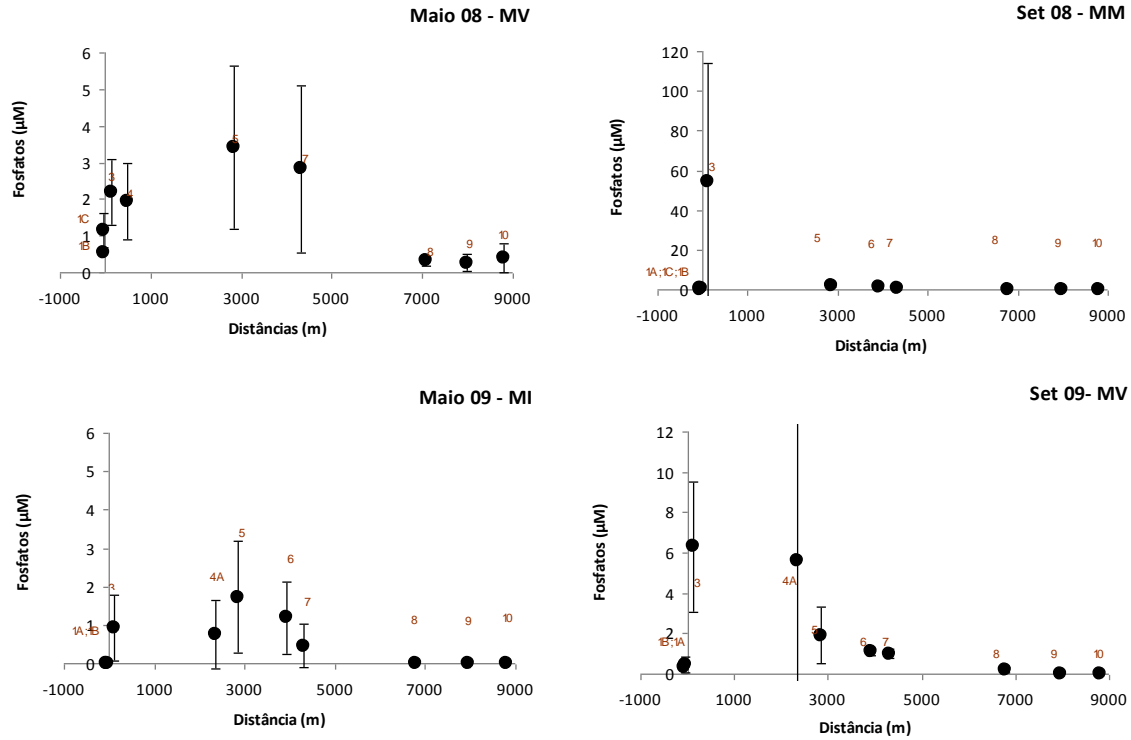
**Figura 2.** Variação da concentração média de coliformes fecais (UFC/100 mL) ao longo, da Ribeira de Alzejur até à Praia da Amoreira, durante as campanhas de Maio de 2008 e 2009 e Setembro de 2008 e 2009. MV= Maré Viva, MM= Maré Morta, MI= Maré Intermédia. — Qualidade Excelente; — Qualidade Boa, para águas costeiras e de transição segundo a Directiva 2006/7/CE



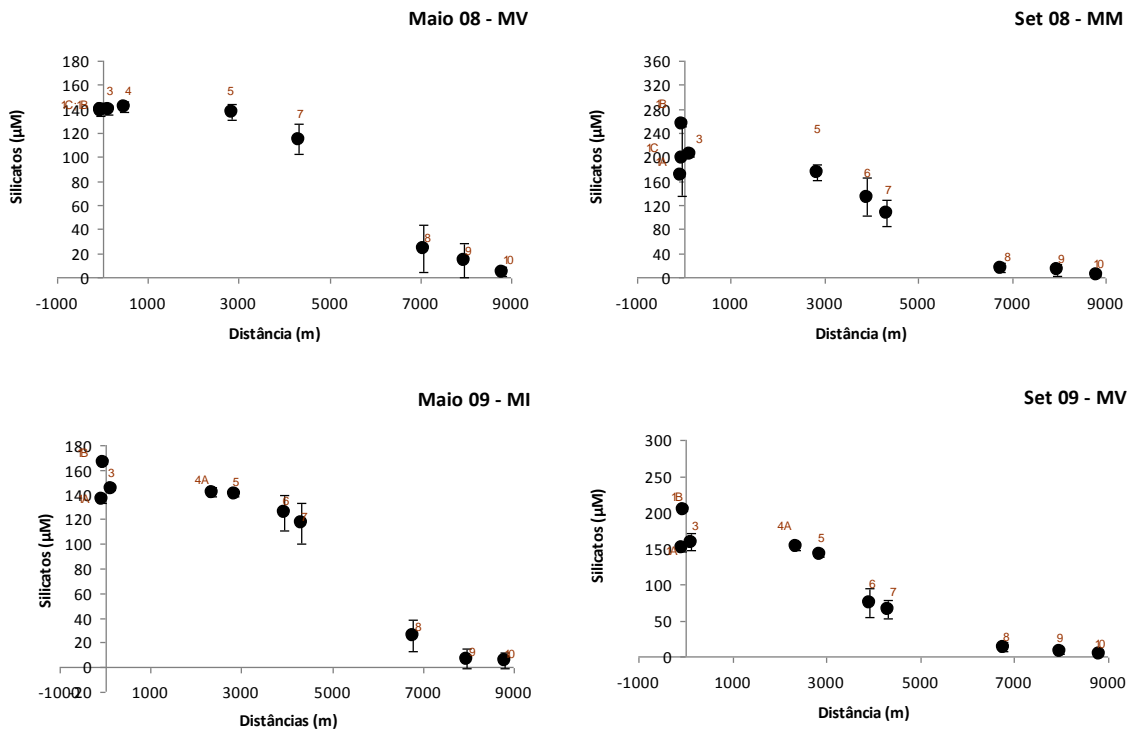
**Figura 3.** Variação da concentração média de enterococos fecais (UFC/100 mL) ao longo das estações amostradas na Ribeira de Alzejur até à Praia da Amoreira, nas campanhas realizadas em Maio e Setembro de 2008 e Maio e Setembro de 2009. MV= Maré Viva, MM= Maré Morta, MI= Maré Intermédia; Qualidade Excelente; Qualidade Boa, para águas costeiras e de transição segundo a Directiva 2006/7/CE.



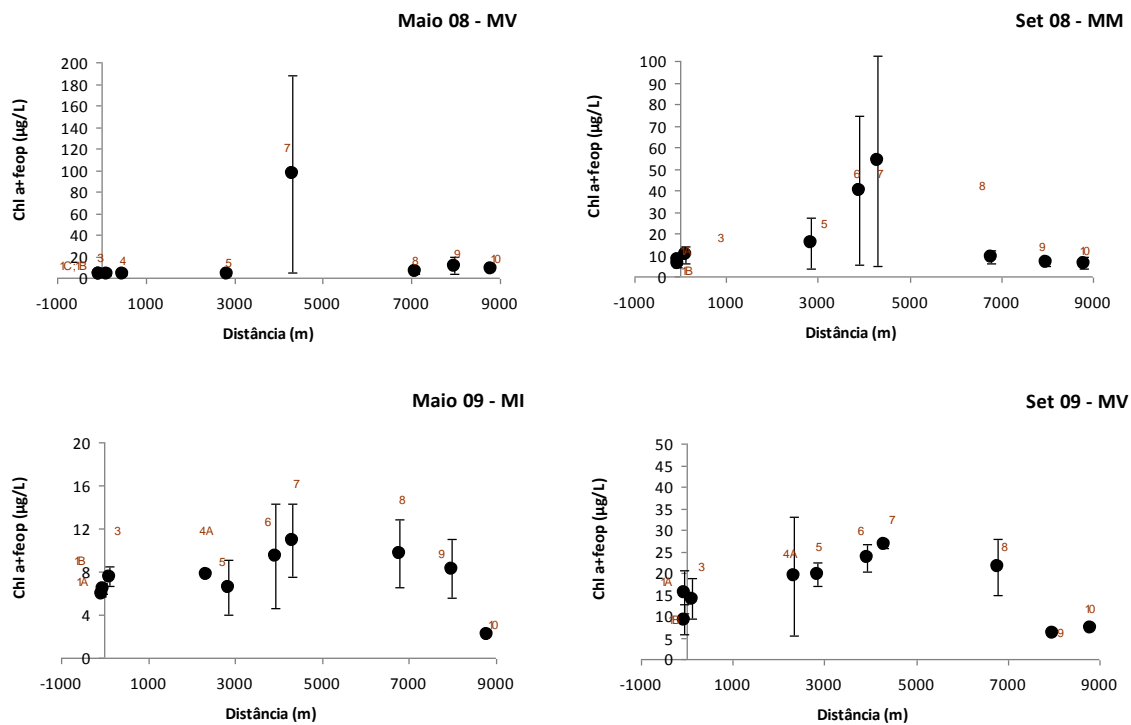
**Figura 4.** Variação da concentração média de azoto inorgânico total ( $\mu\text{M}$ ) ao longo das estações amostradas na Ribeira de Alzejur até à Praia da Amoreira, nas campanhas realizadas em Maio de 2008 e 2009 e Setembro de 2008 e 2009. MV= Maré Viva, MM= Maré Morta, MI= Maré Intermédia



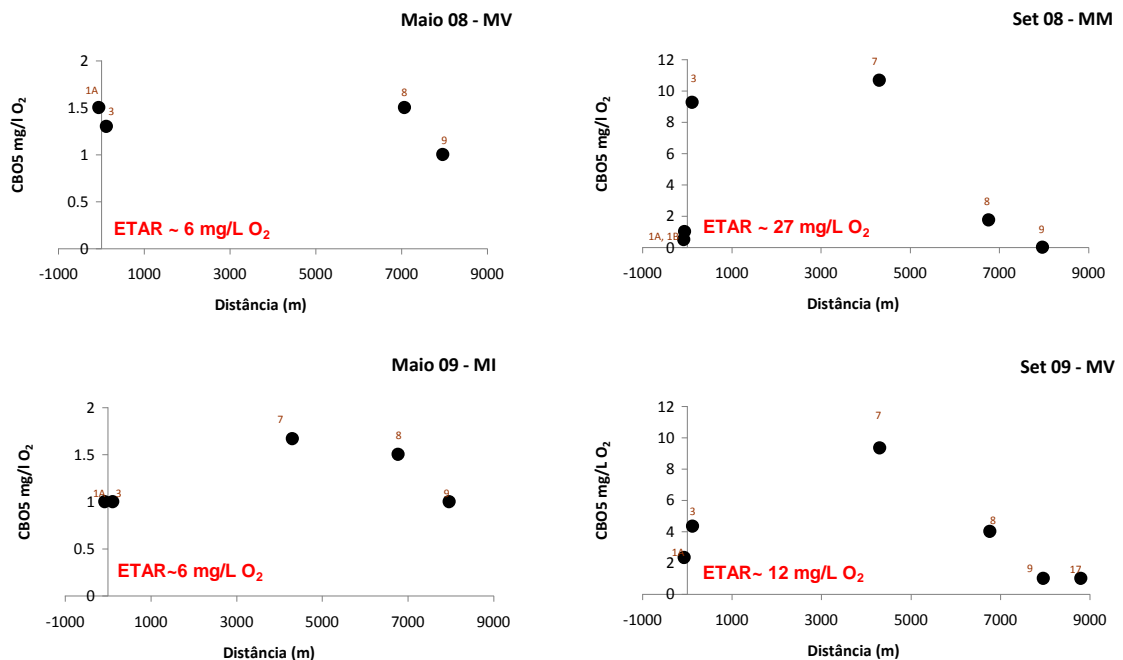
**Figura 5.** Variação da concentração média de fosfatos ( $\mu\text{M}$ ) ao longo da Ribeira de Alzejur até à Praia da Amoreira, nas campanhas realizadas em Maio de 2008 e 2009 e Setembro de 2008 e 2009. MV= Maré Viva, MM= Maré Morta, MI= Maré Intermédia



**Figura 6.** Variação da concentração média de silicatos ( $\mu\text{M}$ ) ao longo da Ribeira de Alzejur até à Praia da Amoreira, nas campanhas realizadas em Maio de 2008 e 2009 e Setembro de 2008 e 2009. MV= Maré Viva, MM= Maré Morta, MI= Maré Intermédia



**Figura 7.** Variação da concentração média de clorofila a e feopigmentos ao longo da Ribeira de Alzejur até à Praia da Amoreira, nas campanhas realizadas em Maio de 2008 e 2009 e Setembro de 2008 e 2009. MV= Maré Viva, MM= Maré Morta, MI= Maré Intermédia



**Figura 8.** Variação média da carência bioquímica de oxigénio (CBO<sub>5</sub> mg/L O<sub>2</sub>) ao longo da Ribeira de Alzejur até à Praia da Amoreira, nas campanhas realizadas em Maio de 2008 e 2009 e Setembro de 2008 e 2009. MV= Maré Viva, MM= Maré Morta, MI= Maré Intermédia

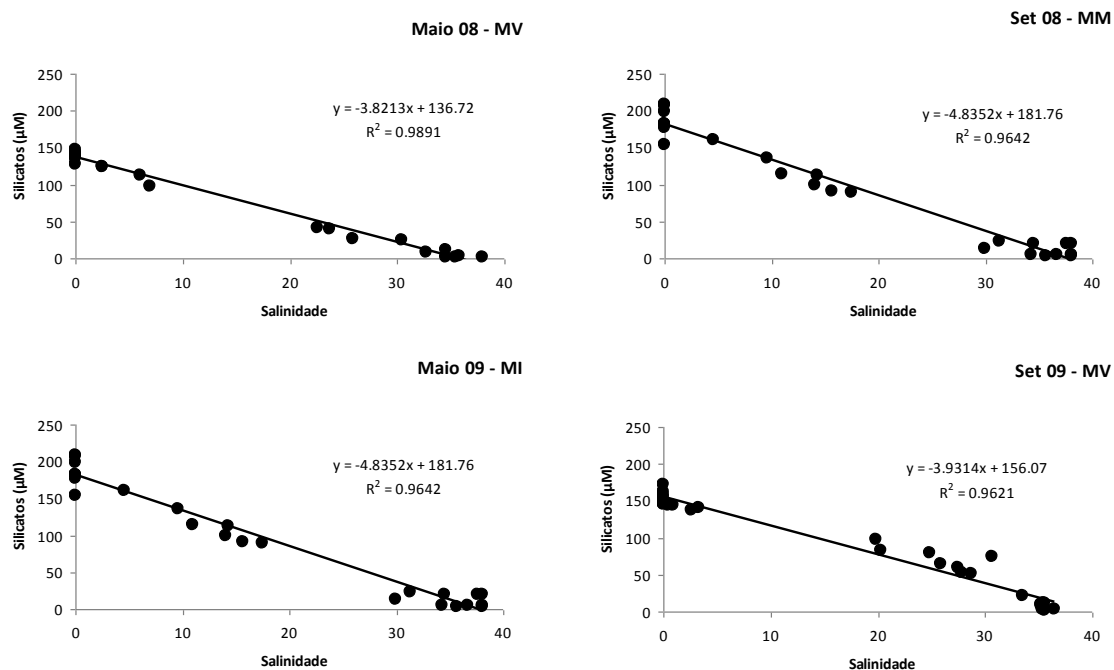


Como as Figuras 2, 4 e 5 mostram, as diferenças entre os valores observados para os parâmetros microbiológicos e para nutrientes na generalidade das amostras colhidas nas estações 1A e 1B, e na Estação 3, respectivamente situadas imediatamente a montante e jusante da descarga da ETAR, denotam algum impacto da ETAR na Ribeira de Aljezur. Este impacto, que se anulou durante o percurso da água muito antes de esta chegar às praias (estações 9 e 10), foi mais evidente em Setembro (épocas alta e mais seca), quer de 2008 quer de 2009, relativamente às amostragens de Maio (época baixa) em que é maior o caudal da ribeira.

Embora sem que tal apresentasse uma tendência sistemática, na maioria das campanhas assistiu-se a um fraco decaimento ou mesmo a aumentos dos valores da generalidade dos parâmetros microbiológicos e de nutrientes nas estações imediatamente a jusante da Estação 3 e ainda sem influências da piscicultura e sapal. Conquanto tal necessite ser confirmado, tal deveu-se muito provavelmente a escorrências de fezes animais, uma vez que uma grande parte dos terrenos da(s) margem(ens) daquelas estações é utilizada para pastoreio.

Mesmo assim, a água das praias fluvial (Estação 9) e de mar (Estação 10) da Amoreira, apresentou sempre uma qualidade microbiológica excelente, segundo os critérios da Directiva 2006/7/CE, relativa à gestão da qualidade das águas balneares.

Como esperado pela aplicação da Linha Teórica de Diluição a sistemas estuarinos (Burton e Liss, 1976), os silicatos foram o mais conservativo dos parâmetros analisados (Figura 9). Tal deve-se ao facto de as águas residuais não aumentarem significativamente a concentração de silicatos, por a sua matriz ser água doce tal como a da ribeira, e por os silicatos não terem sido consumidos de forma evidente pelo fitoplâncton na ribeira.



**Figura 9.** Variação da concentração de silicatos (µM) em função da salinidade nas campanhas realizadas em Maio de 2008 e 2009 e Setembro de 2008 e 2009. MV= Maré Viva, MM= Maré Morta, MI= Maré Intermédia.



Em relação aos compostos de azoto e de fósforo, além duma forte conversão de amónia a nitratos por processos de nitrificação, foram observados fortes desvios às respectivas Linhas Teóricas de Diluição. Mesmo se a taxas muito baixas, a entrada destes compostos com a descarga da ETAR, de escorrências agrícolas e de fezes dos animais que pastam na zona envolvente da ribeira, e o seu consumo pelo fitoplâncton explicam os desvios observados. Assim, a concentração destes nutrientes em cada local não pode ser assumida como resultado da mistura simples das duas massas de água em contacto, i.e., ribeira e água do mar.

Em relação à correlação entre os parâmetros estudados verificou-se que a amostragem com maior número de correlações significativas ( $p < 0,05$ ) e mais fortes entre si, foi encontrada em época baixa, Maio de 2009 (maré intermédia), como é apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2.** Correlação entre os parâmetros analisados, na amostragem realizada em Maio de 2009, em maré intermédia, ao longo de todas as estações. A vermelho estão identificadas todas as correlações significativas ( $p < 0,05$ ).

Maio 2009 - MI										
	Turv. NTU	SST mg/L	Cf UFC/100mL	Ent UFC/100mL	$\mu\text{M PO}_4$	$\mu\text{M NO}_3$	Clor a +feop $\mu\text{g/L}$	$\mu\text{M NH}_4$	$\mu\text{M SiO}_4$	$\mu\text{M Ntotal}$
Turv. NTU	<b>1.00</b>									
SST mg/L	<b>0.93</b>	<b>1.00</b>								
Cf UFC/100mL	-0.14	-0.02	<b>1.00</b>							
Ent UFC/100mL	<b>-0.32</b>	-0.21	<b>0.79</b>	<b>1.00</b>						
$\mu\text{M PO}_4$	-0.10	0.09	<b>0.82</b>	<b>0.57</b>	<b>1.00</b>					
$\mu\text{M NO}_3$	-0.08	0.02	<b>0.95</b>	<b>0.70</b>	<b>0.71</b>	<b>1.00</b>				
Clor a +feop $\mu\text{g/L}$	-0.04	0.12	<b>0.74</b>	<b>0.52</b>	<b>0.86</b>	<b>0.71</b>	<b>1.00</b>			
$\mu\text{M NH}_4$	-0.10	0.08	<b>0.84</b>	<b>0.57</b>	<b>0.95</b>	<b>0.80</b>	<b>0.92</b>	<b>1.00</b>		
$\mu\text{M SiO}_4$	<b>-0.30</b>	<b>-0.30</b>	<b>0.52</b>	<b>0.62</b>	<b>0.56</b>	<b>0.40</b>	<b>0.52</b>	<b>0.57</b>	<b>1.00</b>	
$\mu\text{M Ntotal}$	-0.09	0.03	<b>0.96</b>	<b>0.70</b>	<b>0.75</b>	<b>1.00</b>	<b>0.74</b>	<b>0.84</b>	<b>0.43</b>	<b>1.00</b>

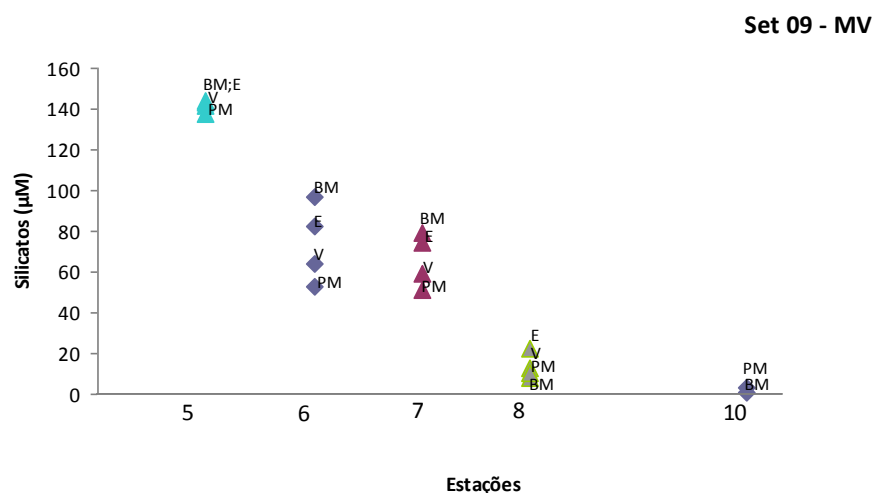
As correlações mais fortes foram encontradas, como seria de esperar, entre sólidos suspensos totais e turvação, entre coliformes e enterococos fecais provenientes das mesmas fontes e particularmente da ETAR, assim como entre os nutrientes, exactamente pelas mesmas razões, e ainda entre nutrientes e clorofila *a*. Esta última correlação é atribuível ao facto de nos locais onde há maior disponibilidade de nutrientes ocorrer um aumento de biomassa fitoplanctónica, como é expressa pela concentração de clorofila *a*.

Especialmente o impacto da descarga da ETAR e adicional e presumivelmente de escorrências de solos usados para pastoreio fizeram-se sentir até à Estação 5 (Figuras 2-8). A jusante desta, seguramente por forte contribuição da diluição associada ao efeito de maré, o impacto observado anulou-se progressivamente até à foz e sem qualquer influência observável da piscicultura e do sapal.

As concentrações médias de clorofila *a* na água da Estação 7 atingiram valores bastante elevados (Figura 7) em Maio e Setembro de 2008. Acresce que a água dalgumas das amostras colhidas nestas campanhas apresentou concentrações de 120 e 195  $\mu\text{g/L}$ . O facto destes valores não terem sido acompanhados por elevações concomitantes de silicatos indica que não se trata de clorofila *a* de fitoplâncton silicioso, mas, muito provavelmente, de cianobactérias. Estas circunstâncias são preocupantes para a utilização balnear da ribeira, pelo menos nas

proximidades da Estação 7, dado que as cianobactérias produzem e libertam toxinas que, devido à sua grande toxicidade, constituem um perigo para a saúde dos banhistas (Bartram et al., 1999).

Quanto à condição de maré, a mais crítica foi de maré morta, coincidente com a campanha de Setembro de 2008, (Figuras 2-8). Nesta altura, os valores de todos os parâmetros foram mais elevados, devido ao maior tempo de retenção na ribeira, o que pode aumentar os riscos a nível da qualidade da água, em períodos em que esta condição de maré é dominante. Em relação à maré, como esperado, os máximos de concentração foram encontrados, em geral, em Baixa Mar e Vazante e mínimos em Preia Mar, quando o efeito de diluição é máximo. Tal prova que neste sistema ocorre forte influência de intrusão e mistura salina, particularmente até à Estação 6. Este facto pode ser evidenciado a título exemplificativo na Figura 10, para a amostragem de Setembro de 2009, i.e. em maré viva, onde a mistura e a penetração da maré na Ribeira é mais extensa e acentuada. Já na Estação 5, os valores são praticamente constantes ao longo das amostragens diárias.



**Figura 10.** Variação da concentração de silicatos ( $\mu\text{M}$ ), ao longo das estações 5-10, nas campanhas realizadas ao longo do ciclo de maré, em Setembro de 2009. MV= Maré Viva; BM= Baixa Mar; E= Enchente, PM=Preia Mar e V= Vazante

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos durante a realização do presente estudo e que acima se reportam permitem inferir as seguintes conclusões principais:

- é importante que no estudo da qualidade de água deste tipo de sistemas estuarinos, onde a influência da maré é forte e espacialmente extensa, seja contemplada a situação mais desfavorável (*i.e.*, o período de vazante até Baixa-Mar) em que é menor a diluição de contaminantes devida ao efeito de maré;
- embora detectável na parte inicial do trecho da ribeira em estudo, o impacto da ETAR de Aljezur e, presumivelmente, de escorrências na qualidade da água da ribeira nunca foi de ordem a degradar a qualidade da água das praias fluvial e de mar da Amoreira, que nas amostras analisadas apresentou sempre uma qualidade microbiológica excelente, mesmo no período de vazante até Baixa-Mar;

- dado o seu significado em termos de saúde pública e a possibilidade de ocorrerem noutros pontos da ribeira, os indícios da existência de florescências de cianobactérias observados na Estação 7 aconselham a monitorização da ocorrência deste tipo de fenómenos na ribeira, tal como prescreve a Directiva 2006/7/CE.

## AGRADECIMENTOS



Fundação para a Ciência e a Tecnologia

Este trabalho foi financiado pela FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia), através do projecto PTDC/ECM/66484/2006: MADyCOS- Multidisciplinary integrated analysis of the sediment dynamics and fecal contamination in intermittent coastal systems.

São também devidos agradecimentos à empresa Águas do Algarve S.A., cujo apoio foi indispensável à realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bartram, J., Carmichael, W.W., Chorus, I., Jones, G., Skulberg, O.M. (1999) Toxic cyanobacteria and other water-related health problems. *In Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*, Eds. Chorus, I. and Bartram, J. WHO-E & FN Spon, London.

Burton, J.P e Liss, P.S. (1976). *Estuarine Chemistry*. Academic Press, 219 pp.

Directiva 2006/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Fevereiro de 2006, relativa à gestão da qualidade das águas balneares.

Liss, P.S. e Spencer, C.P. (1970). Abiological processes in the removal of silicate from sea water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34: 1073-1088.

Lorenzen C. J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343 – 346.