

# AVALIAÇÃO DAS CARGAS POLUENTES E SEU IMPACTO NA LAGOA DE MELIDES

**Maria Emília NOVO**

*Geóloga, Dr. Engenharia do Ambiente, Investigadora auxiliar, Núcleo de Águas Subterrâneas, LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa,*  
[enovo@lnec.pt](mailto:enovo@lnec.pt)

**Luís G. S. OLIVEIRA**

*Engenheiro do ambiente, bolsheiro de projecto, Núcleo de Águas Subterrâneas, LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa,*  
[loliveira@lnec.pt](mailto:loliveira@lnec.pt)

## RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma avaliação das cargas poluentes geradas na bacia hidrográfica de Melides, considerando fontes poluentes com descargas para o meio hídrico superficial e para o meio hídrico subterrâneo, dando-se particular destaque a este último devido à importância da actividade agrícola e ao peso das cargas poluentes das numerosas fossas que ocorrem nesta região. O cálculo das cargas poluentes por via superficial foi determinado para a ETAR de Melides e arrozais. Do recenseamento obtido das diferentes fontes poluentes que existem na bacia e das respectivas cargas poluentes foi possível definir que o principal contribuidor para a poluição é a actividade agrícola, contribuindo a actividade pecuária e as fontes urbanas, no caso da poluição de origem subterrânea com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, com valores percentuais similares de cargas poluentes de nitratos tendo a pecuária um peso mais significativo em termos de produção de fosfatos. Contudo, as cargas poluentes urbanas podem revelar grandes variações sazonais, especialmente na proximidade da lagoa, e grandes variações de carga de ponto poluente para ponto poluente, ao invés da uniformidade significativa das cargas pecuárias, basicamente porque as unidades pecuárias são todas de reduzida dimensão e com número de efectivos muito similar. A carga poluente de origem subterrânea é a mais significativa, perfazendo cerca de 70 a 80% do total de fosfatos e nitratos que atingem a lagoa. Do mesmo modo as cargas poluentes com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, e de origem subterrânea, constituem cerca de 48% dos nitratos e 54% dos fosfatos que atingem a lagoa, correspondendo a restante carga – sobretudo no que se refere a nitratos, dado que o fósforo tem uma grande apetência para ser fixado no meio subterrâneo – a cargas poluentes em trânsito no meio subterrâneo, provindas de fontes poluentes mais afastadas da ribeira de Melides e da lagoa, onde o aquífero faz as suas descargas. Com efeito as cargas poluentes associadas a longos tempos de percurso perfazem entre 23 a 25% das cargas totais produzidas na bacia hidrográfica de Melides, podendo colocar dificuldades à recuperação do estado da lagoa até e sobretudo após 2027.

## 1. INTRODUÇÃO

A lagoa de Melides é um ecossistema lagunar parcialmente dependente de águas subterrâneas, em que cerca de 26,5% das suas águas são de origem subterrânea (Oliveira et al., 2012). Isto tem implicações no que se refere às cargas poluentes que alcançam a lagoa. Com efeito, para uma correcta análise da carga poluente que afecta a lagoa de Melides será necessário considerar não apenas a poluição que chega por via superficial através da ribeira de Melides mas também a que chega por via subterrânea, através dos pontos de descarga do aquífero tanto ao longo do leito da ribeira como os sites na própria lagoa. Estes aspectos são basilares para a gestão integrada da bacia hidrográfica de Melides e para a aplicação de medidas com vista à

melhoria do estado ecológico da lagoa, assim como para prevenir ou minorar situações futuras de “blooms” de algas.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A lagoa de Melides, que constitui a zona vestibular da bacia hidrográfica da ribeira de Melides, situa-se no litoral alentejano (Fig. 1), na zona norte do sistema aquífero de Sines, estando desenvolvida sobre depósitos aluvionares e circundada por formações quaternárias e terciárias, predominantemente arenosas.

A distribuição das fontes poluentes concentra-se sobretudo na metade de jusante da bacia hidrográfica da ribeira de Melides, que corresponde ao afloramento das formações detríticas quaternárias e terciárias, registando-se na área de montante – dominada por formações xistosas e quartzíticas paleozóicas (Devónico superior – Carbónico inferior; cf. Novo, 2010) – apenas algumas fontes poluentes associadas a fossas e, no bordo sul desta zona de montante, diversas pecuárias (oviculturas).

Em termos de balanço hídrico a zona de montante é dominada pelo escoamento superficial, reflectindo a natureza pouco permeável das formações paleozóicas aí presentes, sendo o sector de jusante dominado pela recarga, devido à cobertura predominantemente arenosa, onde se desenvolve o aquífero superficial, o qual está em ligação hidráulica com a ribeira e a lagoa de Melides, tornando-as ecossistemas parcialmente dependentes de águas subterrâneas.

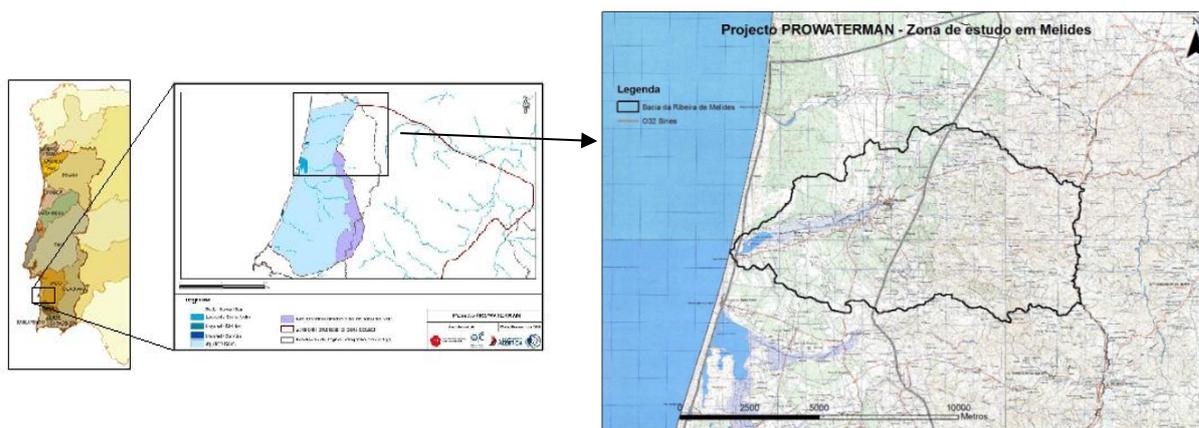


Fig. 1 – Localização da área de estudo

## 3. COMPONENTE SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA NA ALIMENTAÇÃO À LAGOA DE MELIDES

O conhecimento da importância relativa dos aportes de água à lagoa de Melides por via superficial e por via subterrânea, e em particular a sua quantificação é necessário para melhor aferir do impacto de cada fonte poluidora na referida lagoa. Com efeito os poluentes podem atingir a lagoa por duas vias (Fig. 2):

- Superficial – via ribeiras e escorrências dos campos agrícolas. O caso das escorrências dos campos agrícolas, assim como de quaisquer outras descargas superficiais directas ocorrentes na envolvente da lagoa, é de difícil contabilização devido à escassez de dados relativos a este processo, razão pela qual não se procedeu ao seu cálculo. As componentes do escoamento superficial são:
  - Rede hidrográfica da ribeira de Melides.
  - Descargas dos campos de arroz.

- Descargas da ETAR de Melides e de Vale de Figueira.
- Descargas da nascente de Fonte de Olhos.
- Escorrências directas para a lagoa na sua envolvente.
- Subterrânea – quer por descargas directas do aquífero na lagoa, quer por descargas ao longo do leito da ribeira, transitando daí para a lagoa misturada com as águas advindas do escoamento superficial directo colectado pela ribeira de Melides.

Estas diferentes vias transportam cargas poluentes para a lagoa, associadas a fontes poluentes específicas, algumas das quais podem ver parte da sua poluição transportada por mais do que uma via. Assim, as cargas poluentes das fossas terão um transporte exclusivamente subterrâneo, as dos campos agrícolas um transporte maioritariamente subterrâneo mas com alguma componente de transporte superficial associado a escorrências, as cargas associadas às pecuárias terão uma situação algo semelhante às dos campos agrícolas, os arrozais contribuem com parcelas sensivelmente semelhantes de descargas poluentes por via superficial (a partir das águas descarregadas dos talhões para a ribeira) e subterrânea (via infiltração através do solo dos adubos e fitossanitários aplicados na cultura), ao passo que as cargas poluentes das ETARs são transportadas essencialmente por via superficial, podendo contudo ter associada uma carga poluente subterrânea, caso ocorram fugas das estruturas de tratamento. Note-se que, no sector de montante da ribeira, desenvolvido nos terrenos paleozóicos xistosos e quartzíticos, onde o predomínio é do escoamento superficial, a poluição provirá essencialmente de escorrências superficiais da reduzida área agrícola, a que poderá eventualmente acrescer as escorrências sub-superficiais associadas às fossas (que serão contribuições muito diminutas); neste caso a poluição atingirá rapidamente a lagoa e sem redução significativa da sua carga.

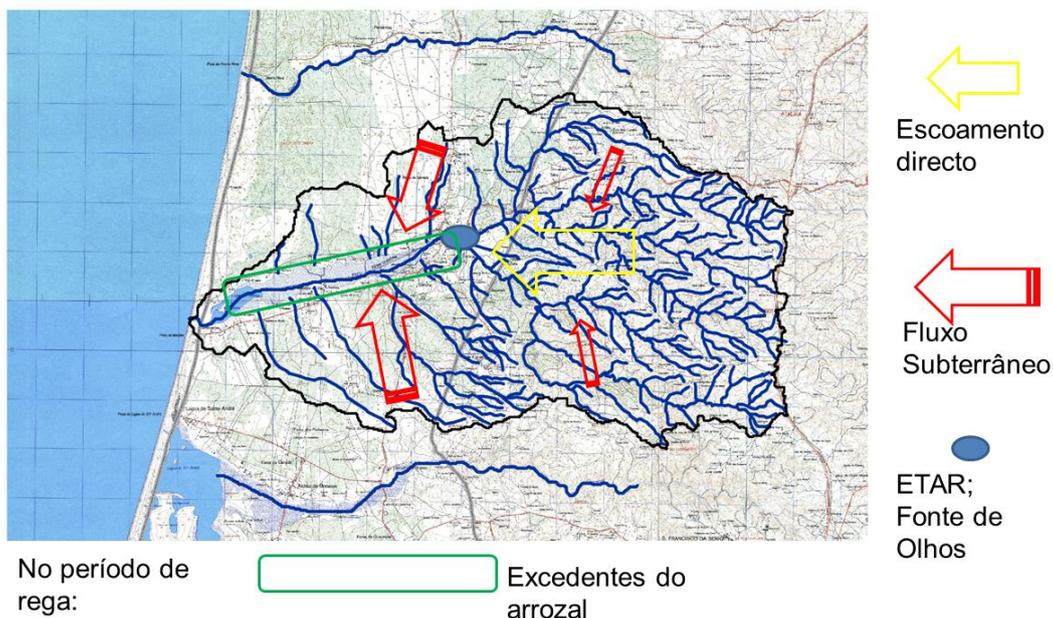


Figura 2 – Origens das águas que alimentam a lagoa de Melides (incluído os excedentes dos arrozais nos períodos de rega/descarga dos canteiros)

Deste modo é importante conhecer a importância relativa de cada contribuição de água para a lagoa. Os valores referentes a estas diferentes contribuições de água apresentam-se no Quadro 1, tendo o escoamento superficial directo sido obtido através do BALSEQ\_MOD (cf. Oliveira et al., 2011), tendo sido o escoamento na zona xistosa (zona de montante) sido calculado através do somatório do escoamento directo e da recarga obtidos pelo BALSEQ\_MOD; tal cálculo deve-se ao pressuposto de que a vasta maioria da água que se infiltra nestas litologias volta

rapidamente à superfície, sendo descarregada numa linha de água, onde se junta ao escoamento superficial. A contribuição subterrânea foi estimada com base nos resultados de avaliação da recarga e descargas para o meio hídrico superficial, obtidos pelos seguintes processos:

- Volume calculado na área do modelo – volume de fluxo subterrâneo descarregado na ribeira de Melides, em conformidade com o modelo matemático desenvolvido no estudo PROWATERMAN (Oliveira et al., 2012).
- Recarga na zona arenosa da bacia – volume obtido através do modelo BALSEQ\_MOD (Oliveira et al., 2011).
- Volume médio cedido – volume médio de fluxo subterrâneo descarregado na ribeira de Melides, em conformidade com o modelo matemático de Monteiro et al (2008).

Não foi possível contabilizar nesta análise os volumes referentes a extracções de água a partir dos poços nem os referentes a drenâncias para o aquífero mais profundo ou outras descargas desconhecidas. Do mesmo modo, dada a insuficiência de dados de medições do caudal da Fonte dos Olhos, a sua contribuição não foi calculada. Por seu lado o volume das ETAR baseia-se nos dados de INSAAR (2009). Do Quadro 1 pode verificar-se que a principal fonte de alimentação para a lagoa é o escoamento superficial, e em particular o escoamento originado na zona de montante da bacia, mas a contribuição subterrânea é também muito significativa, rondando os 27 a 30%. Estes dados sugerem assim que as principais contribuições poluentes deverão corresponder às cargas subterrâneas originadas na zona arenosa (zona de jusante da bacia) e às cargas transportadas da zona de montante, a que se adicionarão as descargas dos arrozais e, em menor proporção, as originárias das escorrências de campos agrícolas na zona de jusante da bacia.

Quadro 1 – Volumes de água de diferentes origens que alimentam a lagoa de Melides

	Escoamento (m <sup>3</sup> /ano)		Contribuição subterrânea (m <sup>3</sup> /ano) *			ETAR Melides + Vale Figueira (m <sup>3</sup> /ano)	Total (hm <sup>3</sup> /ano)
	Zona arenosa	Zona xistosa	Vol. calculado na área do modelo	Recarga zona arenosa	Volume médio cedido		
Volume	2 594 876	11 225 082	6 139 301	5 269 858	4 998 456	40 956	19 a 20
Contribuição	12,9% - 13,8%	56,1% - 59,5%	30,7%	27,5%	26,5%	0,2%	100%

\* Para o cálculo do volume total de água cedido à lagoa considera-se apenas um dos valores de contribuição subterrânea, sendo os intervalos de contribuição percentual do escoamento resultantes da adopção do valor máximo ou mínimo da contribuição subterrânea no cálculo do volume total.

Fonte: adaptado de Oliveira et al. (2012a)

#### 4. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DA LAGOA E DA SUA TAXA DE RENOVAÇÃO

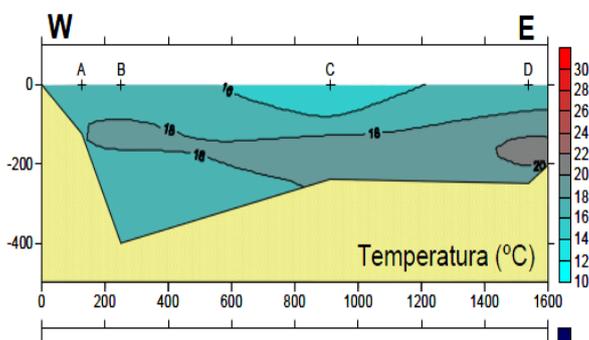
A avaliação do impacto das fontes poluentes transportadas por via superficial e subterrânea exige o conhecimento do volume de água médio existente na lagoa, pois será nesse volume que o total de carga poluente irá ser diluído. Assim, para uma mesma carga poluente, a concentração será mais elevada quanto menor o volume de água em que esta seja dissolvida. Também é necessário conhecer a taxa de renovação das águas da lagoa, ou seja, a água que a lagoa descarrega de algum modo para o oceano ou quaisquer outros pontos de eventual descarga (incluindo eventuais abastecimentos a campos agrícolas ou outros).

O volume da lagoa não é constante ao longo do ano, pois varia em função das estações, do regime pluviométrico de cada ano, da interacção com as águas subterrâneas e portanto das oscilações do nível freático do aquífero subjacente, e dos regimes de abertura ao oceano, sejam estes eventos naturais ou por intervenção humana nesse sentido. Tendo em consideração esta variação de volume, com uma redução acentuada nos períodos estivais, em especial nos anos mais secos, mas que por escassez de dados não foi possível quantificar, decidiu-se calcular

simplesmente um valor máximo médio deste corpo de água, antes da sua abertura ao mar. Para tal recorreu-se à informação de Freitas et al. (2008) relativamente à profundidade em seis pontos de amostragem, que se localizam nas zonas de canal – e portanto mais profundas – da lagoa (Fig. 3 e Fig. 4).



Fig. 3 – Localização dos pontos amostragem



Fonte: Freitas et al. (2008)

Fig. 4 – Perfil de temperatura e base da lagoa

Com base nas profundidades medidas em 3 de Abril de 2007 (Freitas et al., 2008), antes da abertura da lagoa ao mar, foi calculado o volume da lagoa recorrendo ao GMS 6.5 (AQUAVEO, 2010), tendo-se obtido o valor de 1 592 674 m<sup>3</sup> (Fig. 5). Sendo este um valor majorante do volume da lagoa nestas condições, considerou-se o valor de 1,5 hm<sup>3</sup> como o mais representativo das condições da lagoa, valor este a que corresponde uma altura média de 3 m da coluna de água.

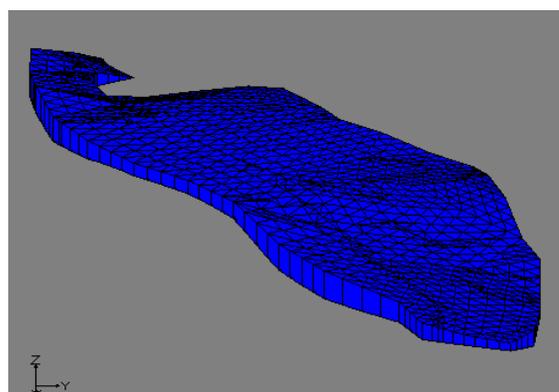


Fig. 5 – Sólido representando a lagoa de Melides: a) planta; b) vista oblíqua

Considerando os volumes totais que atingem anualmente a lagoa, os quais, de acordo com o Quadro 1 se cifram em cerca de 20 hm<sup>3</sup>/ano, conclui-se que a taxa de renovação das águas da lagoa é de cerca de 13 vezes, ou seja, a água que se acumula na lagoa e que posteriormente dela sai corresponde a 13 vezes um enchimento e esvaziamento da lagoa no espaço de um ano.

Se se excluirmos as perdas por evaporação (e eventuais regas de campos agrícolas na sua proximidade imediata, quando porventura tal prática ocorre), então existe um potencial de renovação e eliminação muito significativo das cargas poluentes da lagoa, nomeadamente aquando das suas aberturas ao oceano. Contudo, como durante largos períodos de tempo a lagoa está efectivamente fechada, funcionando como um acumulador da poluição gerada em toda a área da bacia, analisar-se-á a carga de seguida as cargas produzidas na lagoa e que poderão nela acumular-se ao longo do tempo. Consideram-se assim dois casos distintos:

- Cargas poluentes que atingem a lagoa no espaço de um ano desde que são geradas na origem – estas cargas poluentes atingem a lagoa por duas vias:

- Por via superficial – tendo a bacia hidrográfica pequena dimensão, assumiu-se que o tempo de percurso desde a zona de cabeceira até à lagoa é inferior a 1 ano, e portanto qualquer fonte poluente com descarga superficial, afectará a lagoa em menos de 1 ano.
- Por via subterrânea – associadas a fontes poluentes situadas na envolvente imediata da lagoa e/ou da ribeira de Melides (fossas, campos agrícolas, pecuárias).
- Cargas poluentes com tempos de percurso superiores a 1 ano – associadas a fontes poluentes subterrâneas a distâncias variáveis da ribeira e lagoa. Basicamente são cargas que já estão em trânsito aquando das sucessivas aberturas da lagoa ao oceano e a atingem continuamente ao longo do tempo, durante os períodos em que a lagoa está fechada, funcionando como um acumulador de poluição.

## 5. AVALIAÇÃO DA CARGA POLUENTE

A determinação das cargas poluentes realizou-se para cada fonte poluente pertencente a cada um dos três tipos de fonte poluente existentes na bacia, com descargas no meio subterrâneo: (1) pontual (fossas), (2) pontual/difusa (pecuárias), (3) difusa (campos agrícolas). A avaliação fez-se para as cargas de nitratos e fosfatos dado serem estes os poluentes associados normalmente – em especial os fosfatos – às explosões das populações de algas (“blooms” de algas) e consequentes eventos de eutroficação, aumento da toxicidade das águas e morte de peixes. A determinação das cargas de fontes poluentes com descargas para o meio hídrico superficial apenas foi realizada para a ETAR de Melides, visto as escorrências de campos agrícolas e pecuárias serem de difícil contabilização. A determinação das cargas fez-se em termos absolutos, ou seja, de massa (kg). A distribuição das fontes poluentes na bacia hidrográfica de Melides é a que se apresenta na Fig. 6, verificando-se que os campos agrícolas predominam no sector de jusante, tendo as fossas uma distribuição levemente mais homogénea, com diversos pontos poluentes na zona de montante.

### 5.1. Cargas poluentes agrícolas

Para o cálculo das cargas poluentes devidas à agricultura tomou-se em consideração, as necessidades de cada tipo de cultura em nitratos e fosfatos, a área de cada parcela dessa cultura e as cargas efectivamente aplicadas. De acordo com Soveral Dias (1999) e Agostinho e Pimentel (2005) os agricultores tendem a aplicar o dobro da adubagem necessária para o desenvolvimento óptimo das plantas. Deste modo, e considerando que as cargas de nutrientes aplicadas são duplas das necessárias, considerando as perdas de azoto por desnitrificação e volatilização do solo em conformidade com os valores de Soveral Dias (1999) e as necessidades efectivas de nutrientes por parte das plantas (cf. Soveral Dias, 1999; Agostinho e Pimentel, 2005) obtiveram-se as cargas poluentes excedentárias de nitratos (Quadro 2) e de fosfatos (Quadro 3) por cultura, ou seja, as cargas poluentes que ficam disponíveis para ingressar no meio hídrico. As perdas por desnitrificação e volatilização foram calculadas, e posteriormente subtraídas à diferença entre a Aplicação Habitual e Necessidades das Plantas, de modo a calcular o excedente efectivo ou carga poluente, considerando os valores de Soveral Dias (1999), que indica perdas de 10 a 15% de nitratos por desnitrificação no solo (podendo ser mais elevados em solos com má drenagem) e de 10% para a volatilização dos nitratos e dos fosfatos. Obtidos os valores de excedentes por tipo de cultura e unidade de área, calcula-se a carga poluente por parcela cultivada na região em estudo, tendo em atenção as respectivas áreas (Quadro 4). As cargas poluentes efectivas por campo agrícola são apresentadas no Quadro 5.

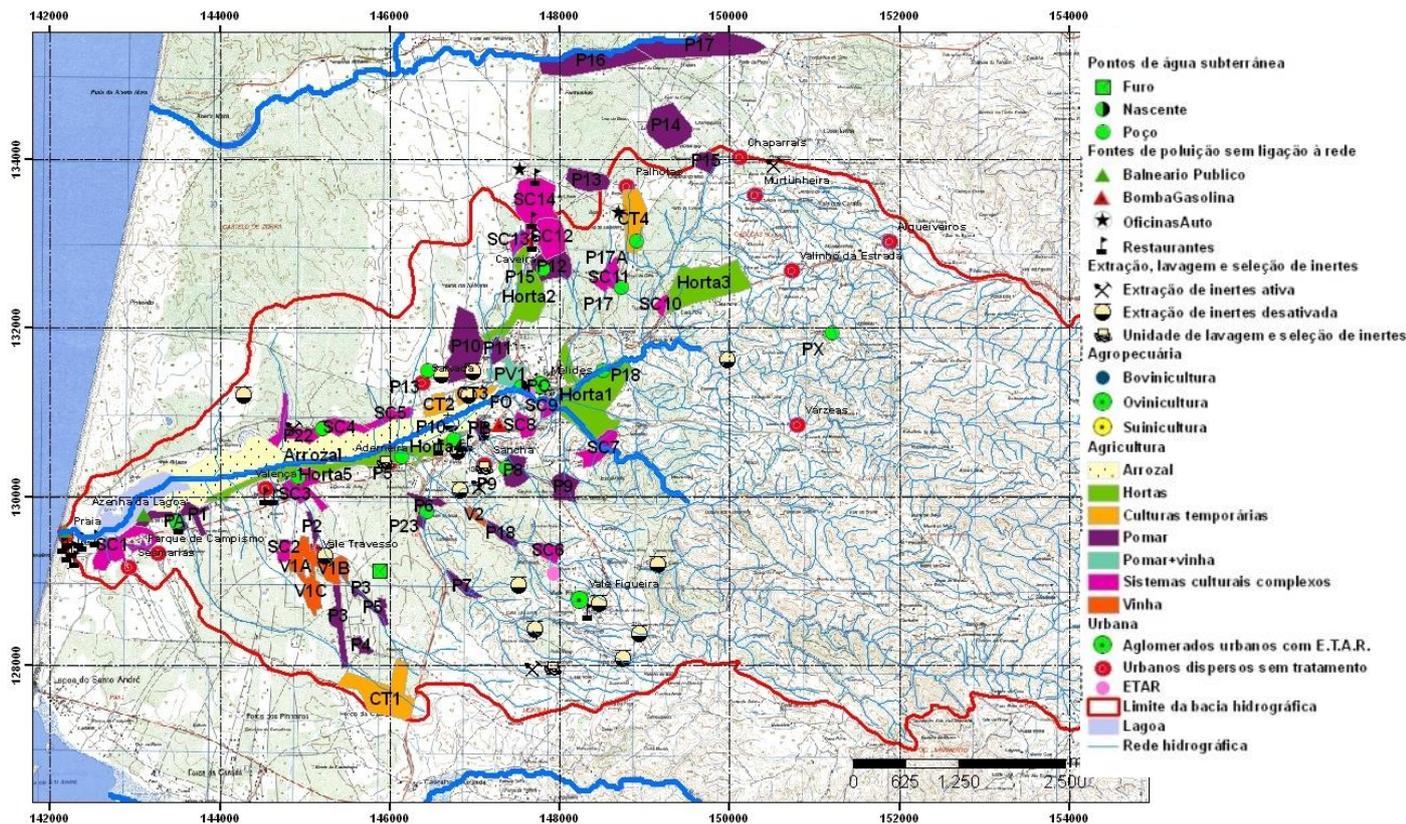


Fig. 6 – Distribuição das fontes poluentes

Quadro 2 – Cargas poluentes de nitratos por tipo de cultura na bacia de Melides

Corine Land Cover	Tipo	Aplicação habitual (kg/ha)	Necessidades da planta (kg/ha)	Excedentes de nitratos (kg/ha)
Culturas temporárias	Hortícolas	240	120	96
Vinhas	Vinhas	100	50	40
Pomares	Pomóideas	80	40	32
Vinhas + Pomares	50% Pomar + 50% Vinha	90	45	36
Sistemas culturais mistos	25% Hortícolas + 25% Vinhas + 25% Pomares + 25% Prados	105	53	42
Arroz	Arroz	100	50	40

Quadro 3 – Cargas poluentes de fosfato por tipo de cultura na bacia de Melides

Corine Land Cover	Tipo	Aplicação habitual (kg/ha)	Necessidades da planta (kg/ha)	Excedentes de nitratos (kg/ha)
Culturas temporárias	Hortícolas	96	48	43,2
Vinhas	Vinhas	60	30	27,0
Pomares	Pomóideas	32	16	14,4
Vinhas + Pomares	50% Pomar + 50% Vinha	46	23	18,4
Sistemas culturais mistos	25% Hortícolas + 25% Vinhas + 25% Pomares + 25% Prados	47	23,5	18,8
Arroz	Arroz	85	42	38,7

Visto os arrozais terem uma importante descarga superficial, considerou-se que cerca de 40% da carga total de nitratos e fosfatos produzida pelos arrozais é transportada por via superficial, sendo os respectivos valores de carga poluente rejeitada por escorrências superficiais ou descargas dos campos para a ribeira e lagoa de 1 132,8 kg/ano de nitratos e 1,096,4 kg/ano de fosfatos (Novo et al., 2013).

Quadro 4 – Áreas dos campos agrícolas na bacia de Melides

Tipo de cultura	Parcela	Área		Tipo de cultura	Parcela	Área	
		m <sup>2</sup>	ha			m <sup>2</sup>	ha
Arrozal	A	467 000	46,700	Sistemas culturais mistos	SC1_A	179 970	17,997
	B	884 000	88,400		SC1_B	77 883	7,788
	C	65 000	6,500		SC2	35 419	3,542
Pomar + Vinha	PV	115 170	11,517		SC3	131 193	13,119
Culturas temporárias (hortas)	CT1	294 878	29,488		SC4	206 794	20,679
	CT2	55 311	5,531		SC5	62 035	6,204
	CT3	57 686	5,769		SC6	56 101	5,610
	CT4	167 015	16,702		SC7	93 717	9,372
Pomares	P1	57 502	5,750		SC8	53 025	5,303
	P2	25 860	2,586		SC9	38 751	3,875
	P3	100 782	10,078		SC10	27 273	2,727
	P4	29 184	2,918		SC11	84 767	8,477
	P5	56 273	5,627		SC12	133 205	13,321
	P6	72 772	7,277		SC13	46 255	4,626
	P7	46 963	4,696	SC14	228 841	22,884	
	P8	93 687	9,368	Vinhas	V1_A	94 408	9,441
	P9	88 903	8,890		V1_B	89 459	8,946
	P10	276 801	27,680		V1_C	80 311	8,031
	P11	52 186	5,219		V2	24 856	2,486
	P12	122 879	12,288				
	P13	106 979	10,698				
	P15	54 049	5,405				
P18	46 936	4,694					

Quadro 5 – Cargas poluentes de origem agrícola

Tipo de cultura	Parcela	Carga poluente (kg/ano)		Tipo de cultura	Parcela	Carga poluente (kg/ano)	
		Nitratos	Fosfatos			Nitratos	Fosfatos
Arrozal	A	934	904	Sistemas culturais mistos	SC1_A	378	169
	B	1 768	1 711		SC1_B	164	73
	C	130	126		SC2	74	33
Pomar + Vinha	PV	207	106		SC3	276	123
Culturas temporárias (hortas)	CT1	1 415	637		SC4	434	194
	CT2	265	119		SC5	130	58
	CT3	277	125		SC6	118	53
	CT4	802	361		SC7	197	88
Pomares	P1	92	41		SC8	111	50
	P2	41	19		SC9	81	36
	P3	161	73		SC10	57	26
	P4	47	21		SC11	178	80
	P5	90	41		SC12	280	125
	P6	116	52		SC13	97	43
	P7	75	34	SC14	481	215	
	P8	150	67	Vinhas	V1_A	189	121
	P9	142	64		V1_B	179	108
	P10	442	199		V1_C	161	127
	P11	83	38		V2	50	34
	P12	197	88				
	P13	171	77				
	P15	86	39				
P18	75	34					

## 5.2. Cargas poluentes agropecuárias

A distribuição das pecuárias é apresentada na Fig. 6, em conformidade com os dados de CCDR (2006), sendo registadas ocorrências de oviniculturas, suiniculturas e boviniculturas. Tomando em consideração o número de cabeças de gado por pecuária (Quadro 6; cf. CCDR, 2006) e a carga poluente de nitratos e fosfatos produzidas por tipo de produção animal e por cabeça de gado (Quadro 7), em conformidade com a informação de Soveral Dias (1999), obteve-se a carga poluente por unidade pecuária, a qual se apresenta no Quadro 8.

Quadro 6 – Número de cabeças de gado por instalação pecuária

	SUI1	SUI2	BOV1	BOV2	OVI
Número de cabeças de gado	50	16	35	39	50

Quadro 7 – Carga de nitratos e fosfatos produzido por tipo de animal e tipo de estabelecimento

Gado	Animal e tipo de estabelecimento	Carga poluente (kg/cabeça de gado)	
		Nitratos	Fosfatos
Bovino	Bezerro de engorda (estilo intensivo)	8	2,5
	Bovino de engorda (estilo intensivo)	35	17
Suíno	Suíno de engorda (estilo intensivo)	15	7
Ovino	Carneiro (estilo intensivo)	16	6

Quadro 8 – Cargas poluentes de origem pecuária

Unidade pecuária		Carga poluente (kg/cabeça de gado)	
		Nitratos	Fosfatos
Suinicultura	SUI 1	675	315
	SUI 2	216	101
Bovicultura	BOV 1	677	307
	BOV 2	755	342
Ovinicultura	OVI	720	270

Dado que nestas explorações é realizado o espalhamento dos estrumes (CCDR, 2006), todo o nitrato e fosfato produzido pelos animais está disponível para carga poluente, entrando esta no meio hídrico essencialmente por via subterrânea e uma pequena parte apenas por via superficial (por escorrências superficiais dos locais onde foi realizada a aplicação dos estrumes).

## 5.3. Cargas poluentes urbanas (sem ETARs)

As cargas poluentes urbanas aqui consideradas referem-se às cargas produzidas pelas fossas sépticas dos agregados populacionais que não estão na região ligados à rede de esgotos. A carga poluente da ETAR, calculada em função dos dados de Freitas et al. (2008) tem cargas poluentes médias estimadas de 607 kg/ano nitratos e 289,4 kg/ano de fosfatos (Novo et al., 2013). O cálculo das cargas poluentes das fossas considerou: (1) os habitantes-equivalentes de cada localidade; (2) a produção de poluente (nitrato Kjeldahl e fosfato) por habitante-equivalente; (3) a percentagem de remoção de poluentes pelas fossas sépticas; (4) a percentagem de fuga de poluentes das fossas (pois estas não são 100% estanques).

Tomando-se como referência os valores de Arceivala (1981) relativos à produção de nitrato Kjeldahl (10 g/habitante x dia para uma capitação média de 100 l/hab/dia) e ao potencial de remoção de nitratos das fossas (remoção de 20% do nitrato produzido) e os valores de Paul e Sperandio (2001) no que se refere à quantidade de fósforo nas águas residuais para a mesma capitação média (2,5g/ habitante x dia) e ao potencial de remoção de fósforo das fossas (remoção de 17% do fósforo produzido) e admitindo que as fossas sépticas perdem cerca de

20% da carga poluente que nelas entra, obtiveram-se as cargas poluentes que constam no Quadro 9 para as povoações mais importantes da bacia de Melides. O valor de habitante-equivalente utilizado foi o indicado em CCDR (2006).

Quadro 9 – Cargas poluentes de origem urbana

Localidade	Habit eqv.	Carga poluente gerada (kg/ano)		Carga poluente efectiva (kg/ano)	
		Nitratos	Fosfatos	Nitratos	Fosfatos
Moinho do Vau	110	401,50	100,38	64,2	16,7
Valença	32	116,80	29,20	18,7	4,9
Aderneira	42	153,30	38,33	24,5	6,4
Sancha	60	219,00	54,75	35,0	9,1
Caveira	150	547,50	136,88	87,6	22,7
Azenha da Lagoa	32	116,80	29,20	18,7	4,8
Vale Travesso	80	292,00	73,00	46,7	12,1
Salvada	65	237,25	59,31	38,0	9,9
Sesmarias	610	2 226,50	556,63	356,2	92,4
Praia	550	2 007,50	501,88	321,2	83,3
Parque Campismo	3550	12 957,50	3 239,38	2 073,2	537,7

#### 5.4. Avaliação da importância relativa de cada fonte poluente para a carga total de nitratos e fosfatos produzidos na bacia hidrográfica

Determinadas as cargas poluentes por fonte poluente é importante conhecer seguidamente a importância da contribuição de cada fonte poluente, de cada tipo de fonte poluente (agrícola, pecuária, urbana) e de cada origem (arrozais, pecuária, pomares, etc.) nas cargas totais que atingem a lagoa de Melides. Esta análise é apresentada no Quadro 10. No Quadro 11 apresenta-se o total de cargas poluentes descarregadas no meio superficial e no meio subterrâneo e a percentagem relativa de cada uma destas contribuições no total de carga poluente gerada.

Quadro 10 – Importância relativa de cada fonte poluente e tipo de fonte poluente na componente subterrânea da carga poluente gerada na bacia hidrográfica de Melides

Tipo de cultura / actividade	% da carga poluente por origem vs total		Parcela	% da carga poluente total					
				Vs total		Vs tipo actividade		Vs cultura/fonte	
	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Arrozal	16,16%	30,91%	A	5,33	10,20	8,19	13,43	32,98	32,98
			B	10,09	19,30	15,51	25,42	62,43	62,42
			C	0,74	1,42	1,14	1,87	4,59	4,60
Pomar + Vinha	1,18%	1,20%	PV	1,18	1,20	1,82	1,57	100,00	100,00
Culturas temporárias (hortas)	15,74%	14,01%	CT1	8,07	7,18	12,41	9,46	51,29	51,29
			CT2	1,51	1,34	2,32	1,77	9,60	9,58
			CT3	1,58	1,41	2,43	1,86	10,04	10,06
			CT4	4,58	4,07	7,03	5,36	29,07	29,07
Pomares	11,23%	10,00%	P1	0,52	0,46	0,81	0,61	4,67	4,62
			P2	0,23	0,21	0,36	0,28	2,08	2,14
			P3	0,92	0,82	1,41	1,08	8,18	8,23
			P4	0,27	0,24	0,41	0,31	2,39	2,37
			P5	0,51	0,46	0,79	0,61	4,57	4,62
			P6	0,66	0,59	1,02	0,77	5,89	5,86
			P7	0,43	0,38	0,66	0,51	3,81	3,83
			P8	0,86	0,76	1,32	1,00	7,62	7,55
			P9	0,81	0,72	1,25	0,95	7,22	7,22
			P10	2,52	2,24	3,88	2,96	22,46	22,44
			P11	0,47	0,43	0,73	0,56	4,22	4,28
			P12	1,12	0,99	1,73	1,31	10,01	9,92
			P13	0,98	0,87	1,50	1,14	8,69	8,68
			P15	0,49	0,44	0,75	0,58	4,37	4,40
			P18	0,43	0,38	0,66	0,51	3,81	3,83

Tipo de cultura / actividade	% da carga poluente por origem vs total		Parcela	% da carga poluente total					
				Vs total		Vs tipo de actividade		Vs cultura/fonte	
	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Sistemas culturais mistos	17,43%	15,41%	SC1_A	2,16	1,91	3,32	2,51	12,37	12,37
			SC1_B	0,94	0,82	1,44	1,08	5,37	5,34
			SC2	0,42	0,37	0,65	0,49	2,42	2,42
			SC3	1,57	1,39	2,42	1,83	9,03	9,00
			SC4	2,48	2,19	3,81	2,88	14,20	14,20
			SC5	0,74	0,65	1,14	0,86	4,25	4,25
			SC6	0,67	0,60	1,03	0,79	3,86	3,88
			SC7	1,12	0,99	1,73	1,31	6,45	6,44
			SC8	0,63	0,56	0,97	0,74	3,63	3,66
			SC9	0,46	0,41	0,71	0,53	2,65	2,64
			SC10	0,33	0,29	0,50	0,39	1,87	1,90
			SC11	1,02	0,90	1,56	1,19	5,82	5,86
			SC12	1,60	1,41	2,46	1,86	9,16	9,15
			SC13	0,55	0,48	0,85	0,64	3,17	3,15
SC14	2,74	2,42	4,22	3,19	15,74	15,74			
Vinhas	3,30%	4,40%	V1_A	1,08	1,36	1,66	1,80	32,64	31,03
			V1_B	1,02	1,22	1,57	1,60	30,92	27,69
			V1_C	0,92	1,43	1,41	1,89	27,81	32,56
			V2	0,29	0,38	0,44	0,51	8,64	8,72
<b>Total agricultura</b>	<b>65,04%</b>	<b>75,92%</b>							
Pecuárias	17,36%	15,06%	SUI 1	3,85	3,55	22,18	23,60	22,18	23,60
			SUI 2	1,23	1,14	7,10	7,57	7,10	7,57
			BOV 1	3,86	3,46	22,25	23,00	22,25	23,00
			BOV 2	4,31	3,86	24,81	25,62	24,81	25,62
			OVI	4,11	3,04	23,66	20,22	23,66	20,22
<b>Total pecuária</b>	<b>17,36%</b>	<b>15,06%</b>							
Urbanas (fossas)	17,60%	9,02%	Moinho do Vau	0,37	0,18	2,10	1,20	2,10	1,20
			Valença	0,11	0,06	0,62	0,63	0,62	0,63
			Aderneira	0,14	0,07	0,81	0,75	0,81	0,75
			Sancha	0,20	0,10	1,13	1,13	1,13	1,13
			Caveira	0,50	0,26	2,85	2,88	2,85	2,88
			Azenha da Lagoa	0,11	0,06	0,62	0,63	0,62	0,63
			Vale Travesso	0,27	0,14	1,52	1,50	1,52	1,50
			Salvada	0,22	0,11	1,23	1,25	1,23	1,25
			Sesmarias	2,03	1,05	11,54	11,63	11,54	11,63
			Praia	1,83	0,94	10,41	10,38	10,41	10,38
Parque Campismo	11,83	6,07	67,20	67,25	67,20	67,25			
<b>Total urbana</b>	<b>17,60%</b>	<b>9,02%</b>							

No Quadro 11 apresenta-se o total de cargas poluentes produzidas na bacia da ribeira de Melides, descarregadas no meio superficial e no meio subterrâneo, sendo que no meio subterrâneo se consideraram todas as cargas, mesmo as de longo tempo de percurso (superior a 30 anos) e que por esta razão possam só agora estar a alcançar a lagoa. No meio superficial considerou-se a carga média associada à ETAR e a carga poluente dos arrozais, sendo desprezadas as restantes cargas poluentes devidas a escorrências superficiais dos campos agrícolas e das instalações pecuárias por dificuldades na sua contabilização; note-se a este propósito que Freitas et al. (2008) referem que a ETAR pode apresentar picos de poluição de até 200 mg/l em fosfatos. A carga poluente dos arrozais introduzida no meio hídrico superficial foi estimada em cerca de 40% da carga poluente total, pretendendo reflectir o regime de descargas dos campos de arroz.

Quadro 11 – Importância relativa das contribuições superficiais e subterrâneas na carga poluente total gerada na bacia de Melides

Meio hídrico	Carga poluente (kg/ano)							
	Urbano		Agricultura		Pecuária		Totais	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Superficial	607,0	289,4	1 132,8	1 096,4	--	--	1 739,8	1 385,8
Subterrâneo	3 085,0	800,0	11 401,0	6 732,0	3 043,0	1 335,0	17529,0	8867,0
Total	3 692,00	1 089,40	12 533,8	7 828,4	3 043,0	1 335,0	19268,8	10252,8
Meio hídrico	Peso percentual por meio hídrico (%)							
	Urbano		Agricultura		Pecuária		Totais	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Superficial	34,89	20,88	65,11	79,12	0,00	0,00	100,00	100,00
Subterrâneo	17,60	9,02	65,04	75,92	17,36	15,06	100,00	100,00
Meio hídrico	Peso percentual por total de carga poluente (%)							
	Urbano		Agricultura		Pecuária		Totais	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Superficial	3,15	2,82	5,88	10,69	0,00	0,00	9,03	13,52
Subterrâneo	16,01	7,80	59,17	65,66	15,79	13,02	90,97	86,48
Total	19,16	10,63	65,05	76,35	15,79	13,02	100,00	100,00

Deste quadro conclui-se que o principal contribuidor para a poluição da lagoa é a actividade agrícola, fornecendo cerca de 65 a 76% da carga total (nitratos e fosfatos, respectivamente). Se se considerar a contribuição por meio hídrico verifica-se que para o meio hídrico superficial a poluição agrícola é claramente preponderante, representando a carga associada às fontes domésticas entre 21 a 35% do total de cargas superficiais; para o meio hídrico subterrâneo a actividade pecuária e as fontes urbanas têm contribuições similares, embora a actividade pecuária tenha um maior contributo nas cargas de fosfatos. Deve-se referir a este propósito que as cargas poluentes urbanas podem revelar grandes variações sazonais, especialmente na proximidade da lagoa, e grandes variações de carga de ponto poluente para ponto poluente. Considerando a carga poluente por meio hídrico para o cômputo total da poluição, os dados indicam valores de 86 a 91% de contribuição subterrânea. Porém, como nestes cálculos não se incluíram as cargas poluentes de origem superficial associadas a escorrências de campos agrícolas, pecuárias e outras estruturas, é de admitir que os valores reais de cargas poluentes que atingem a lagoa se aproximem antes dos 70 a 80%.

Avaliando as componentes individuais, verifica-se que as cargas poluentes urbanas de origem superficial (ETAR) têm um peso reduzido face à carga total produzida na bacia hidrográfica, e que de um modo geral a carga poluente de origem superficial não ultrapassa os 16% do total. Contudo deve sublinhar-se a possibilidade deste valor estar sub-avaliado por um lado e por outro que embora a ETAR de Melides possa ter em média um peso reduzido, está porém sujeita a grandes variações da sua carga poluente, de acordo com medições realizadas em trabalhos anteriores (cf. Freitas et al., 2008) sendo além disso que as cargas poluentes transitadas por via superficial praticamente não sofrem qualquer remoção até chegarem à lagoa.

Se se considerar a importância dos arrozais (a única parcela de poluição superficial associada à agricultura que foi considerada) e admitindo correcta a alocação de carga poluente realizada, face à carga poluente total gerada na bacia hidrográfica, a sua contribuição é pequena. No entanto se se considerar a contribuição poluente dos arrozais face a todas cargas superficiais, e a contribuição poluente de todas as outras culturas face a todas as cargas subterrâneas, a sua representatividade é sensivelmente semelhante. Acresce que os arrozais contribuem com cargas poluentes tanto para o meio hídrico superficial como subterrâneo que demoram menos de 1 ano

a alcançar a lagoa, ou seja, a capacidade do meio degradar e reter estas cargas é reduzida devido ao curto tempo de permanência nos respectivos meios.

Considerando agora somente o meio subterrâneo e somente as cargas poluentes que demoram até um ano a atingir a lagoa, obtém-se a panorâmica apresentada no Quadro 12.

Quadro 12 – Peso percentual das cargas poluentes com diferentes tempos de percurso versus total das cargas produzidas entradas no meio subterrâneo

	Urbano		Agricultura		Pecuária		Totais	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Total cargas de 1 ano percurso vs total cargas	29,45	13,60	54,04	74,27	16,51	12,13	48,27	53,65
Total cargas de 1 a 15 ano percurso vs total cargas	0,78	0,39	8,95	8,07	8,16	7,41	17,88	15,88
Total cargas de > 30 ano percurso vs total cargas	0,50	0,26	24,76	22,62	0,00	0,00	25,27	22,88

Assim, o conjunto das cargas poluentes com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano constitui cerca de 48% dos nitratos e 54% dos fosfatos que atingem a lagoa, correspondendo o restante a cargas poluentes em trânsito no meio subterrâneo, provindas de fontes poluentes mais afastadas das zonas de descarga do aquífero na ribeira de Melides e lagoa. Note-se o grande peso da componente agrícola dos fosfatos das cargas poluentes associadas a rápidos tempos de percurso face à carga poluente total.

Considerando agora as cargas poluentes com tempos de percurso entre 1 e 15 anos verifica-se que correspondem a cerca de 16 a 18% da carga total produzida na bacia, sendo a pecuária e a agricultura os contribuidores significativos e com pesos aproximadamente iguais. Por seu lado as cargas com mais de 30 anos de tempo de percurso têm um peso mais significativo, rondando os 23 a 25% da carga total, com a agricultura a ser claramente a actividade dominante. É interessante notar que a pecuária está tipicamente associada a cargas com tempos de percurso muito curtos a curtos e que a agricultura se reparte sobretudo pelos tempos de percurso muito curtos (campos agrícolas na proximidade imediata da ribeira de Melides e lagoa) e tempos de percurso muito longos.

Este quadro indicia a existência dum problema no que concerne à recuperação da lagoa de Melides que é o da importância significativa de fontes poluentes cujas cargas atingirão a lagoa após 2027, mesmo que se actue já sobre essas fontes com vista à redução das suas cargas. É evidente contudo que estas cargas não atingirão a lagoa em toda a sua totalidade mas, devido a interacções várias com o meio subterrâneo, atingi-la-ão atenuadas. No entanto deve-se fazer atenção a este problema e esboçar medidas para o contrariar.

## 6. IMPACTO DAS CARGAS POLUENTES NA LAGOA DE MELIDES

Cada fonte poluente contribui com uma parcela da carga total que atinge a lagoa de Melides e que será dissolvida no volume de água aí existente, o qual será mais reduzido na época estival, altura em que apenas os aportes poluentes das descargas dos arrozais terá alguma continuidade temporal, associado às cargas poluentes que estejam a ser descarregadas por via subterrânea tanto na lagoa como na ribeira de Melides. No Inverno, altura em que a lagoa terá normalmente mais água, as contribuições subterrâneas terão uma importância maior, assim como as eventuais escorrências dos campos agrícolas a montante da lagoa, mas nestas alturas a carga poluente devida às descargas dos canteiros de arroz terá pouca importância, devido ao calendário da cultura. Assim, a carga poluente na lagoa será um somatório dos valores que

forem sendo acumulados nela ao longo dos meses até ao momento da sua abertura (seja por acção natural ou antrópica).

Deste modo, para avaliar a forma como esta carga poluente se traduz em termos de parâmetros de qualidade da água na lagoa, avaliou-se a carga poluente que atinge a lagoa no espaço dum ano, em termos de concentração (mg/l), considerando o volume médio máximo das águas na lagoa (1,5 hm<sup>3</sup>), ignorando-se as cargas poluentes que possam também estar a atingir a lagoa mas se hajam infiltrado no meio subterrâneo há mais de um ano pois é difícil, no computo total de cargas poluentes, estimar com exactidão o valor destas cargas de chegada, visto diferentes cargas provenientes de diferentes fontes, logo com distintos tempos de percurso, poderem estar a atingir a lagoa ao mesmo tempo. Além deste aspecto, e sendo que se está a considerar também a carga de fosfatos, que são poluentes não conservativos, assim como o facto dos nitratos poderem ser progressivamente removidos à medida que os trajectos (e tempos de percurso associados) aumentam, considerou-se que o período de 1 ano poderia ser o mais representativo para este tipo de análise. Assim, as concentrações que adiante se apresentam (Quadro 13) terão de ser encaradas como valores por defeito, tanto mais que não se está a entrar em linha de conta com as cargas de origem superficial que também poderão estar a atingir a lagoa (escorrências de campos agrícolas, ETAR, etc.).

Quadro 13 – Impacto das cargas poluentes de origem subterrânea na lagoa de Melides

Actividade	Parcela	Carga poluente (kg)		Concentração (mg/l)	
		Nitratos	Fosfatos	Nitratos	Fosfatos
Agricultura	Arrozal	2 832	2 741	1,78	1,72
	P1	92	34	0,06	0,02
	CT2	265	119	0,18	0,08
	CT3	277	125	0,19	0,08
	SC1	542	242	0,36	0,15
	SC3	276	123	0,18	0,08
	SC9	81	36	0,05	0,02
	PV	207	106	0,14	0,07
<b>Total agricultura</b>		<b>4 572</b>	<b>3 533</b>	<b>2,87</b>	<b>2,22</b>
Pecuária	BOV1	677	307	0,45	0,21
	OVI	720	270	0,48	0,18
<b>Total pecuária</b>		<b>1 397</b>	<b>577</b>	<b>0,93</b>	<b>0,39</b>
Urbana	Aderneira	24,5	6,4	0,02	0,004
	Salvada	38,0	9,9	0,03	0,01
	Sesmarias	356,2	92,4	0,24	0,06
	Parque Campismo	2 073,2	537,2	1,38	0,36
<b>Total urbana</b>		<b>2 491,9</b>	<b>645,9</b>	<b>1,66</b>	<b>0,43</b>

Partindo dos dados do Quadro 12, e dos tempos de percurso dos poluentes entrados no meio hídrico por via subterrânea (Oliveira et al., 2012) iguais ou inferiores a 1 ano, fez-se um instantâneo da chegada à lagoa de poluentes apenas destas fontes ao fim de 1, 2, 3, 4 e 5 anos e sua conseqüente acumulação na lagoa ao longo desses períodos, tendo-se adoptado 3 cenários possíveis de acumulação, os quais pretendem retratar os efeitos de renovação e remoção de poluentes quando a lagoa se abre ao oceano:

- Cenário 1 – renovação/remoção de 5% de poluentes acumulados.
- Cenário 2 – renovação/remoção de 50% de poluentes acumulados.
- Cenário 3 – renovação/remoção de 95% de poluentes acumulados.

Nas Fig. 7 e 8 são apresentados os resultados desta análise, sendo os valores da Fig. 8 obtidos em função do volume máximo médio da lagoa de 1,5 hm<sup>3</sup> e da carga poluente que a ela chega no espaço de 1 ano, desde o momento em que entra no meio hídrico.

Dados os volumes de água que anualmente, em média, alcançam a lagoa de Melides e o volume máximo médio desta mesma lagoa, considera-se que o cenário de remoção de 95% de carga poluente será o mais provável, e portanto a carga poluente que aí se acumula reduz-se praticamente à de tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, havendo reduzida acumulação de uns anos para os outros. Podem contudo os aportes de poluição variarem significativamente ao longo do ano, devido quer o calendário de irrigação e descargas dos campos de arroz, picos de poluição da ETAR e variabilidade das precipitações (o que acarreta a variação dos caudais da rede hidrográfica e variações no nível piezométrico do aquífero superficial que está em contacto hidráulico com o meio hídrico superficial, e deste modo as cargas poluentes que efectivamente chegam em cada momento).

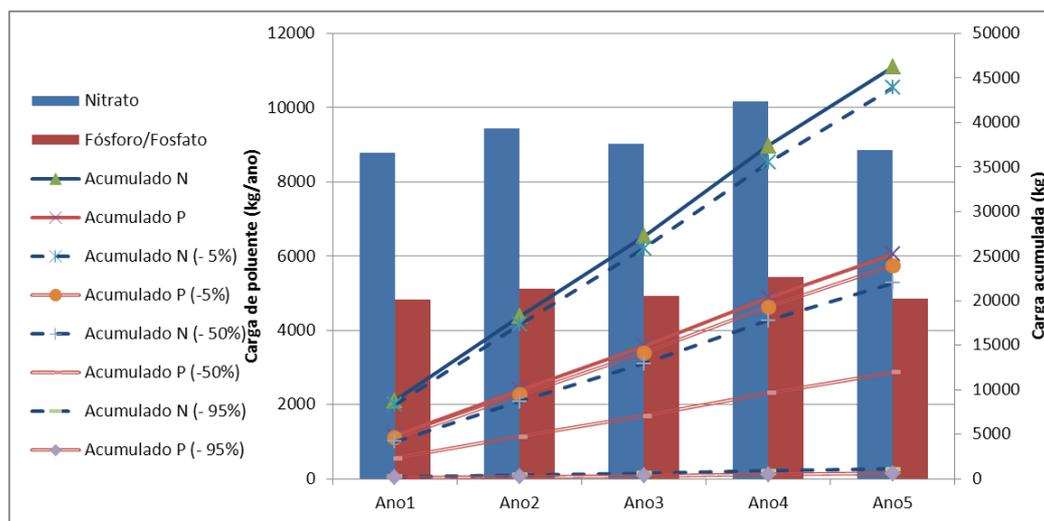


Fig. 7 – Evolução da carga poluente sob diferentes cenários de renovação da água da lagoa

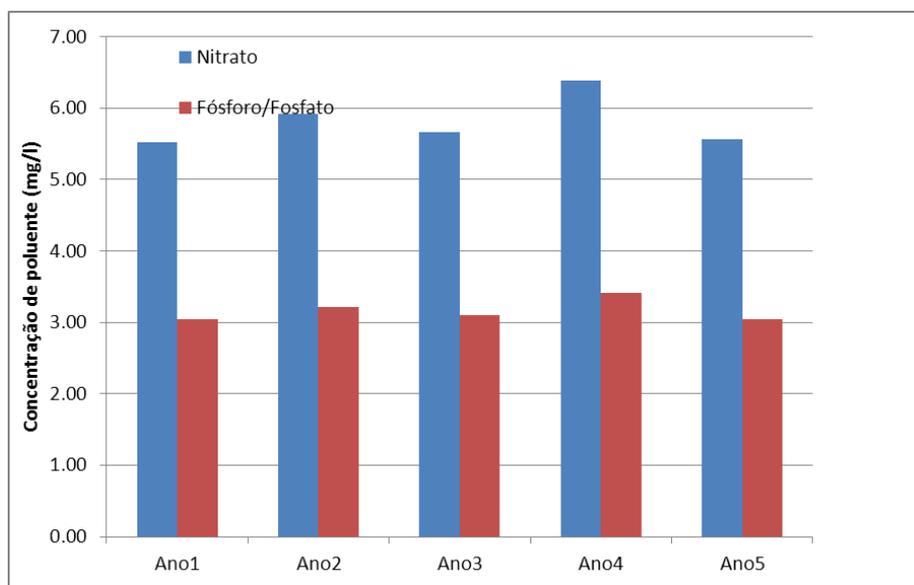


Fig. 8 – Evolução da carga poluente (em termos de concentração) que atinge a lagoa de Melides. As figuras demonstram porém que, se ocorrerem mudanças significativas na capacidade da lagoa entrar em contacto com o mar (ex.: anos mais secos, alterações nos usos da lagoa e área envolvente, alterações climáticas), pode passar-se para os cenários de menor remoção de poluentes, e nestes casos a acumulação de carga na lagoa pode ser muito significativa, sendo necessária – como é prática actual – intervir para promover esta abertura.

## 7. CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES POLUENTES EM TERMOS DO SEU IMPACTO SOBRE O MEIO HÍDRICO SUPERFICIAL

A análise da importância em termos de potencial impacto das fontes poluentes teve por base as respectivas cargas poluentes individuais e tempos de percurso dessas cargas até à lagoa de Melides. Primeiramente classificaram-se as cargas poluentes em quatro classes, em conformidade com o Quadro 14.

Quadro 14 – Classes de cargas poluentes em função da sua carga inicial efectiva

<b>Carga poluente</b>	0 a 41 kg	41 a 130 kg	130 a 378 kg	378 a 1 768 kg
<b>Classe</b>	1	4	8	14

Os tempos de percurso são classificados em termos do tempo que o poluente de uma dada fonte está continuamente a atingir a lagoa desde o tempo de referência (no caso o ano de 2012) até 2027. Isto é, uma fonte cujo poluente demore 1 ano a atingir a lagoa estará a poluir durante 14 anos se nada for feito até 2027; uma fonte cujo poluente demore 3 anos estará a poluir durante 12 anos e uma fonte cujo poluente demore por exemplo 100 anos não terá tingido a lagoa em 2027, portanto os anos a poluir serão iguais a 0. As classes de tempos de percurso serão então as apresentadas, com o respectivo índice, no Quadro 15.

Quadro 15 – Classes de tempos de percurso

<b>Tempo de percurso</b>	> 15 anos	7 a 14 anos	5 a 7 anos	3 a 5 anos	1 a 3 anos	≤ 1 ano
<b>Tempo a poluir até 2027</b>	0 anos	8 a 1 anos	8 a 10 anos	10 a 12 anos	12 a 13 anos	14 anos
<b>Classe</b>	0	1	2	4	7	14

Refira-se que para o caso das fontes urbanas os tempos de percurso, dado que são conjuntos de fossas a distâncias diferentes da ribeira e lagoa numa mesma povoação, podem apresentar intervalos de tempos de percurso que impliquem uma classe para as fossas de maior tempo de percurso nessa povoação e outro para as de menor tempo de percurso. Pode optar-se por fazer a média dos índices máximos e mínimos ou, usando o princípio da precaução, usar como classificação o índice das fossas associadas ao menor tempo de percurso. Foi esta última opção que aqui se utilizou.

A classificação final é obtida multiplicando os índices das duas classes e fazendo uma atribuição de importância de influência segundo as classes apresentadas no Quadro 16.

Quadro 16 – Classes de importância de influência das fontes poluentes

<b>Intervalo de valores</b>	0 a 9	10 a 24	25 a 48	49 a 88	88 a 196
<b>Classificação</b>	20%	40%	60%	80%	100%
<b>Ordem de importância</b>	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta

A classificação final da importância de cada fonte poluente em termos de tempos de percurso + cargas poluentes, relativamente à carga de nitratos, é apresentada no Quadro 17. Os resultados do Quadro 17 estão expressos graficamente nas Figs. 9 e 10. Deste quadro verifica-se que as fontes com maior grau de importância estão associadas a fossas na envolvente imediata na lagoa, sendo de destacar o sector do Parque de Campismo, as pecuárias associadas a cargas poluentes elevadas na proximidade imediata da ribeira de Melides e seus afluentes mais importantes, os arrozais, a parcela de pomar + vinha (PV), algumas parcelas de culturas temporárias (SC) e culturais mistas (CT).

Quadro 17 – Classificação da importância das fontes poluentes da bacia hidrográfica de Melides

Fonte poluente	Índice de Classe		Classificação de importância	Fonte poluente	Índice de Classe		Classificação de importância
	De tempo de percurso	De carga poluente			De tempo de percurso	De carga poluente	
Arrozal A	14	14	196	SC2	0	4	0
Arrozal B	14	14	196	SC3	14	8	112
Arrozal C	14	8	112	SC4	7	14	98
V1_A	0	8	0	SC5	7	8	56
V1_B	0	8	0	SC6	0	4	0
V1_C	0	8	0	SC7	4	8	32
V2	1	4	4	SC8	0	4	0
P1	14	4	56	SC9	14	4	56
P2	2	4	8	SC10	0	4	0
P3	0	8	0	SC11	0	8	0
P4	0	4	0	SC12	0	8	0
P5	0	4	0	SC13	0	4	0
P6	1	4	4	SC14	0	14	0
P7	1	4	4	PV	14	8	112
P8	0	8	0	SUI1	4	14	56
P9	0	8	0	SUI2	0	8	0
P10	1	14	14	BOV1	14	14	196
P11	2	4	8	BOV2	1	14	14
P12	0	8	0	OVI	14	14	196
P13	0	8	0	Moinho do Vau	7	4	28
P14	0	0	0	Valença	4	1	4
P15	0	4	0	Adermeira	14	1	14
P16	0	0	0	Sancha	4	1	4
P17	0	0	0	Caveira	0	4	0
P18	1	4	4	Azenha Lagoa	7	1	7
CT1	0	14	0	Vale Travesso	0	4	0
CT2	14	8	112	Salvadas	14	1	14
CT3	14	8	112	Sesmarias	14	8	112
CT4	0	14	0	Praia	0	8	0
SC1_A	14	14	196	P. Campismo	14	14	196
SC1_B	14	8	112				

Na generalidade dos casos, as fontes poluentes, individualmente têm pouca importância em termos de impacto. Contudo a análise das cargas poluentes não se deve restringir à avaliação de cada fonte de per si mas ao efeito conjugado e consequente sinergia de todas as fontes poluentes pois todas contribuem para o problema.

## 8. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Da análise das diferentes fontes de alimentação de água à lagoa de Melides conclui-se que o total de água entrado anualmente é da ordem dos 19 – 20 hm<sup>3</sup>, o que para um volume máximo médio de 1,5 hm<sup>3</sup> implica uma taxa de renovação de 13,3 vezes, o que, excluindo as perdas de água por evaporação ou eventuais regas de campos agrícolas na sua proximidade imediata, será obtido pela abertura periódica da lagoa ao oceano.

A principal componente da água fornecida à lagoa provém do escoamento superficial da zona de montante (área dos terrenos xistosos e quartzíticos paleozóicos), que perfaz cerca 50 a 60% do total. Contudo a componente de contribuição subterrânea é igualmente muito significativa, perfazendo entre 27 a 31% do total (e que corresponde na prática quase 90% do total de recarga na área ocupada pelo troço de jusante da bacia de Melides; cf. Novo et al., 2013).

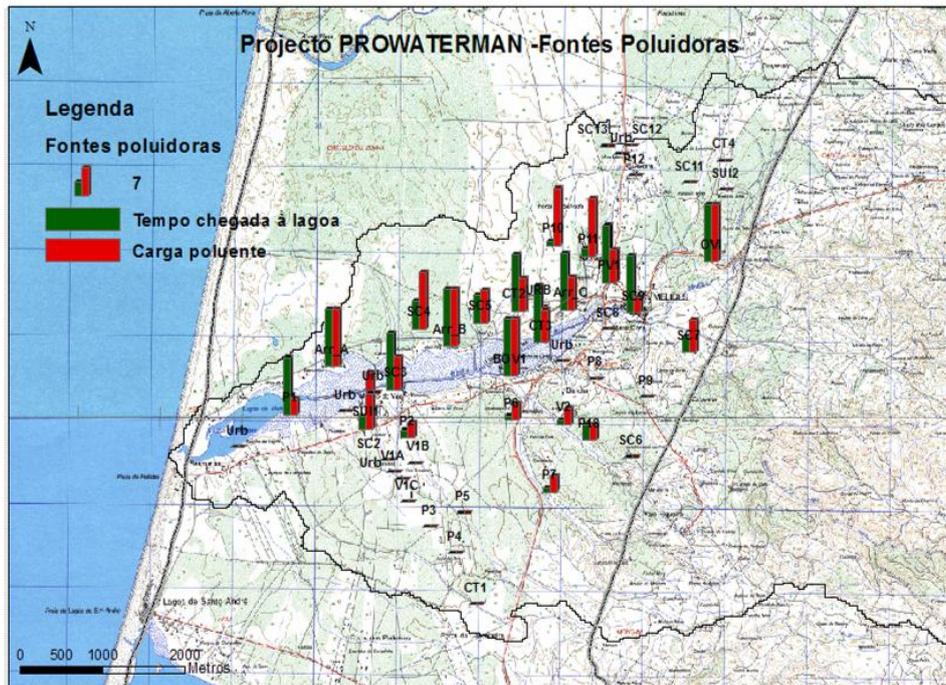


Fig. 9 – Importância relativa das fontes poluentes na bacia hidrográfica de Melides, considerando cargas poluentes e tempos de percurso

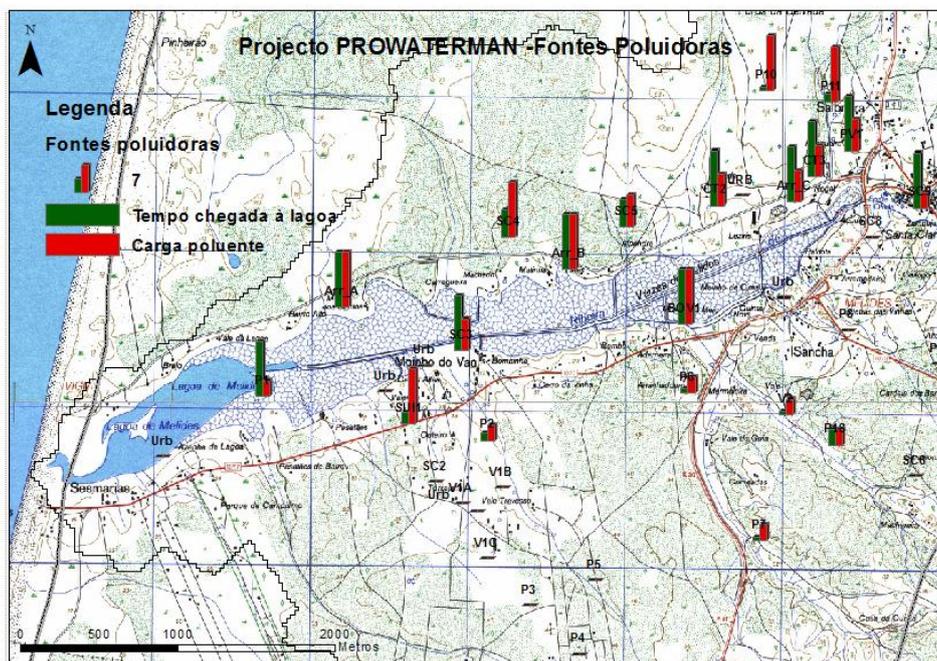


Fig. 10 – Importância relativa das fontes poluentes no sector de jusante da bacia hidrográfica de Melides, considerando cargas poluentes e tempos de percurso

Desta distribuição dos volumes de água fornecidos à lagoa resulta que eventuais cargas poluentes que entrem no meio hídrico superficial na zona de cabeceira da bacia poderão ter um impacto significativo por um lado porque o seu transporte é muito rápido e não existem os mecanismos de depuração e eliminação que ocorrem por exemplo no meio subterrâneo, e por outro porque a componente de alimentação à bacia representada por este escoamento

superficial é dominante face às demais fontes de alimentação de água à lagoa. Por outro lado, na zona de jusante da bacia, onde o escoamento superficial é inferior a 15% do total de água fornecido à lagoa, as cargas poluentes vindas por via superficial terão a mesma não degradação e rápido transporte mas é de admitir que o peso de carga poluente de origem subterrânea seja muito mais significativo no cômputo geral para este sector da bacia, dado que a quase totalidade da água que se infiltra nesta zona de jusante da bacia acaba por atingir a lagoa mais cedo ou mais tarde. Daqui resulta que, se actualmente a carga poluente vinda da zona de montante é pouco significativa, tal deve-se apenas ao facto de actualmente o tipo de ocupações do solo e actividades humanas ser de reduzida carga poluente. Se no futuro a situação se alterar e houver um aumento de cargas poluentes, é de admitir que a poluição gerada nesta zona afastada da lagoa possa vir a ter impactos significativos no estado desta mesma lagoa.

A poluição que atinge a lagoa provém de duas vias: águas superficiais e águas subterrâneas. A carga poluente de origem subterrânea é a mais significativa, correspondendo a 70 a 80% do total de fosfatos e nitratos da lagoa. Em termos absolutos (kg/ano) as cargas poluentes de nitratos são significativamente superiores às de fosfatos (para as cargas poluentes que atingem a lagoa no espaço de 1 ano os valores são de 8 461 kg nitratos/ano e 4 757 kg fosfatos/ano).

Os tempos de percurso desta poluição são também muito variáveis, compreendendo intervalos de alguns dias a mais de 200 anos. As cargas poluentes que atingem a lagoa em cerca de 1 ano ou tempos inferiores são de origem superficial (sitadas em toda a área da bacia hidrográfica, dado esta ter uma dimensão reduzida) ou de origem subterrânea sendo que neste último caso as fontes poluentes se situam na proximidade imediata da lagoa e/ou ribeiras. As cargas poluentes que demoram mais de 1 ano a atingir a lagoa (o máximo é de 218 anos e está associada ao pomar P15) são sempre cargas de origem subterrânea, atingindo continuamente a lagoa, funcionando esta como acumulador da poluição entre as suas aberturas ao oceano.

Existe uma grande variabilidade das cargas poluentes tanto em termos médios anuais por fonte individual de poluição (ex.: fossa da Aderneira produz 25 kg nitratos/ano e o total dos arrozais, 2 832 kg; por seu lado o total da agricultura produz 11 401 kg nitratos/ano) como em termos sazonais tanto por fonte poluente como para a mesma fonte. Esta variação sazonal é especialmente sentida ao nível das fossas na área circunvizinha da lagoa devido ao turismo de Verão, e dos arrozais (entre a época de cultivo e a época de pousio). Por seu lado as cargas poluentes associadas à pecuária têm alguma uniformidade, devido à dimensão reduzida destas unidades de produção e a um similar número de cabeças de gado.

A principal actividade poluente é a agricultura, contribuindo com cerca de 65% do total de nitratos e 73% do total de fosfatos que atingem a lagoa.

Na poluição de origem superficial as fontes preponderantes são os arrozais e a ETAR, embora as contribuições das escorrências dos campos agrícolas não possam ser desprezadas e necessitem de uma melhor contabilização em trabalhos futuros. As cargas poluentes em nitratos poderão ser significativas (calculou-se um valor da ordem dos 1 739 kg nitratos/ano; cf. Novo et al., 2013) mas comparativamente as cargas de fosfatos são ainda mais expressivas, com valores totais calculados de 1 386 kg fosfatos/ano; cf. ibidem) podendo ter um impacto cumulado com as descargas da ETAR nos períodos de Verão, e com as escorrências de campos agrícolas (de muito difícil contabilização, face aos dados actuais) nos períodos de Primavera.

Na poluição de origem subterrânea a fonte dominante é mais uma vez a agricultura (total de 11401 kg nitratos/ano e 6732 kg fosfatos/ano), tendo a poluição de origem urbana e pecuária contribuições sensivelmente similares com um leve domínio da pecuária na produção de fosfatos (3085 kg nitratos/ano e 800 kg fosfatos/ano da componente urbana versus 3043 kg nitratos/ano e 1335 fosfatos/ano da componente pecuária). Das fontes poluentes agrícolas a mais importante corresponde aos arrozais (16,16% do total de nitratos e 30,91% do total de fosfatos produzidos

na bacia; 33,47% do total de nitratos e 57,62% do total de fosfatos que atinge a lagoa em menos de 1 ano).

As cargas poluentes com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, e de origem subterrânea, constituem cerca de 48% dos nitratos e 54% dos fosfatos que atingem a lagoa; as de tempos de percurso entre 1 e 15 anos constituem 16 a 18% da carga total produzida na bacia, sendo a pecuária e a agricultura os contribuidores significativos e com pesos aproximadamente iguais ao passo que as cargas com mais de 30 anos de tempo de percurso perfazem 23 a 25% da carga total (agricultura é a actividade dominante). A pecuária associa-se no geral a tempos de percurso curtos e a agricultura domina nas fontes associadas a tempos de percurso muito curtos e muito longos. Esta situação indica a dificuldade de recuperar a lagoa até 2027, pois mesmo que se actue já sobre as fontes associadas a tempos de percurso mais longos (tempo entre 15 e 30 anos) o efeito destas acções só se sentirá depois de 2027.

Acresce a este aspecto o facto das cargas superficiais não sofrerem a mesma depuração que as de origem subterrânea, tendo um impacto muito rápido, embora se localizado no tempo, na qualidade das águas da lagoa e eventos de eutrofização, ao passo que as cargas subterrâneas são mais constantes, acumulando-se progressivamente na lagoa. Esta acumulação reduz os limiares de resiliência da lagoa e quando aportes extra de nutrientes a atingem, mesmo que em quantidade de per si não muito significativa, podem criar-se as condições para eventos de pico de eutrofização. Assim, para a recuperação da lagoa, tem de se considerar a gestão das cargas que rapidamente a atingem por via superficial e as cargas de origem subterrânea, as quais são preponderantes e têm uma chegada contínua à lagoa.

A análise da importância das fontes individuais de poluição mostrou que individualmente a vasta maioria tem pouca importância face ao total da poluição, sendo antes o somatório de todas as suas cargas que origina os problemas de poluição. Individualmente, e considerando as fontes de origem subterrânea, as fontes de origem urbana mais importantes são as fossas do Parque de Campismo e Semarias (sitadas na proximidade imediata da lagoa), as de origem pecuária as unidades BOV1 e OVI (a primeira sita junto à ribeira de Melides) e nas de origem agrícola, além dos arrozais, são as parcelas pomar + vinha (PV), culturas temporárias (SC1, SC3 e SC4; fontes associadas a tempos de percurso muito curtos, iguais ou inferiores a 2 anos) e culturas mistas (CT2 e CT3; tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano).

Considerando a carga poluente subterrânea que atinge a lagoa no espaço de 1 ano e fazendo a avaliação da sua eventual acumulação ao longo do tempo, para diferentes cenários, os resultados mostram uma acumulação muito significativa para o cenário de remoção de 5% (mais que quadruplicando a carga em 5 anos) e uma quase não acumulação para o cenário de remoção de 95%. Se se atender à proporção entre os volumes de água que atingem anualmente a lagoa e o seu volume máximo calculado, o cenário de 95% deverá ser o mais plausível. Neste caso praticamente não há acumulação de uns anos para os outros, pelo que o valor anual médio desta carga será muito constante ao longo dos anos, correspondendo à soma das cargas de origem superficial e subterrânea com tempos de percurso inferiores ou iguais a 1 ano. Note-se contudo que ao longo dum único ano as cargas variarão significativamente por local e tipo de fonte poluente, devido aos calendários agrícolas de regas e fertilizações, descargas da ETAR, aumento da população durante o Verão, e também devido ao regime de precipitação em cada ano (o que acarreta variação dos caudais das ribeiras e do nível piezométrico do aquífero superficial, o qual descarrega para o meio hídrico superficial).

Uma correcta gestão da bacia hidrográfica e lagoa de Melides terá de fundamentar-se em todos estes aspectos, devendo considerar os diferentes processos e impactos respectivos aqui analisados.

## Bibliografia:

- Agostinho, J.M., Pimentel, M. (2005). *Estudos de Casos de Boas Práticas Ambientais em Agricultura*. Livros da colecção “Agricultura e Ambiente”. Sociedade Portuguesa de Inovação. Porto.
- AQUAVEO (2010). *Groundwater Modeling System: GMS v.6.5. Software*. Copyright Aquaveo, 2007. Utah, USA. Acedido em 2012: <http://www.aquaveo.com>.
- Arceivala, S. J. (1981). *Wastewater Treatment and Disposal*. Marcel Dekker, New York, pp. 892.
- CCDR Alentejo (2006). *Fontes Poluidoras*. Bacia Hidrográfica da Ribeira de Melides. Brigada de Fiscalização do Litoral, Beja, pp. 22.
- Freitas, M.C., Silva, C.S., Andrade, C.F., Cabral, H., Marques da Silva, J., Carvalho, M.R., Correia, O., Brotas, V., Vieira, A.R., Cruces, A., Wouters, N., Branquinho, C., Santos, P.R., Gameiro, C., Antunes, C. (2008). *Projecto de Recuperação da Lagoa de Melides. Relatório Final. Monitorização Ambiental. Volume I – Memória Descritiva e Volume II – Anexos*. Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Instituto de Oceanografia, pp. 90.
- Monteiro J.P., Chambel, A., Martins, J. (2008). *Conceptual and Numerical Flow Model of the Sines Aquifer System (Alentejo, South Portugal)*. International Groundwater Symposium, International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR), Istanbul, Turkey, 18-20 June 2008. p 38 (abstract) and doc. elect. CD-Rom, pp. 9.
- Novo, M.E., Oliveira, L., Henriques, M.J. (2013). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Estratégias e Medidas de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia de Melides (Quantidade e Qualidade Química e Biológica) em Cenários Sócio-económicos e de Alterações Climáticas*. Lisboa, LNEC, Relatório 128/2012-NAS, pp. 278.
- Oliveira, L., Leitão, T.L., Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M.M., Novo, M.E. (2011). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Terceiro Relatório Temático – Resultados Quantitativos e Qualitativos das Campanhas de 2011 e Balanços Hídricos*. Lisboa, LNEC, Relatório 291/2011-NAS, pp. 94.
- Oliveira, L., Martins, T., Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M. M., Novo, M. E., Leitão, T. E. (2012). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Quarto Relatório Temático – Contributos para o Desenvolvimento de Medidas para uma Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos no Sul de Portugal*. Lisboa, LNEC, Relatório 153/2012-NAS, pp. 44.
- Oliveira, L., Novo, M. E., Lobo Ferreira, J.P. (2012a). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Componente do Núcleo de Águas Subterrâneas para o Desenvolvimento de Medidas de Mitigação em Melides*. Lisboa, LNEC, Relatório 182/2011-NAS, pp. 35.
- Oliveira, L., Novo, M.E. (2013). *Análise do Risco de Seca no Aquífero Querença-Silves*, pp. 18 (**in press**).
- Soveral Dias, J. C. (1999). *Código de Boas Práticas Agrícolas*. Laboratório Químico-Agrícola Rebelo da Silva. Lisboa, pp. 36.