



**PLANO ESTRATÉGICO DE CASCAIS FACE ÀS
ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

SECTOR RECURSOS HÍDRICOS

Equipa de trabalho:

Rodrigo Oliveira, Luís Ribeiro, Maria Paula Mendes, João Nascimento (Instituto Superior Técnico)

Índice

1. Enquadramento e objectivos	1
2 Regime hidrológico	1
2.1 Hidrografia	1
2.2 Regime do Escoamento das bacias hidrográficas	2
2.3 Circulação subterrânea	4
2.4 Recursos hidrotermais	5
3. Qualidade dos recursos hídricos	6
3.1 Recursos hídricos superficiais	6
3.2 Recursos hídricos subterrâneos	7
4. Origens e usos da água	7
4.1 Abastecimento público	7
4.2 Abastecimento privado	10
5. Drenagem de águas residuais	12
6. Impacto das alterações climáticas	13
6.1 Sistema da EPAL	13
6.2 Disponibilidade de recursos hídricos superficiais	14
6.3 Disponibilidade de água subterrânea	17
6.4 Risco de cheias	18
7. Estratégias de adaptação	20
8. Conclusões	23
9. Referências bibliográficas	25



1. Enquadramento e objectivos

Este estudo tem por objectivos:

- A avaliação dos impactos das alterações climáticas no regime hidrológico das principais ribeiras do concelho de Cascais;
- A avaliação dos impactos das alterações climáticas nas disponibilidades hídricas subterrâneas do concelho de Cascais;
- A avaliação dos impactos das alterações climáticas no risco de cheias fluviais e urbanas;
- A caracterização dos usos da água no concelho de Cascais e avaliação dos impactos das alterações climáticas na sua sustentabilidade;
- A apresentação de medidas de adaptação aos impactos das alterações climáticas no domínio da água.



2 Regime hidrológico

2.1 Hidrografia

O concelho de Cascais abrange as bacias hidrográficas das ribeiras das Vinhas, de Caparide, da Laje e da Foz do Guincho e ainda o sistema aquífero Pisões-Atrozela (Figura 1). Os cursos de água nascem no concelho vizinho de Sintra, no flanco sul da serra, e apresentam um regime torrencial, com uma significativa irregularidade do escoamento.

O sistema aquífero de Pisões-Atrozela é a principal formação aquífera da região, sendo constituído por uma alternância de calcários compactos, fossilíferos, nodulares, calcários margosos e algumas margas que podem conter nódulos calcários. A espessura do aquífero pode atingir valores próximos de 940 m. Na área do concelho de Cascais, a recarga deste sistema aquífero é efectuada a partir da água da chuva através da superfície carsificada, correspondendo a 34% da precipitação média anual.

Nos calcários do Cretácico existem também alguns aquíferos irregulares que alimentam diversas nascentes e exurgências no flanco sul da serra de Sintra. As produtividades deste sistema devem aumentar do Maciço Eruptivo de Sintra para a sua periferia, dado que a inclinação das formações

diminui à medida que nos afastamos do maciço (Carvalho, 2000). No Estoril, algumas destas nascentes são de águas termais cujas temperaturas são mais altas de 10 a 15°C que as águas regionais.

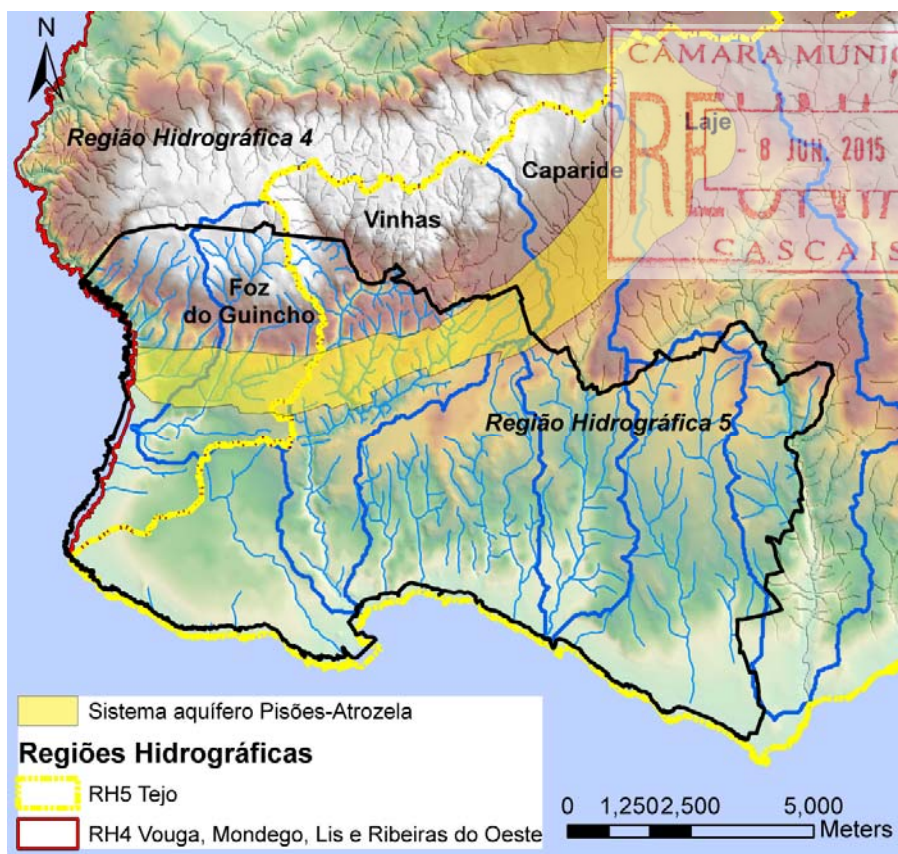


Figura 1 – Localização das principais bacias hidrográficas do concelho de Cascais e do sistema aquífero de Pisões-Atrozela.

2.2 Regime do Escoamento das bacias hidrográficas

O regime de escoamento das ribeiras que cruzam o Município de Cascais apresenta uma enorme irregularidade, fortemente influenciada pela variabilidade da precipitação. As ribeiras têm escoamento sobretudo durante o Inverno, apresentando-se quase totalmente secas no Verão, com água apenas em pequenos pegos isolados. A Figura 2 apresenta a evolução do escoamento mensal observado nas bacias hidrográficas das ribeiras das Vinhas e de Caparide, sendo patente a existência de um semestre húmido e um semestre seco bem definidos. São também visíveis períodos em que não existe escoamento.

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

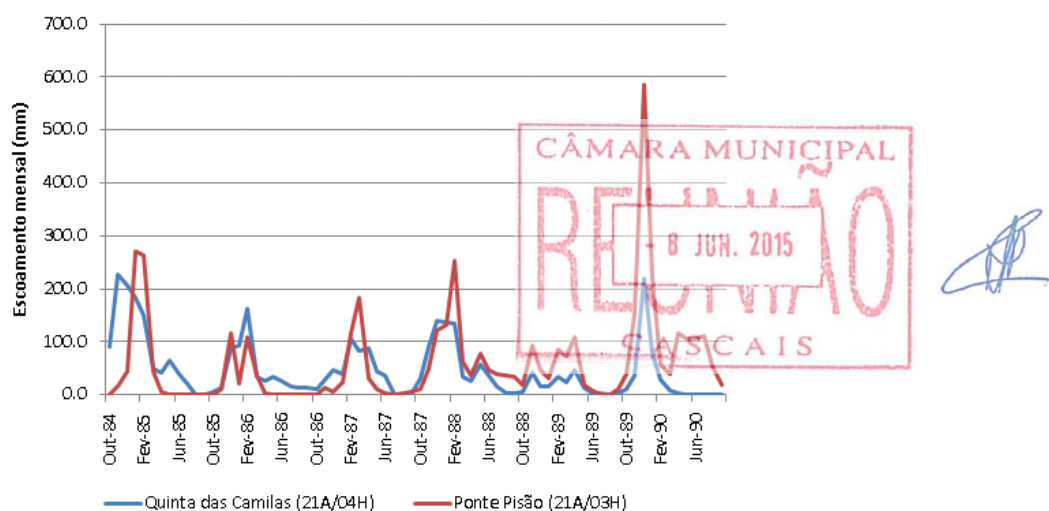


Figura 2 – Escoamento para o período de Outubro de 1984 a Setembro de 1990 para as bacias hidrográficas de Caparide e Vinhas.

Na sequência de eventos pluviosos intensos podem ocorrer situações de cheias rápidas com um maior ou menor grau de gravidade. Este risco de cheias é particularmente significativo na ribeira das Vinhas cujo troço final atravessa a vila de Cascais. A perigosidade do fenómeno de cheias rápidas é ainda potenciada pela influência do Maciço Eruptivo de Sintra cujas características geomorfológicas proporcionam condições para a ocorrência de precipitações intensas sobre a bacia e determinam cursos de água com declive elevados (POPNSC, 2003). Como se pode observar na Figura 3 a resposta hidrológica da bacia é muito rápida.

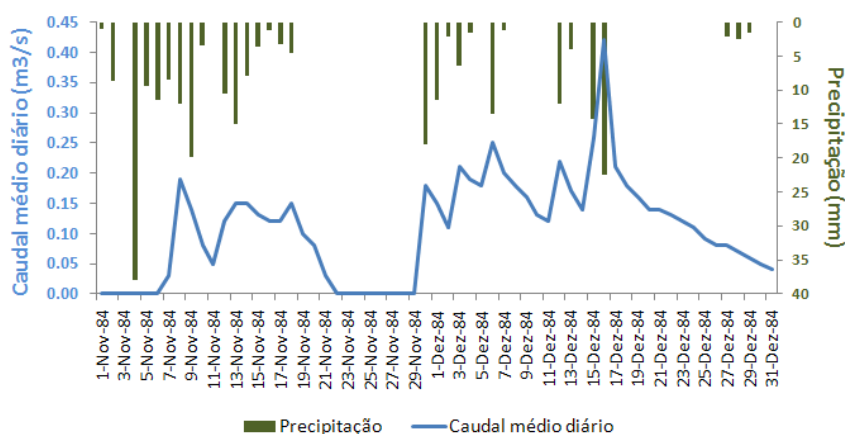


Figura 3 – Hidrograma da bacia hidrográfica da ribeira de Vinhas e precipitação diária para o período de 1/11/1984 a 1/12/1989.

2.3 Circulação subterrânea

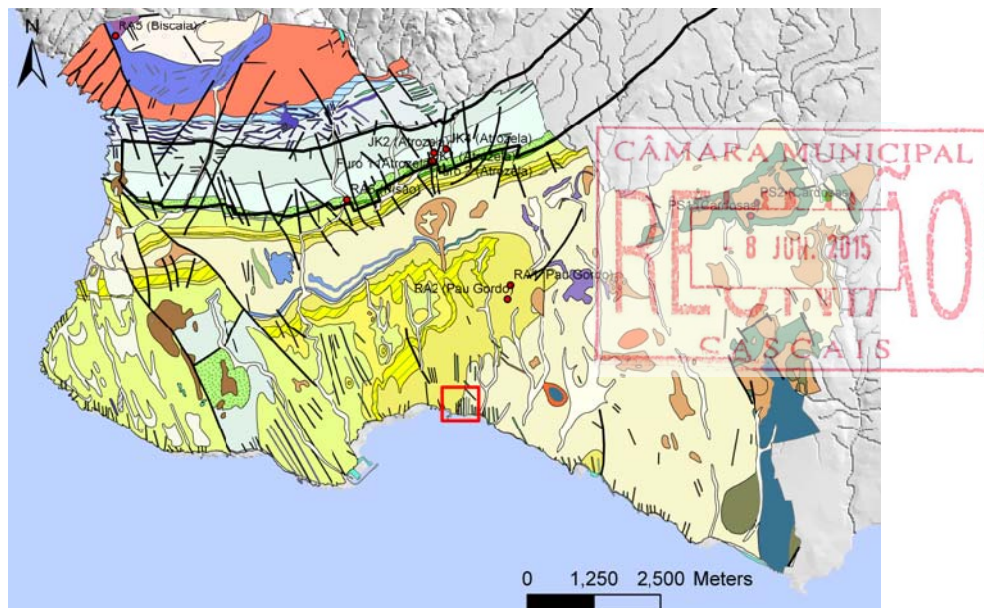
O modelo de circulação subterrânea está condicionado às características tectónicas da região. Segundo Carvalho (2000), o sistema aquífero de Pisões-Atrozela encontra-se fortemente condicionado pela tectónica que afectou as suas formações carbonatas, sendo natural que esteja dividido em compartimentos limitados pelas diferentes falhas e/ou filões (ver Figura 4). Quando as falhas se encontram preenchidas por material argiloso e os filões se encontram alterados, também por material argiloso, a circulação da água fica bastante dificultada. Se as falhas não apresentam preenchimento ou quando este não é de natureza impermeável a circulação fica bastante favorecida, contribuindo para aumentar a produtividade das formações. Na área do concelho de Cascais, a recarga média anual deste sistema aquífero foi estimada em 190 mm, para uma precipitação média anual de 555 mm. Este valor de recarga por unidade de área traduz-se num volume de cerca de 2090 dam³, que pode ser comparado com o volume que a Águas de Cascais captou em 2008 na região de Atrozela de 990 dam³. As captações neste sistema apresentam caudais específicos entre 0,01 e 1 l/s/m.

Os calcários do Cretácico inferior dão aquíferos irregulares no flanco sul da Serra de Sintra, na região de Cascais alimentam diversas nascentes e exurgências (Figura 4). Esta unidade geológica apresenta um grau de fracturação muito diferente de local para local o que implica um comportamento hidrogeológico muito variado. Se nalguns locais pode ser considerado como aquífero, noutros ter de ser considerado como aquitardo. As captações nesta unidade apresentam caudais específicos entre 0.01 e 0.14 l/s/m.

Finalmente, a unidade do Cenomaniano inferior e médio (Cretácico superior) é constituída por argilas, por vezes calcárias, calcários argilosos e margas, e, no topo, por calcários argilo-dolomíticos e calcários dolomíticos compactos. Devido à sua natureza esta unidade tem um comportamento de aquitardo, isto é com condições hidrogeológicas fracas. No entanto, localmente é possível captar caudais entre os 5 e os 25 l/s (Carvalho, 2000).

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010



Legenda

- Aluviões
- Áreas de praia
- Brecha pdigénica máfica
- Complexo Vulcânico de Lisboa
- Complexo Vulcânico de Lisboa: chaminé basáltica
- Depósitos de terraços marinhos
- Dunas
- Dunas consolidadas
- Filões de rocha alterada e ou não identificada
- Filões e massas de nólito
- Filões e massas de traquibasalto
- Filões de rocha alterada e ou não identificada
- Filões e massas de nólito
- Filões e massas de traquibasalto
- Formação das Areólas de Estefânia (MII)
- Formação de Benfca: conglomerados, arenitos e argilitos
- Formação de Bica: calcários com rudistas: (inclui o nível com Neolobites vitrayeanus)
- Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos
- Formação de Cresmina: arenitos e margas
- Formação de Farta Pão: calcários e margas (inclui o nível com Anchispirocyclina lusitanica)
- Formação de Maceira: margas e calcários
- Formação dos calcários de Entre-Campos ("Banco Real") (MIII)
- Formações de Cabo Raso e de Guincho indiferenciadas: calcários recifais e calcários com Choffatelas e Dasycladaceas
- Formações de Serradão e de Guia indiferenciadas: calcários, margas e arenitos
- Formação de Caneças: calcários e arenitos
- Formação de Cresmina: calcários e margas
- Formação de Farta Pão: calcários e margas (inclui o nível com Anchispirocyclina lusitanica)
- Formação de Maceira: margas e calcários
- Formação de Mem Martins: calcários e margas
- Formação de Ramalhão: calcários e margas
- Formação de Regação: arenitos, pelitos e dolomitos
- Formação de Rodizão: pelitos, arenitos e conglomerados
- Formação de S. Pedro: calcários e margas
- Formações de Cabo Raso e de Guincho indiferenciadas: calcários recifais e calcários com Choffatelas e Dasycladaceas
- Formações de Serradão e de Guia indiferenciadas: calcários, margas e arenitos
- Gabro e gabro-dorito
- Granito de Sintra
- Plano de água
- Quartzo-turmalinito
- Rochas vulcânicas indiferenciadas
- Sienito de Sintra

Localização da área termal

Figura 4 – Geologia na área do concelho de Cascais e localização dos furos pertencentes à empresa AdC (adaptado de Ramalho et al., 1999).

2.4 Recursos hidrotermais

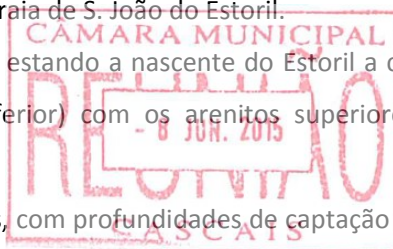
Desde o século XVII que a vila do Estoril é conhecida pelas suas águas termais cujas temperaturas são de 10 a 15 °C mais elevadas que as águas regionais. Estas águas termais são do tipo sódico-cloretadas e a sua composição química deve-se à existência de minerais evaporíticos nomeadamente, halite, silvite (cloreto de potássio), gesso e cloreto de magnésio (Lopo Mendonça *et al.*, 2004).

Conhecem-se duas exurgências destas águas: as nascentes do Estoril (a mais importante) e da Poça. A nascente do Estoril tem uma temperatura de 30 °C e um caudal de 2 l/s; a nascente da Poça tem uma temperatura de 26 °C e um caudal diminuto, descarregando na praia de S. João do Estoril.

A área das fontes termais é formada por terrenos do Cretácico, estando a nascente do Estoril a captar no contacto dos calcários argilosos do Albiano (Cretácico inferior) com os arenitos superiores de Almargem (Figura 4).

Além destas fontes termais conhecem-se, nesta área, cinco furos, com profundidades de captação entre os 70 e dos 260 metros com temperaturas máximas de 35.5° C. Dois destes furos estão a captar nos calcários do Baixo Barremiano (Cretácico inferior). A recarga é por precipitação e dar-se-á algures entre o Estoril e a serra de Sintra (Lopo Mendonça *et al.*, 2004).

Após um longo período de interregno está prevista a reabertura das termas do Estoril. Embora se admita que uma redução na precipitação trará consequências a longo prazo nos recursos hidrotermais desta região, será ainda necessário efectuar estudos no sentido de delimitar as áreas de maior contribuição para a sua recarga.



3. Qualidade dos recursos hídricos

3.1 Recursos hídricos superficiais

De acordo com os resultados de um Programa de Monitorização da Qualidade da Água das Ribeiras da Costa do Estoril a ribeira das Vinhas e de Caparide apresentam problemas de qualidade de água, nomeadamente elevados níveis de matéria orgânica (SANEST, 2009).

Na ribeira das Vinhas existe um elevado número de descargas indevidas de águas residuais, principalmente no troço canalizado junto à foz, que resultam em níveis elevados de matéria orgânica na ribeira e que contribuem para uma classificação E (extremamente poluída) de acordo com as análises efectuadas de 2004/2005 a 2008/2009 (SANEST, 2009). A montante, na albufeira do rio da Mula, um dos afluentes da ribeira das Vinhas, a qualidade da água é classificada como de classe C (poluída) em relação a alguns parâmetros como os fenóis, a oxidabilidade e de Carência Química de Oxigénio (dados do INAG, desde 1995).

A ribeira de Caparide foi classificada, de acordo com os resultados da campanha de 2007/2008, como muito poluída (classe D), embora se tenha verificado uma melhoria da qualidade da água em relação a 2006/2007 em que a classificação foi E (extremamente poluída).



3.2 Recursos hídricos subterrâneos

A água subterrânea captada no concelho de Cascais apresenta em certas alturas do ano e em algumas captações valores da concentração de ferro e de manganês acima dos valores paramétricos estabelecidos pelo Decreto-Lei 241/2001 para água destinada ao consumo humano.

Os valores elevados destes elementos, ainda que de origem natural, obrigam a paragens na exploração da água subterrânea durante os meses mais secos por parte da empresa municipal AdC. A presença de ferro e de manganês na água provocam problemas organolépticos, nomeadamente cor, turvação, sabor e cheiro, manchas na roupa e risco de desenvolvimento bacteriano. Existem no entanto processos de tratamento de remoção do ferro e do manganês da água que podem ser utilizados, caso a situação o justifique.

Estas concentrações elevadas de ferro e manganês ocorrem em algumas captações localizadas no aquífero de Pisões-Atrozela, apresentando em certas alturas do ano valores da concentração de ferro excessivos, e numa captação localizada nos gabros e dioritos, junto à Tapada do Cochicho (Biscaia), a qual apresenta igualmente elevadas concentrações de manganês.

4. Origens e usos da água

4.1 Abastecimento público

Desde 2001, que o sistema Municipal de distribuição de água e de drenagem de águas residuais do Concelho de Cascais se encontra concessionado à empresa Águas de Cascais (AdC) por um período de 25 anos.

A população do concelho de Cascais atinge actualmente cerca de 188 mil habitantes, valor que tem vindo a crescer cerca de 2500 hab/ano (Cascais, 2010; INE, 2009). O consumo de água da população atingiu em 2008 os 23,521 hm³/ano (AdC, 2008), o que corresponde a uma capitação bruta

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

de 343 l/hab/dia, um valor elevado que pode parcialmente ser explicado se incluir consumo de água para rega de jardins e de pequenas hortas. Em relação às perdas de água no sistema por fugas e extravasamentos, o valor em 2008 foi 24.5% (AdC, 2008), associado a um serviço de qualidade razoável (ERSAR, 2009). Se excluirmos os volumes resultantes de perdas do cálculo da capitação líquida, esta situar-se-á nos 259 l/hab/dia.

As necessidades de água para abastecimento público no concelho de Cascais, provêm na sua maior parte do sistema de produção da EPAL, que desde 1941 abastece o concelho e é actualmente responsável pela quase totalidade do abastecimento de água. Como se pode verificar pela Figura 5, a EPAL satisfaz regularmente mais de 90% do consumo do concelho, tendo em 2005, durante a seca, fornecido um volume máximo de mais de 22 hm³, superior aos valores fornecidos nos outros anos que se situaram entre 20 e 21 hm³.

O remanescente do consumo de água é satisfeito pelas origens próprias da AdC, designadamente pela albufeira do rio da Mula (0.29 hm³/ano), pelos furos de Atrozela e Pisão (ambos localizados no sistema aquífero Pisões-Atrozela), Pau Gordo, Cardosas, Quinta da Marinha e Biscaia (totalizando 2.0 hm³/ano) e pelas minas da Malveira e de Vale de Cavalos (0.1 hm³/ano).

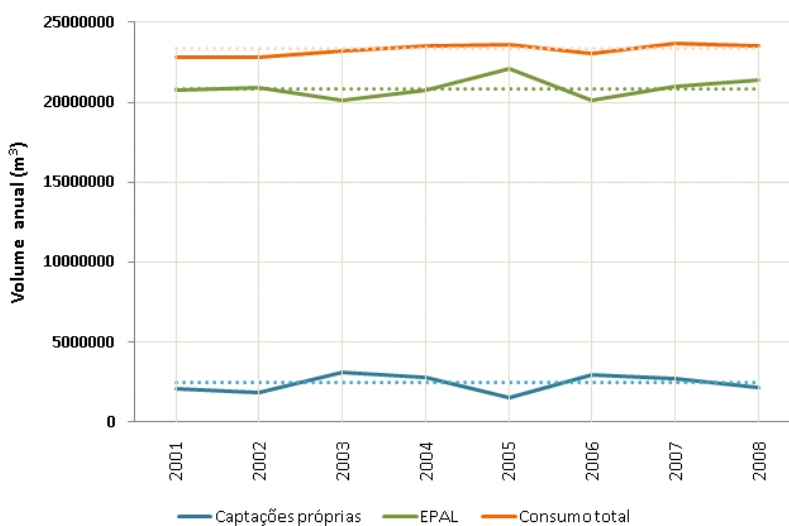


Figura 5 – Volumes no concelho de Cascais fornecidos pela AdC.

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

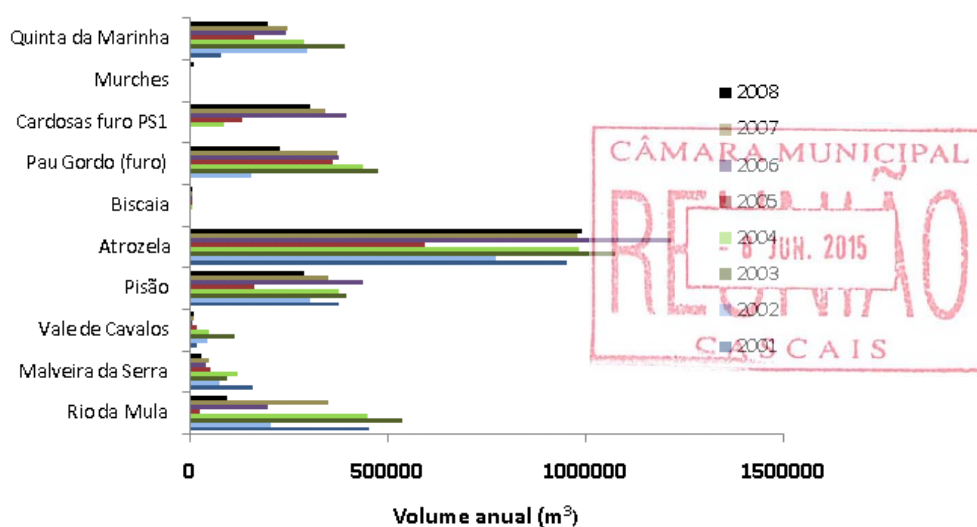


Figura 6 – Volume de água aduzida ao Sistema proveniente de captações próprias das AdC.

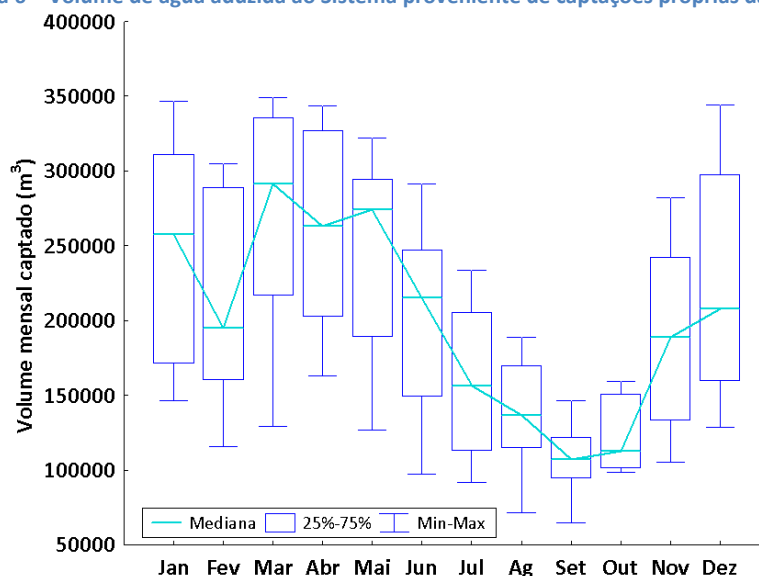


Figura 7 - Diagramas de caixa de extremos e quartis dos valores dos volumes mensais das captações próprias da AdC.

As origens próprias da AdC contribuem para a satisfação das necessidades sobretudo durante o Outono e o Inverno, verificando-se uma diminuição da exploração mensal das captações próprias entre Maio e Outubro (Figura 7).

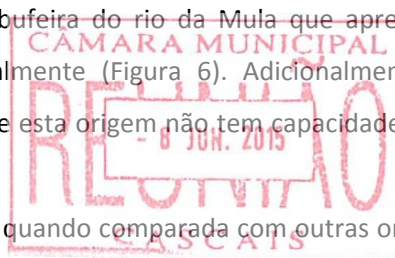
Entre as captações próprias da AdC merecem destaque os furos localizados no sistema aquífero Pisões-Atrozela. Durante o Inverno, estes furos são responsáveis por 44% do volume total explorado no concelho, valor que baixa para 29% durante o período de Junho a Setembro (Figura 7). Esta variação

sazonal está relacionada com o rebaixamento dos níveis piezométricos nos furos e consequente degradação da qualidade da água.

A outra grande origem de água existente no concelho é a albufeira do rio da Mula que apresenta grandes oscilações nos valores dos caudais explorados anualmente (Figura 6). Adicionalmente, a variação sazonal também é significativa e existem meses em que esta origem não tem capacidade para contribuir para a satisfação das necessidades de água.

A captação de água proveniente de minas tem pouca expressão quando comparada com outras origens próprias, sendo responsável por apenas 5% do volume total captado pela AdC.

A variabilidade interanual e sazonal da disponibilidade de água das captações próprias é ultrapassada com o consumo de água do sistema de produção da EPAL. O exemplo extremo foi o ano da seca de 2005 em que a contribuição das captações próprias decresceu para quase metade, em relação a 2004.



4.2 Abastecimento privado

De acordo com os processos de licenciamento registados na ARH Tejo, as captações privadas têm como principal finalidade a rega, seguindo-se a actividade industrial (Figura 8). Infelizmente, a legislação que obriga ao licenciamento das captações subterrâneas ou superficiais nem sempre é correctamente cumprida e os registos de exploração das origens de água são reduzidos. É notória a falta de informação relativamente ao número real de captações privadas existentes no concelho e ao volume extraído. Uns dos principais consumidores de água para rega são os campos de golfe que abrangem 70 ha e os espaços verdes (públicos e privados). No total, os espaços verdes públicos totalizam uma área de 230 ha (Figura 9).

Como não existem dados locais que nos permitam calcular os consumos de água para rega dos campos de golfe foi efectuada uma estimativa com base em valores apresentados na bibliografia. Rodriguez Diaz et al. (2007) sugerem que o consumo de água nos campos de golfe da costa mediterrânica se situa entre os 2000 e os 17 000 m³/ha/ano. Para a mesma região, Sanz Magallón (2005) e Morell (2002) estimaram consumos de água entre os 7500 e os 8000 m³/ha/ano. Esta variabilidade dos consumos de água pode dever-se a vários factores tais como as espécies que constituem os relvados dos campos, o regime de rega adoptado e as condições climáticas locais. Assumindo os valores de consumo anual de água de

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

2000 m³/ha e 8000 m³/ha, obtêm-se volumes anuais da ordem de 0.15 hm³/ano e 0.55 hm³/ano, respectivamente.

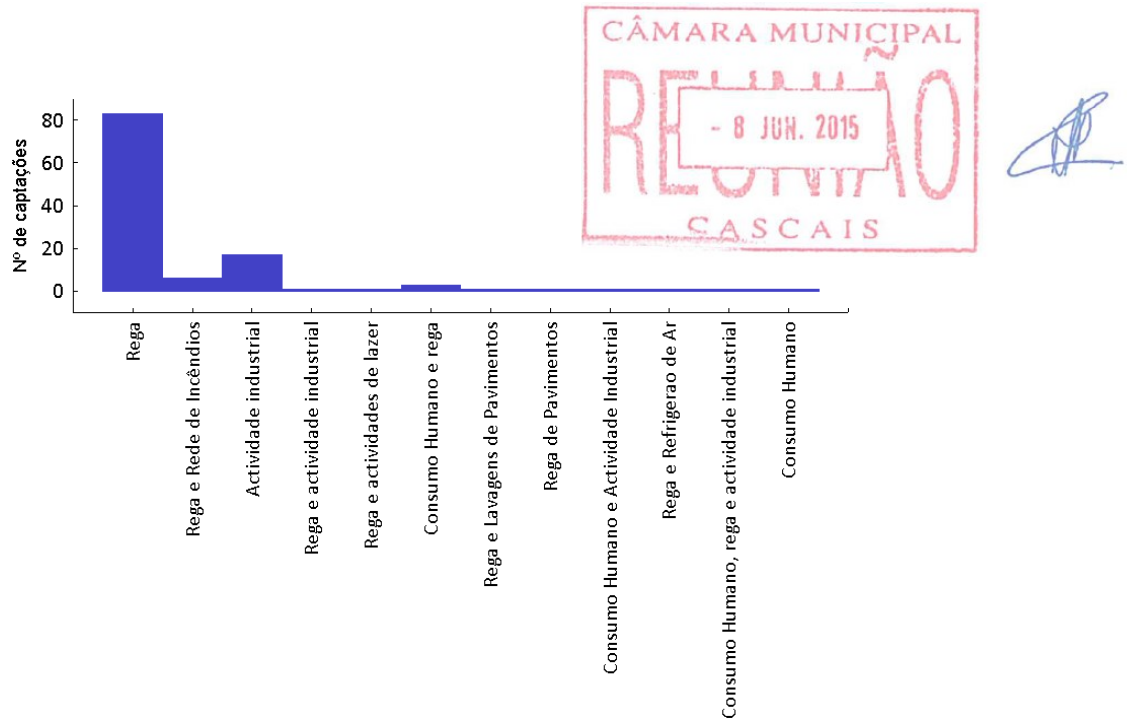


Figura 8 – Usos referidos aquando do pedido de licenciamento na CDDR (208 furos).

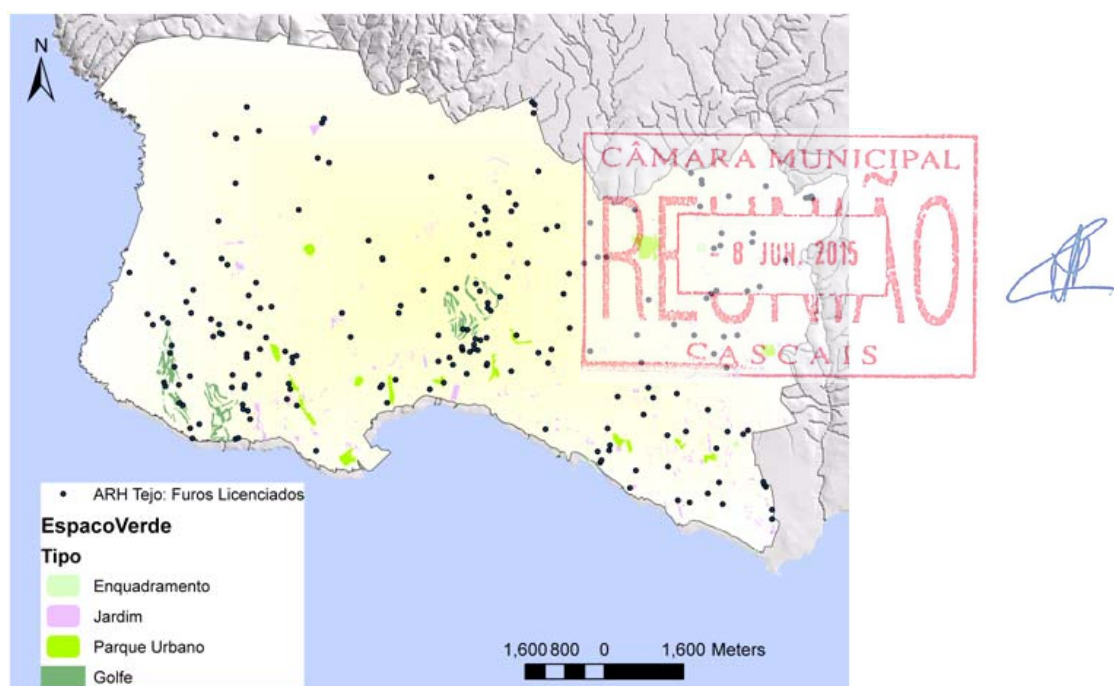


Figura 9 – Localização dos espaços verdes, campos de golfe e furos licenciados.

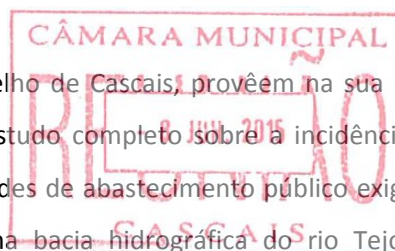
5. Drenagem de águas residuais

A rede de drenagem de águas residuais, consignada à AdC para exploração, conduz as águas residuais para o Sistema de Saneamento da Costa do Estoril (SSCE), sob gestão e propriedade da SANEST. Os emissários deste sistema conduzem as águas residuais domésticas para o interceptor geral e para a estação de tratamento da Guia. As águas residuais tratadas são enviadas para o emissário submarino, que as dissipa no mar, a cerca de 3 km da costa e a 45 m de profundidade. O SSCE recebe diariamente cerca de 0.155 hm³ de águas residuais, recolhidas nos municípios da Amadora, Cascais, Oeiras e Sintra. O sistema de drenagem de águas residuais domésticas no concelho de Cascais é separativo (águas residuais domésticas separadas das águas pluviais). Contudo, de acordo com um estudo efectuado pela SANEST em 2008, uma fracção dos caudais pluviais afluí à rede de águas residuais do Sistema Saneamento da Costa do Estoril, através de ligações indevidas de ramais de sarjetas, sumidouros ou de pluviais prediais às redes municipais de drenagem. Na prática o sistema comporta-se como pseudo-separativo, transportando em situações de ocorrência de precipitação uma fracção significativa de caudais de chuva.

6. Impacto das alterações climáticas

6.1 Sistema da EPAL

As necessidades de água para abastecimento público no concelho de Cascais, provêm na sua maior parte do sistema de produção da EPAL. Por essa razão, um estudo completo sobre a incidência das alterações climáticas na capacidade de satisfação das necessidades de abastecimento público exigiria a avaliação dessas incidências nas origens da EPAL, situadas na bacia hidrográfica do rio Tejo, em particular na albufeira de Castelo do Bode, por ser a origem mais importante.



Os projectos SIAM (Cunha et al., 2002, 2006) avaliaram o impacto das alterações climáticas na bacia hidrográfica do rio Tejo e indicam a possível diminuição do escoamento anual e a concentração do escoamento no Inverno, em detrimento das restantes estações do ano. A variabilidade dos diferentes cenários estudados impede no entanto conclusões claras. Os resultados do projecto ESSEMBLES (2010), em análise pela equipa responsável pela Estratégia Nacional de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos, também sugerem uma redução da precipitação anual sobre a bacia hidrográfica do rio Tejo, e consequentemente do escoamento. Mas uma vez mais a dispersão dos resultados impede, pelo menos por enquanto, conclusões mais seguras sobre a tendência do escoamento em cada estação do ano. Os trabalhos de investigação em curso deverão a prazo reduzir esta incerteza.

Em acréscimo ao possível agravamento do risco de situações de escassez de água na bacia hidrográfica do rio Tejo é espectável uma diminuição da qualidade da água armazenada em Castelo do Bode, seja pela redução da capacidade de diluição das cargas poluentes pelo meio hídrico resultante da diminuição do escoamento, seja pelo aumento da temperatura média do ar que conduzirá inevitavelmente ao aumento da temperatura da água armazenada, o que propicia o aumento do risco de situações de anóxia e de eutrofização. Adicionalmente, eventuais alterações do uso do solo e do coberto vegetal da bacia hidrográfica do rio Zêzere, potenciadas pelo aumento do risco de incêndios florestais, podem contribuir para a degradação da qualidade das massas de água.

Parece assim evidente que o sistema de abastecimento de produção da EPAL estará sujeito a uma maior pressão para satisfazer as necessidades de água dos seus clientes. Estes impactos negativos na quantidade e na qualidade da água armazenada poderão, no entanto, ser minorados através de uma gestão cuidada da albufeira de Castelo do Bode e do uso do solo da bacia drenante ou através de

alterações introduzidas no sistema de tratamento da ETA da Asseiceira, abastecida por esta albufeira. Estas medidas de adaptação estão certamente a ser planeadas pela EPAL, cabendo ao Município de Cascais apoiar esse esforço.

6.2 Disponibilidade de recursos hídricos superficiais

No que respeita às captações próprias do concelho de Cascais procurou-se avaliar o impacto das alterações climáticas na disponibilidade dos recursos hídricos recorrendo a um modelo matemático que simula os processos hidrológicos em função das séries de variáveis climáticas associadas a cada cenário. Optou-se pelo modelo de TEMEZ, uma simplificação do modelo Stanford Watershed Model (SWM) (Linsley e Crawford 1960; Crawford e Linsley 1966). É um modelo agregado que simula à escala mensal os processos hidrológicos que ocorrem numa bacia hidrográfica, tendo como dados de entrada as séries de precipitação mensal e de evapotranspiração potencial mensal da bacia. Os dados de saída do modelo compreendem valores mensais de escoamento, infiltração e evapotranspiração real.

O modelo foi aplicado à bacia hidrográfica das ribeiras das Vinhas para a qual foi possível reunir os dados climáticos e hidrológicos suficientes para a sua calibração (Figura 10). Depois de calibrado, o modelo simulou a hidrologia decorrente da situação de referência e de dois horizontes temporais para cada um dos cenários climáticos (A1, B1, B2 e B2). Tendo em conta que a bacia da ribeira das Vinhas extravasa os limites do concelho, os cenários climáticos utilizados são ligeiramente distintos dos apresentados no relatório sobre cenários climáticos mas todos prevêem uma diminuição da precipitação acompanhada por um aumento da evapotranspiração potencial.

Os resultados da aplicação do modelo sugerem uma diminuição do escoamento anual médio para os dois horizontes temporais (Quadro 2). Verifica-se também uma redução generalizada do escoamento médio mensal (Figura 11), mais acentuada nos meses de Inverno. Apenas o mês de Março apresenta valores de escoamento médio mensal ligeiramente superiores aos do cenário de referência para o cenário B2.



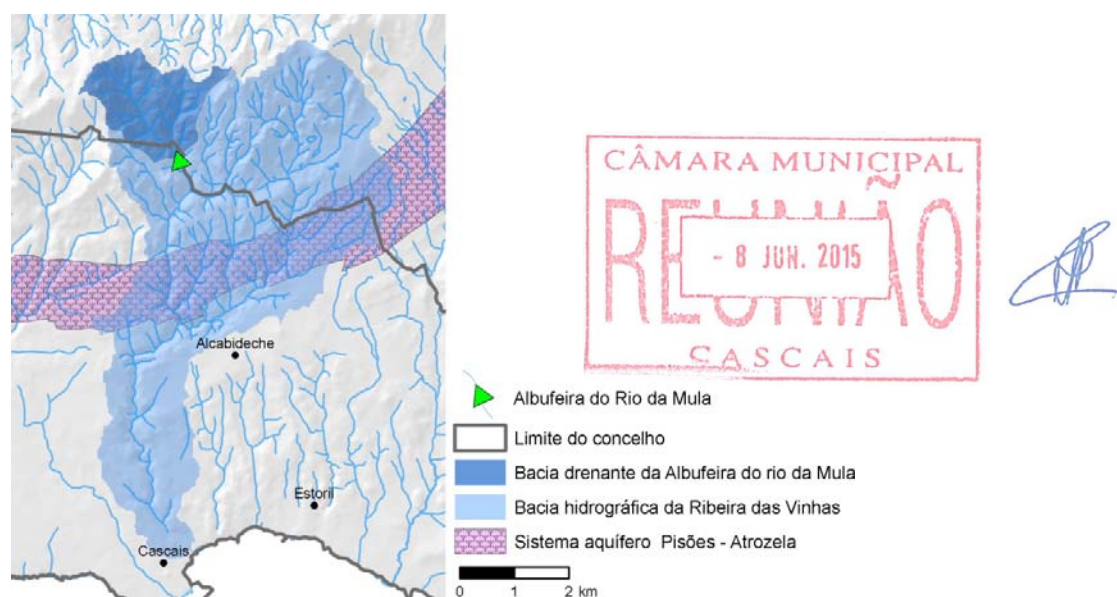


Figura 10 - Bacia hidrográfica da ribeira das Vinhas com a delimitação da sub-bacia hidrográfica do rio da Mula e a localização da albufeira do rio da Mula.

Quadro 1 - Variação do escoamento médio anual para os diferentes cenários socioeconómicos para a ribeira das vinhas

2020-2049				2070-2099			
Cenários Socioeconómicos				Cenários Socioeconómicos			
A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
-36%	-45%	-40%	-16%	-60%	-72%	-65%	-29%

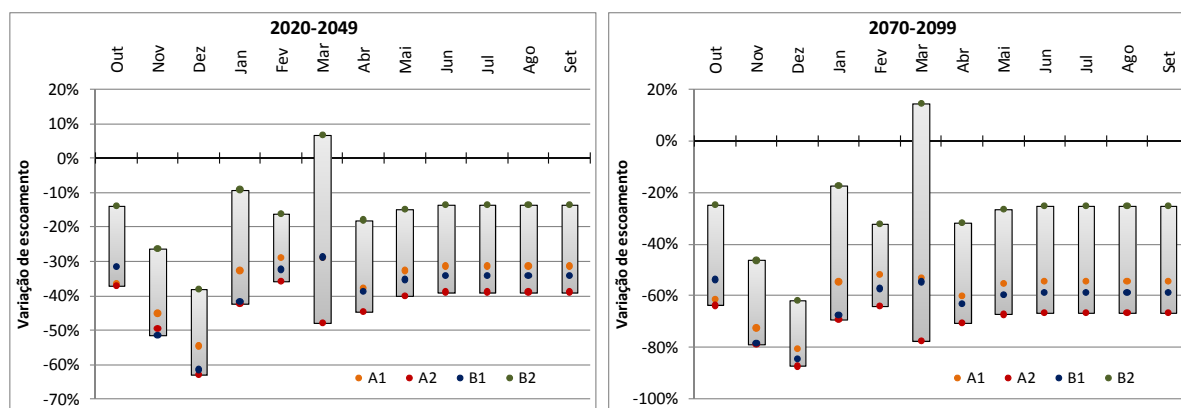


Figura 11 – Variação do escoamento médio mensal para os diferentes cenários para a ribeira de Vinhas.

Dada a importância da barragem do rio da Mula como origem própria de água para abastecimento no concelho de Cascais, procurou-se também estimar o impacto na capacidade desta infra-estrutura em satisfazer necessidades de água.

Não existindo observações da séries de escoamento afluente à barragem do rio da Mula estas foram estimadas através do balanço dos volumes armazenados na albufeira, obtendo-se uma série de valores mensais com início em Janeiro de 1993 e término em Dezembro de 2001. Uma vez que não se conhecem com rigor os volumes descarregados pelo descarregador de cheia, nos períodos em que o volume da albufeira correspondeu ao nível máximo de armazenamento, o valor de escoamento mensal é uma aproximação por defeito do valor real.

Com a estimativa do escoamento afluente à albufeira e com as séries de dados meteorológicos observadas nas estações Rio da Mula (21A/10G) e Colares – Sarrazola (21A/01C) foi possível calibrar o modelo hidrológico para a bacia hidrográfica da barragem do rio da Mula. Na Figura 12 apresentam-se as séries de precipitação e de escoamento calculada tendo por base a metodologia apresentada.

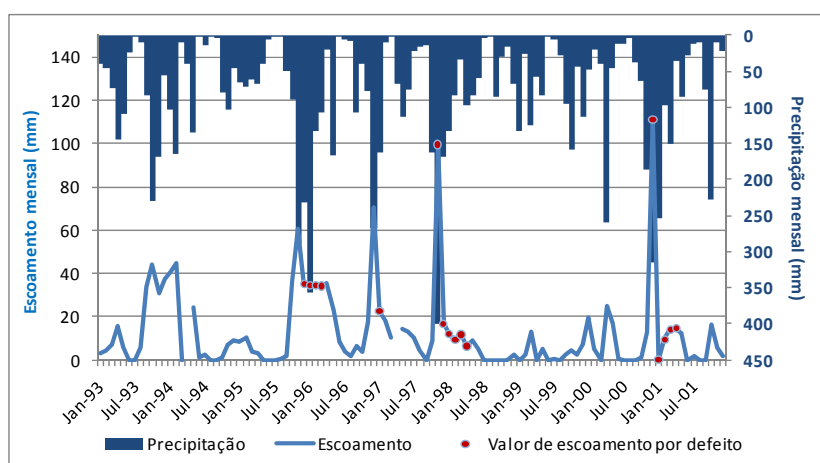


Figura 12 - Séries de precipitação e escoamento mensais da albufeira do rio da Mula.

Com o modelo calibrado estimaram-se as séries de escoamento afluente à barragem do Rio da Mula para os vários cenários climáticos. Os resultados apresentados no Quadro 2 e na Figura 13 demonstram claramente uma tendência para a ocorrência de diminuição do escoamento afluente à barragem do Rio da Mula. Os resultados das simulações para o meio do século prevêem uma diminuição entre os 19 e 48% para o volume disponível anualmente nesta origem. Esta diminuição será ainda mais acentuada no final do século, considerando a maioria dos cenários uma diminuição superior a 65% relativamente às disponibilidades actuais.

As projecções do escoamento mensal demonstram ainda existir um intervalo considerável de incerteza para o valor da diminuição, embora esta tendência de diminuição seja clara em todos os meses. A

redução do escoamento afluente deverá ser mais acentuada entre os meses de Outubro a Dezembro, embora também sejam esperadas acentuadas diminuições do volume de água disponível nos restantes meses.

Quadro 2 - Variação do escoamento médio anual afluente à barragem do rio da Mula

2020-2049				2070-2099			
Cenários Socioeconómicos				Cenários Socioeconómicos			
A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
-41%	-48%	-45%	-19%	-66%	-76%	-74%	-34%

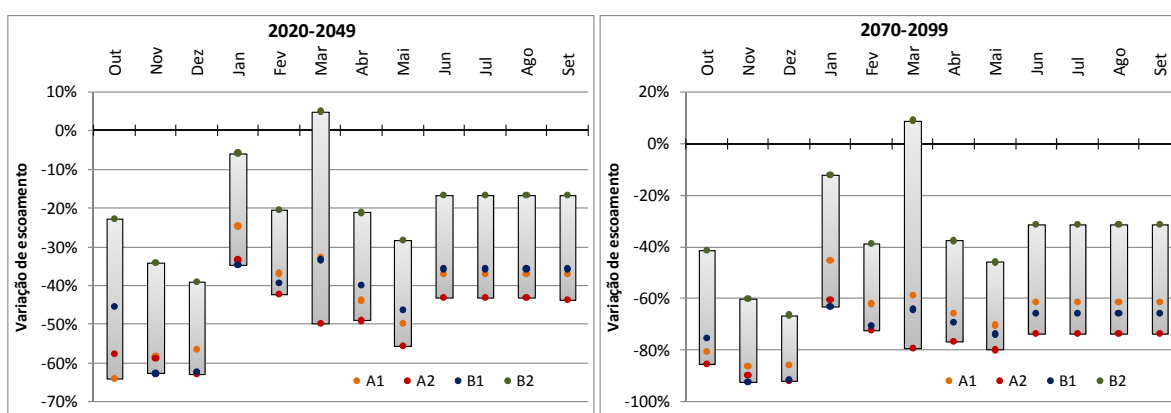
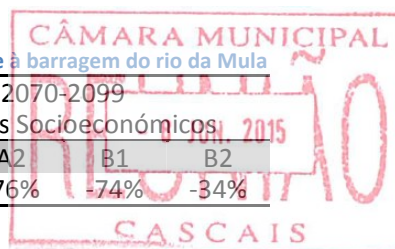


Figura 13 – Variação do escoamento médio mensal afluente à barragem do rio da Mula para os diferentes cenários

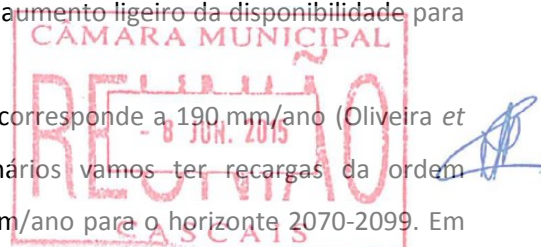
Em acréscimo à redução do escoamento afluente, a tendência para a concentração do escoamento nos meses de Inverno tem também um profundo impacto na capacidade de regularização de infra-estruturas de armazenamento de reduzida dimensão, como é o caso da albufeira do rio da Mula. A fiabilidade do abastecimento com origem nessa infra-estrutura terá a tendência para reduzir-se significativamente.

6.3 Disponibilidade de água subterrânea

Ainda com base dos resultados do modelo hidrológico, estima-se uma diminuição da recarga dos aquíferos em todos os cenários da ordem de grandeza idêntica à do escoamento superficial para os vários cenários climáticos A1, A2, B1 e B2. No Quadro 3 e na Figura 14 estão representadas as variações para a recarga, ou seja, a disponibilidade de água subterrânea, esperadas para os horizontes temporais de 2020-2049 e 2070-2099. Observa-se que existe um decréscimo anual dos valores de recarga da

ordem dos 10% a 30% e de 20% a 55%, respectivamente para os horizontes temporais de 2020-2049 e 2070-2099. Existe uma tendência clara de diminuição da recarga para os meses de Inverno e Primavera, à excepção do cenário B2 (mais optimista), que aponta para um aumento ligeiro da disponibilidade para o mês de Março (Figura 14).

Actualmente a recarga do sistema aquífero de Pisões-Atrozela corresponde a 190 mm/ano (Oliveira *et al.*, 2000). Assumindo as diminuições apontadas pelos cenários vamos ter recargas da ordem 152 mm/ano para o horizonte temporal de 2020-2049 e 105 mm/ano para o horizonte 2070-2099. Em termos de recursos considera-se que as disponibilidades hídricas subterrâneas são iguais à recarga anual média. Obtêm-se assim volumes da ordem dos 1.67 hm³ e 1.16 hm³ na área do concelho de Cascais, respectivamente para os horizontes temporais de 2020-2049 e 2070-2099.



Quadro 3 – Variação da recarga média anual.

2020-2049				2070-2099			
Cenários Socioeconómicos				Cenários Socioeconómicos			
A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
-25%	-30%	-26%	-12%	-46%	-55%	-48%	-22%

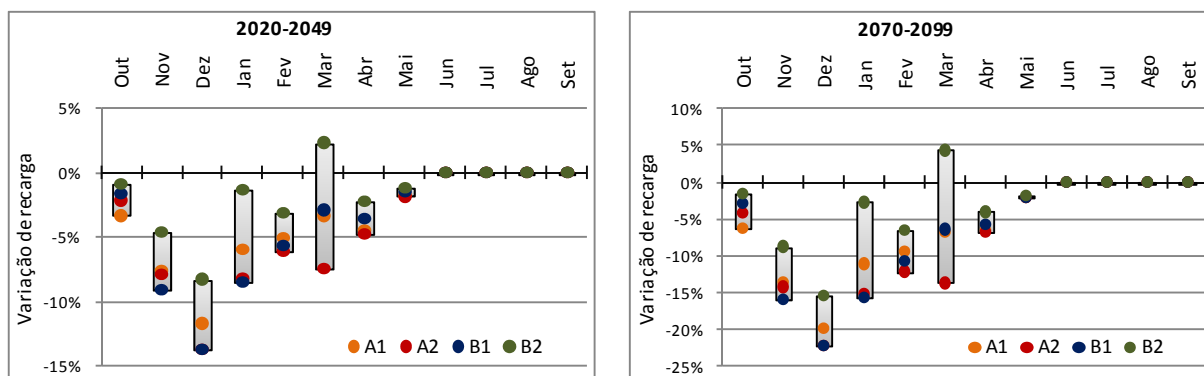


Figura 14 – Variação da recarga média mensal para os diferentes cenários socioeconómicos

6.4 Risco de cheias

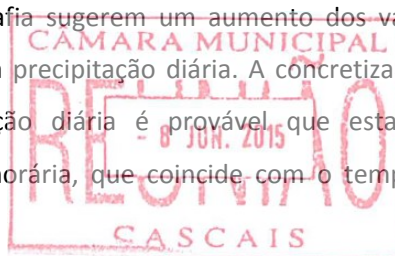
As bacias hidrográficas que atravessam o concelho de Cascais, pela sua reduzida dimensão e carácter urbano de algumas zonas, nomeadamente junto à foz, apresentam características que propiciam condições para cheias repentinas e rápidas com um enorme poder destrutivo. As cheias devastadoras de Novembro de 1983 que afectaram severamente a vila de Cascais estão ainda na memória de todos.

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

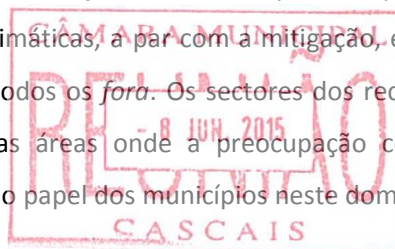
As alterações climáticas poderão acentuar o risco de cheias se se confirmar a tendência de um agravamento dos fenómenos extremos e nomeadamente dos eventos pluviosos de curta duração. Com efeito a maioria dos modelos climáticos referidos na bibliografia sugerem um aumento dos valores extremos da precipitação de curta duração, nomeadamente da precipitação diária. A concretizar-se a tendência de aumento dos valores extremos da precipitação diária é provável que esta seja acompanhada por um aumento dos valores de precipitação horária, que coincide com o tempo de concentração das bacias hidrográficas do concelho de Cascais.

No caso específico deste estudo, a metodologia adoptada para geração dos cenários climáticos não permite avaliar esta tendência de aumento dos valores extremos de precipitação para intervalos de curta duração. Assim sendo, não é possível apresentar uma tendência do risco de cheias. Será necessário aprofundar esta questão mas por uma questão de precaução é prudente manter uma atenção permanente às medidas de controlo do risco de cheias.



7. Estratégias de adaptação

Desde o primeiro relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas que a adaptação é identificada como um dos pilares da resposta às alterações climáticas, a par com a mitigação, e esta importância tem vindo a ser crescentemente reconhecida em todos os *fora*. Os sectores dos recursos hídricos e do ordenamento do território são, sem dúvida, as áreas onde a preocupação com o planeamento de acções de adaptação deve ser mais premente e o papel dos municípios neste domínio é essencial e inalienável.



No domínio dos recursos hídricos e dos serviços da água, a acção do município no domínio da adaptação deverá incidir na manutenção do equilíbrio entre a procura e a disponibilidade de água, na promoção da qualidade da água e da vitalidade dos ecossistemas aquáticos, e na protecção contra cheias.

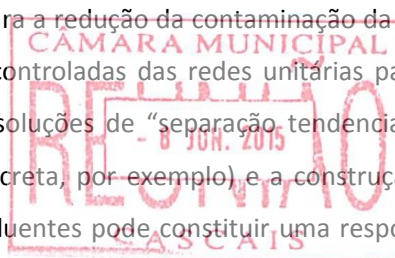
No que respeita à manutenção do equilíbrio entre a procura e a disponibilidade de água, não tendo intervenção directa na protecção e gestão das origens de água que abastecem mais de 90% das necessidades de água do Município, a acção deverá incidir prioritariamente no lado da procura da água, designadamente no controlo do consumo e na diminuição das perdas de água. Trata-se de uma área onde o investimento a realizar pode ter um retorno potencial significativo e reduzir drasticamente a curto prazo os volumes de água captados para abastecimento.

Actualmente, o concelho de Cascais apresenta uma capitação de consumo de água elevada e perdas de água nas redes de abastecimento superiores a 24%, um valor superior à meta proposta para 2011 pelo Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUE) que é de 20%. O PNUE propõe a implementação de instrumentos para actuar neste domínio, onde se incluem medidas de recuperação e de manutenção de infra-estruturas, medidas legais e económicas, mas também (e talvez sobretudo) medidas de comunicação para defesa de valores de cidadania na utilização da água.

Estas medidas, poderão ser complementadas com acções do lado da oferta que visem o aumento e a diversificação das origens de água. A protecção das zonas de recarga do aquífero de Pisões-Atrozela e da bacia da albufeira da barragem do rio da Mula deve ser uma preocupação permanente. Uma opção promissora poderá também ser a adopção de sistemas de aproveitamento de água pluvial ou de reutilização da água residual para usos menos exigentes (como lavagens de ruas, bocas-de-incêndio e rega de jardins e campos de golfe).

No domínio da manutenção da qualidade da água e da protecção dos ecossistemas, será fundamental assegurar a redução de descargas de poluentes actualmente existentes no sentido de reduzir o stress

sobre o meio hídrico e ecossistemas associados e, dessa forma, criar uma “zona tampão” que possa ser utilizada para absorver as crescentes pressões de origem climática. As acções de adaptação dos sistemas de saneamento de águas residuais podem também contribuir para a redução da contaminação da água, sobretudo no que diz respeito ao controlo de descargas não controladas das redes unitárias para as ribeiras em situações de pluviosidade intensa. A adopção de soluções de “separação tendencial” de efluentes de origens diversas (águas de limpeza e águas de excreta, por exemplo) e a construção de infra-estruturas de reserva e armazenamento temporário de efluentes pode constituir uma resposta a esse desafio.



No domínio da protecção contra cheias, as acções de adaptação devem procurar identificar as zonas de risco e reduzir a exposição de pessoas e bens a esse risco, deslocando-as dessas zonas mais susceptíveis, desviando os caudais gerados de zonas densamente povoadas ou melhorando as condições de escoamento em zonas críticas. Adicionalmente, poderão pontualmente ser criadas zonas de armazenamento para o encaixe dos volumes de cheias e atenuação do caudal de ponta. A aposta na melhoria dos sistemas de vigilância e alerta de cheias não pode também ser esquecida, muito embora sem uma capacidade efectiva de previsão da precipitação a eficácia destes sistemas esteja limitada pela reduzida dimensão das bacias hidrográficas e pela natureza repentina das cheias aí geradas. É, sobretudo, fundamental assegurar a existência de serviços eficazes de gestão de emergências.

No caso específico de cheias urbanas resultantes de deficiências da rede de drenagem pluvial, devem ser privilegiadas soluções distribuídas, a montante da rede física de colectores, que contribuam para a redução dos volumes de água afluentes à rede de drenagem. Este objectivo pode ser conseguido através da redução da área de superfícies impermeáveis, da retenção da chuva pelo coberto vegetal ou do desvio de águas para as zonas de infiltração ou de inundação controlada. Nalguns casos, pode-se optar por intervenções estruturais localizadas que aumentem a capacidade de escoamento de alguns colectores ou proporcionem capacidade de armazenamento para atenuação dos caudais de ponta de cheia.

A implementação da Directiva Europeia relativa à avaliação e gestão de riscos de inundações pode constituir uma oportunidade para desencadear um plano de adaptação neste domínio.

Os recursos hidrotermais também devem ser protegidos para permitir a sua utilização local no aquecimento de água, casas e estufas, contribuindo dessa forma para a diminuição do consumo de combustíveis fósseis.

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

Quadro 4 – Síntese das medidas de adaptação propostas face às alterações climáticas.

Acção	Medidas	Nível de intervenção
Redução da procura de água	Promoção dos valores de valorização do recurso água junto da população;	Nacional; Autárquico; cidadãos
	Recuperação e manutenção das infra-estruturas da rede de abastecimento;	Regional; Autárquico
	Adopção de um regime tarifário incentivador de um uso eficiente da água	Nacional; Autárquico.
Protecção e diversificação das origens de água	Protecção das zonas de recarga do aquífero de Pisões-Atrozela e da bacia da albufeira da barragem do rio da Mula	Regional; Autárquico;
	Adopção de sistemas de reutilização de água residuais e de aproveitamento de águas pluviais para fins menos exigentes como lavagens de ruas, bocas-de-incêndio e rega de jardins; utilização de água reciclada para rega dos campos de golfe.	Autárquico; cidadãos
Protecção de ecossistemas	Eliminação de descargas de contaminantes para as ribeiras	Regional; Autárquico;
	Controlo de descargas não controladas das redes unitárias de drenagem em situações de pluviosidade intensa, nomeadamente através: da adopção de soluções de “separação tendencial” de efluentes de origens diversas (águas de limpeza e águas residuais); da construção de sistemas de retenção e armazenamento temporário dos volumes de água.	Regional; Autárquico;
Protecção contra cheias	Melhoramento das condições de escoamento em zonas críticas, nomeadamente, junto a pontes, aquedutos e outros estrangulamentos do escoamento	Regional; Autárquico
	Melhoria dos sistemas de previsão e alerta de situações de cheia e de gestão de emergências	Nacional Regional; Autárquico
	Construção de infra-estruturas de armazenamento para o encaixe dos volumes de cheias e atenuação do caudal de ponta.	Regional; Autárquico
	Desvio dos volumes de cheia de zonas densamente povoadas e inundação controlada de áreas localizadas	Regional; Autárquico
	Deslocação de bens e pessoas das zonas com elevado risco de cheia	Regional; Autárquico
Protecção contra cheias urbanas decorrentes de insuficiências da rede de drenagem pluvial	Desobstrução dos sistemas de escoamento de águas pluviais dos quintais, varandas e a limpeza de bueiros, algerozes e caleiras dos telhados de habitações	Autárquico; cidadãos
	Redução da área de superfícies impermeáveis e inundação controlada de áreas localizadas	Autárquico
	Aumento da capacidade de escoamento de alguns colectores	Autárquico
	Construção de infra-estruturas de armazenamento para o encaixe dos volumes de cheias e atenuação do caudal de ponta.	Regional Autárquico

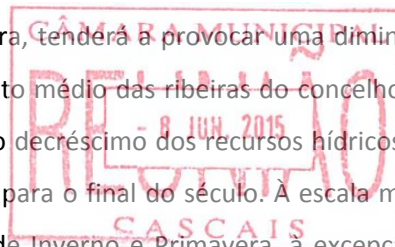
8. Conclusões

De acordo com os cenários estudados, a diminuição da precipitação acompanhada por um aumento da evapotranspiração potencial, devido ao aumento da temperatura, tenderá a provocar uma diminuição da disponibilidade anual de água, nomeadamente do escoamento médio das ribeiras do concelho e da recarga do sistema aquífero de Pisões-Atrozela. À escala anual o decréscimo dos recursos hídricos é da ordem dos 10% a 30% para meados do século e de 20% a 55% para o final do século. À escala mensal verifica-se que esse decréscimo é mais acentuado nos meses de Inverno e Primavera, à excepção do cenário B2 (mais optimista), que aponta para um aumento ligeiro da disponibilidade para o mês de Março.

O sistema de produção da EPAL reforçará o seu papel de principal fornecedor de água do concelho de Cascais uma vez que as captações para abastecimento público com origem própria no concelho terão uma menor capacidade no fornecimento de água. No entanto, o sistema aquífero Pisões-Atrozela poderá continuar a ser uma origem de água importante. A recarga anual média deste sistema aquífero deverá reduzir-se dos actuais 190 mm para valores próximos de 150 mm para o horizonte temporal de 2020-2049 e 100 mm para o horizonte 2070-2099. Estima-se que será possível captar no sistema aquífero Pisões-Atrozela, na área do concelho de Cascais um volume anual da ordem de 1.7 hm³ para meados do século e de 1.2 hm³ para o final do século.

Na albufeira do rio da Mula, os resultados das simulações para meados do século prevêem uma diminuição entre os 20 e 50% para o volume disponível anualmente. Esta diminuição será ainda mais acentuada no final do século, considerando a maioria dos cenários uma diminuição superior a 65% relativamente às disponibilidades actuais. As projecções mensais demonstram existir ainda um intervalo considerável de incerteza para o valor da diminuição, no entanto, a tendência de diminuição é clara em todos os meses, sendo mais acentuada nos meses de Outubro a Dezembro.

Os cenários climáticos disponíveis sugerem uma tendência generalizada de agravamento dos fenómenos extremos e nomeadamente dos eventos pluviosos de curta duração, o que pode indiciar um risco acrescido de cheias. No caso específico de Cascais, a análise dos cenários adoptados neste estudo não permitem confirmar esta tendência. Assim sendo, será necessário aprofundar esta questão mas por uma questão de precaução é prudente manter uma atenção permanente às medidas de controlo do risco de cheias.

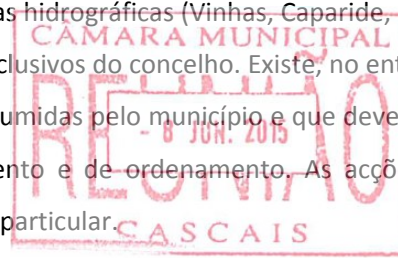


Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

A gestão dos recursos hídricos face às alterações climáticas apresenta, por isso, grandes desafios. A gestão destes recursos terá que ser desenvolvida sempre a uma escala regional, dada a dependência do município de recursos externos e uma vez que as principais bacias hidrográficas (Vinhas, Caparide, Laje e Foz do Guincho) e o sistema aquífero Pisões-Atrozela não são exclusivos do concelho. Existe, no entanto, um vasto conjunto de medidas de adaptação que devem ser assumidas pelo município e que devem ser englobadas em todos os planos estratégicos de desenvolvimento e de ordenamento. As acções no domínio do controlo da procura de água merecem um destaque particular.

Uma área que deve também merecer um maior investimento é a monitorização. A falta de informação relativa ao escoamento nas ribeiras e à piezometria no sistema aquífero de Pisões-Atrozela é um factor que prejudica o conhecimento sobre o regime hidrológico e hidrodinâmico das ribeiras e do sistema aquífero. O desconhecimento do volume extraído e do número real de captações privadas no concelho também limita a capacidade de gestão dos recursos hídricos disponíveis contribuindo para a incerteza nas estimativas realizadas.



9. Referências bibliográficas

AdC (2008). *Relatório anual da Qualidade da Água, Águas de Cascais*.

Almeida, C., Mendonça, J. J., Jesus, M. R., & Gomes, A. J. (2000). *Sistemas aquíferos de Portugal Continental*. Instituto da Água.

Cascais, C. M. (2010). *Evolução da População por Freguesia de 1970 a 2001*. Obtido em 03 Março de 2010 de <http://www.cm-cascais.pt>.

Carvalho, R. (2000). *Sistema aquífero de Pisões-Atrozela*. Tese de Mestrado. FCUL. Lisboa.

Crawford, N. H. e R. K. Linsley. (1966). *Digital Simulation in Hydrology: Stanford Watershed Model IV*. Department of Civil Engineering Technical report 39, Stanford University.

Cunha, L. V.; Oliveira, R. P. e Nunes, V. B. (2002). Water resources. In Santos et al. (2002), *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*. SIAM Project. Gradiva, Lisboa.

Cunha, LV; Ribeiro, L.; Oliveira, R. P. e Nascimento, J. (2006). Recursos Hídricos in: F.D.Santos et. al, 2006, *Climate Change in Portugal: SIAM II: Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Gradiva, Lisboa.

EPAL (2008). *Relatório e Contas de 2008*, EPAL. Lisboa.

ERSAR (2009). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal: 2008 Vol.03: Avaliação da Qualidade do Serviço Prestado aos Utilizadores*. ERSAR, 390 pp.

ESSEMBLES (2010). ensembles-eu.metoffice.com.

INE (2009). *População residente (N.º) por Local de residência, Sexo e Grupo Etário (por ciclos de vida) – Anual*. INE.

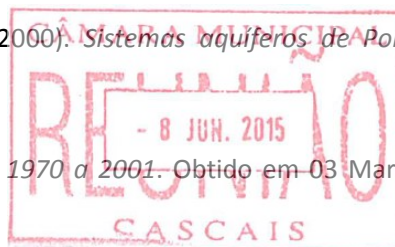
Linsley, R. K. e Crawford N. H. (1960). Computation of a Synthetic Streamflow Record on a Digital Computer. *Int. Association Scientific Hydrology*. Publication 5, pp. 526-538

Lopo Mendonça, J., Oliveira da Silva, M., & Bahir, M. (2004). Considerations concerning the origin of the Estoril (Portugal) Thermal. *Estudios Geológicos*, 60, 153-159.

Morell, I. (2002). *Algunos aspectos ambientales de los campos de golf. IV congreso de Turismo Universidad y Empresa. La diversificación y la desestacionalización del sector turístico*. Valencia: Spain.

POPNSC. (2003). *Plano de Ordenamento do Parque Natural de Sintra-Cascais*. ICN.

Quintela, A. e Coutinho, M. (1983). Inundação de Novembro de 1983 na região de Lisboa. *Conferência no âmbito do Mestrado de Hidráulica e Recursos Hídricos*. Lisboa.



Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

Ramalho, M. M.; Ribeiro M.; Serralheiro, A. e Moitinho de Almeida, F. (1999). Carta geológica de Portugal na escala 1:50 000, Folha 34-C (Cascais) - 4ª Edição. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

Rodriguez Diaz, A., Knox, J. W. e Weatherhead, E. K. (2007). Competing Demands For Irrigation Water: Golf and Agriculture in Spain. *Irrigation and Drainage*, 56 , p 541–549.

SANEST (2009). *Monitorização da Qualidade da Água das Ribeiras da Costa do Estoril*. SANEST.

SANEST (2008). *Perspectivar o Futuro da Gestão das Águas Residuais em Meio Urbano: Sistema de Medição de Caudais Contribuição de Caudais Pluviais*. Obtido em 03 de 2010 <http://www.simtejo.pt>

Sanz Magallón, G. (2005). Una aproximación al valor del agua utilizada en los campos de golf de las comarcas de Levante y Sureste. *Estudios agrosociales y pesqueros*, 99-123.

