



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

IMPACTOS E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA

**Participação do LNEC no Projeto PMAAC-AML (Plano
Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas)
na Componente Águas Subterrâneas – Volume II**

LNEC P2I

Lisboa • maio 2021

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 146/2021 – **DHA/NRE**

Título

IMPACTOS E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA

Participação do LNEC no Projeto PMAAC-AML (Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas) na Componente Águas Subterrâneas – Volume II

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Maria Emília Novo

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 146/2021

Proc. 0605/1102/20383

IMPACTOS E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA

Participação do LNEC no Projeto PMAAC-AML (Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas) na Componente Águas Subterrâneas – Volume II

Resumo

Este relatório apresenta a contribuição do LNEC para o Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas da Área Metropolitana de Lisboa no âmbito dos recursos hídricos subterrâneos. Neste segundo volume são analisadas a exposição aos riscos climáticos, a sensibilidade climática, os impactos das alterações climáticas e a vulnerabilidade dos aquíferos decorrente destas alterações.

Palavras-chave: Alterações climáticas / Adaptação / Águas subterrâneas / Aquíferos

IMPACTS AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE OF THE RESOURCES OF LISBON'S METROPOLITAN REGION

LNEC's contribution to the Project PMAAC-AML (Metropolitan Plan of Adaptation to Climate Change) – Volume II

Abstract

This report presents the contribution of LNEC to the Metropolitan Plan of Adaptation to Climate Change of Lisbon's Metropolitan Area, for the groundwater resources component. This second volume shows the analysis of risk exposure, climate sensibility, climate change impacts and groundwater's vulnerabilities due to these changes.

Keywords: Climate change / Adaptation / Groundwater / Aquifers

Sumário executivo

As alterações climáticas causam impactos nos meios naturais e humanizados que serão mais ou menos graves consoante a exposição ao risco e a vulnerabilidade destes sistemas. A área metropolitana de Lisboa (AML), sendo o pólo de maior concentração populacional e económica, e com um território diversificado, que vai das zonas litorais e de estuário do rio Tejo às zonas de planície interior do concelho da Moita e as zonas de serra como Sintra ou Arrábida, está exposta a efeitos climáticos diferentes, com distintas vulnerabilidades a eventos extremos. As alterações climáticas constituem uma potencial ameaça à segurança de pessoas e bens, funcionamento e sobrevivência dos ecossistemas, à economia, saúde humana e uso e gestão dos recursos hídricos, entre outros aspectos.

O Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas da Área Metropolitana de Lisboa (PMAAC-AML), realizado pelo consórcio liderado por CEDRU, teve a participação do LNEC na análise das questões associadas à energia e recursos hídricos. O PMAAC procurou identificar a exposição e sensibilidade climática, impactos e vulnerabilidades dos diferentes sectores sócio-económicos, recursos hídricos e ecossistemas às alterações climáticas e elaborou um conjunto de medidas de adaptação e conseqüente caminho adaptativo para a sua aplicação até 2100. Os cenários climáticos considerados são os RCP 4.5. e 4.8, considerando os horizontes temporais de 2040, 2070 e 2100, e um cenário de elevação global nível do mar de até 1 m em 2100.

Os dados necessários para esta análise no que concerne aos recursos hídricos, provêm do Portal do Clima, informação fornecida pelo consórcio, base de dados SNIRH, Projecto BINGO e bibliografia diversa. Neste relatório apresenta-se a componente da análise realizada pelo LNEC para os recursos hídricos subterrâneos.

Neste relatório e após uma breve introdução (Capítulo 1), apresenta-se a exposição aos riscos climáticos actuais e futuros (Capítulo 2). No Capítulo 3 faz-se a análise de sensibilidade climática, apresentando-se por concelhos as matrizes de avaliação desta sensibilidade. No Capítulo 4 analisam-se os impactos actuais e futuros das alterações climáticas, apresentando-se as matrizes de relevância dos impactos dos riscos climáticos actuais e a evolução da sua relevância. No Capítulo 5 apresentam-se as vulnerabilidades actuais e futuras para os eventos de seca, subida do nível do mar e modificação das normais climáticas.

Os riscos climáticos mostram uma expectável variação entre concelhos e até mesmo ao nível intra-concelho tanto em termos de exposição como do tipo de risco. Nalguns casos (ex.: risco de seca no concelho de Mafra), o risco pode ser baixo ao passo que noutros (ex.: risco de seca no concelho de Cascais), pode ser baixo na zona norte e médio na zona sul.

No caso dos recursos hídricos, a sensibilidade climática não só varia ao longo do território mas é distinta em função da profundidade, dimensão e natureza dos sistemas aquíferos.

A análise dos impactos, variáveis entre concelhos, centrou-se nos eventos extremos. No entanto, dada a grande inércia dos sistemas aquíferos – com a eventual excepção do aquífero cársico Pisões-Atrozela – esta análise não é a mais adequada para avaliação de impactos nos aquíferos. Acresce ainda que,

para os aquíferos, os impactos de um mesmo evento climático dependem também da profundidade a que estes se situam, grau de confinamento, funcionamento hidráulico e dimensão. Deste modo, a análise proposta procura incluir estes aspectos específicos dos aquíferos com os eventos climáticos considerados no PMAAC.

Globalmente pode considerar-se que, embora haja áreas significativas da Área Metropolitana de Lisboa que, dependendo do factor climático em questão, podem ter baixas vulnerabilidades às alterações climáticas, existem contudo zonas de vulnerabilidade elevada, como por exemplo zonas costeiras onde já ocorre intrusão salina. Especificamente no que concerne aos sistemas aquíferos, embora o sistema Tejo/Sado – Margem Esquerda seja no seu cômputo global muito resiliente, apresenta áreas vulneráveis como por exemplo zonas localizadas onde ocorre sobre-exploração. O sistema aquífero Pisões-Atrozela, devido à sua pequena dimensão, natureza cársica e grande compartimentação, apresentam vulnerabilidade elevada aos eventos de seca e à alteração das normais climáticas de precipitação/temperatura. Em situação similar encontram-se as pequenas unidades produtivas das Orlas Ocidentais do Tejo, Sado e Ribeiras do Oeste. Considerando o conjunto de stressores climáticos directos (ex.: variação da precipitação média anual) e indirectos (ex.: subida do nível do mar), do ponto de vista do aquífero, a margem sul do Tejo é algo resiliente às alterações climáticas mas a margem norte é muito vulnerável.

Já quando se analisa a questão do ponto de vista do abastecimento, a situação de vulnerabilidade encontra-se invertida porque na margem norte os consumos são abastecidos essencialmente por origens externas aos concelhos e estas origens são razoavelmente resilientes às alterações climáticas; na margem sul, porque o abastecimento depende exclusivamente dos aquíferos, a resiliência aos eventos de seca ou à alteração das normais climáticas associadas à recarga de aquíferos (precipitação, temperatura, humidade atmosférica, etc.) dos abastecimentos realizados a partir do aquífero superficial ou em zonas de sobre-exploração pode ser afectada. Para os abastecimentos a partir do aquífero profundo admite-se uma resiliência elevada, enquanto que para os abastecimentos a partir do aquífero intermédio, esta resiliência pode ser afectada em zonas costeiras onde haja intrusão salina no aquífero superficial e ligação hidráulica entre este e o intermédio por via de sobre-exploração deste último. Para a subida do nível do mar, a margem norte do Tejo será pouco vulnerável dado a sua zona litoral ter uma reduzida exploração de água; na margem sul esta vulnerabilidade será elevada nas zonas de litoral arenoso, em particular nas áreas sobre-exploradas mas nas zonas de arriba a vulnerabilidade tende a ser baixa, por razões similares às da margem norte do Tejo.

Índice

1	Introdução	1
2	Exposição aos riscos climáticos dos recursos hídricos subterrâneos da Área Metropolitana de Lisboa	2
2.1	Exposição aos riscos climáticos na Área Metropolitana de Lisboa (AML)	2
2.2	Exposição aos riscos climáticos por concelho da Área Metropolitana de Lisboa (AML) ..	11
2.2.1	Alcochete	11
2.2.2	Almada	14
2.2.3	Amadora	17
2.2.4	Barreiro	18
2.2.5	Cascais	20
2.2.6	Lisboa	23
2.2.7	Loures	25
2.2.8	Mafra	28
2.2.9	Moita	31
2.2.10	Montijo	33
2.2.11	Odivelas	35
2.2.12	Oeiras	36
2.2.13	Palmela	39
2.2.14	Seixal	40
2.2.15	Sesimbra	42
2.2.16	Setúbal	45
2.2.17	Sintra	50
2.2.18	Vila Franca de Xira	53
3	Sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos da Área Metropolitana de Lisboa ..	56
3.1	Condicionantes da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos	56
3.2	Indicadores propostos para identificação da sensibilidade climática das águas subterrâneas da AML	59
3.2.1	Indicador de alteração da recarga/níveis piezométricos	59
3.2.2	Indicador de alteração da salinidade/teor de cloretos em zonas litorais	61
3.3	Sensibilidade climática actual à escala da Área Metropolitana de Lisboa	66
3.4	Análise de sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos por concelho da AML	71
3.4.1	Alcochete	71
3.4.2	Almada	72
3.4.3	Amadora	74
3.4.4	Barreiro	76
3.4.5	Cascais	77
3.4.6	Lisboa	79
3.4.7	Loures	80
3.4.8	Mafra	82
3.4.9	Moita	83
3.4.10	Montijo	85
3.4.11	Odivelas	86
3.4.12	Oeiras	88
3.4.13	Palmela	89
3.4.14	Seixal	91

3.4.15	Sesimbra	92
3.4.16	Setúbal	93
3.4.17	Sintra	95
3.4.18	Vila Franca de Xira	97
4	Impactos das alterações climáticas sobre os recursos hídricos	99
4.1	Introdução	99
4.2	Impactos actuais	101
4.3	Impactos futuros	102
4.4	Impactos futuros por concelho da Área Metropolitana de Lisboa (AML)	106
4.4.1	Alcochete	106
4.4.2	Almada	107
4.4.3	Amadora	109
4.4.4	Barreiro	110
4.4.5	Cascais	111
4.4.6	Lisboa	113
4.4.7	Loures	114
4.4.8	Mafra	115
4.4.9	Moita	117
4.4.10	Montijo	118
4.4.11	Odivelas	119
4.4.12	Oeiras	120
4.4.13	Palmela	122
4.4.14	Seixal	123
4.4.15	Sesimbra	125
4.4.16	Setúbal	126
4.4.17	Sintra	128
4.4.18	Vila Franca de Xira	129
5	Vulnerabilidades actuais e futuras dos recursos hídricos subterrâneos na AML	132
6	Considerações finais	138
	Referências bibliográficas	140
	ANEXO Vulnerabilidade territorial actual e futura às secas na Área Metropolitana de Lisboa	145

Índice de figuras

Figura 2.1 – Regiões da AML actualmente expostas a cheias e inundações	5
Figura 2.2 – Evolução futura do risco de inundação estuarina	6
Figura 2.3 – Perigo actual de galgamento / erosão em litoral arenoso e litoral rochoso	7
Figura 2.4 – Identificação dos concelhos afectados pelo risco futuro de erosão e recuo de arribas em litoral rochoso.....	8
Figura 2.5 – Risco futuro de galgamento/erosão costeira em litoral arenoso.....	9
Figura 2.6 – Risco actual de seca meteorológica	10
Figura 2.7 – Risco futuro de seca meteorológica.....	10
Figura 2.8 – Risco de cheias e inundações actual em Alcochete.....	12
Figura 2.9 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Alcochete	12
Figura 2.10 – Risco actual de seca em Alcochete	13
Figura 2.11 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Alcochete	13
Figura 2.12 – Risco de cheias e inundações actual em Almada	14
Figura 2.13 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Almada	15
Figura 2.14 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Almada	15
Figura 2.15 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Almada.....	16
Figura 2.16 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Almada	16
Figura 2.17 – Risco actual de seca em Almada.....	17
Figura 2.18 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Almada.....	17
Figura 2.19 – Risco actual de seca na Amadora	18
Figura 2.20 – Risco futuro de seca (por freguesias) na Amadora	18
Figura 2.21 – Risco de cheias e inundações actual no Barreiro.....	19
Figura 2.22 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) no Barreiro	19
Figura 2.23 – Risco actual de seca no Barreiro	20
Figura 2.24 – Risco futuro de seca (por freguesias) no Barreiro	20
Figura 2.25 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Cascais.....	21
Figura 2.26 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Cascais	21
Figura 2.27 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Cascais	22
Figura 2.28 – Risco actual de seca em Cascais	22
Figura 2.29 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Cascais	23
Figura 2.30 – Anomalias de precipitação projectadas para 2100 para o concelho de Lisboa	24
Figura 2.31 – Risco de cheias e inundações actual em Lisboa.....	24
Figura 2.32 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Lisboa.....	24
Figura 2.33 – Risco actual de seca em Lisboa	25
Figura 2.34 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Lisboa	25
Figura 2.35 – Risco de cheias e inundações actual em Loures	26
Figura 2.36 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Loures	27
Figura 2.37 – Risco actual de seca em Loures	27
Figura 2.38 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Loures	28
Figura 2.39 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Mafra	29
Figura 2.40 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Mafra	29
Figura 2.41 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Mafra	30
Figura 2.42 – Risco actual de seca em Mafra.....	30

Figura 2.43 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Mafra	31
Figura 2.44 – Risco de cheias e inundações actual na Moita	31
Figura 2.45 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) na Moita	32
Figura 2.46 – Risco actual de seca na Moita	32
Figura 2.47 – Risco futuro de seca (por freguesias) na Moita	33
Figura 2.48 – Risco de cheias e inundações actual no Montijo	33
Figura 2.49 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) no Montijo	34
Figura 2.50 – Risco actual de seca no Montijo	34
Figura 2.51 – Risco futuro de seca (por freguesias) no Montijo	35
Figura 2.52 – Risco actual de seca em Odivelas	36
Figura 2.53 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Odivelas	36
Figura 2.54 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Oeiras	37
Figura 2.55 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Oeiras	37
Figura 2.56 – Risco actual de seca em Oeiras	38
Figura 2.57 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Oeiras	38
Figura 2.58 – Risco actual de seca em Palmela	39
Figura 2.59 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Palmela	40
Figura 2.60 – Risco de cheias e inundações actual no Seixal	41
Figura 2.61 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) no Seixal	41
Figura 2.62 – Risco actual de seca no Seixal	42
Figura 2.63 – Risco futuro de seca (por freguesias) no Seixal	42
Figura 2.64 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Sesimbra	43
Figura 2.65 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Sesimbra	44
Figura 2.66 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Sesimbra	44
Figura 2.67 – Risco actual de seca em Sesimbra	45
Figura 2.68 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Sesimbra	45
Figura 2.69 – Risco de cheias e inundações actual em Setúbal	46
Figura 2.70 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Setúbal	47
Figura 2.71 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Setúbal	47
Figura 2.72 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Setúbal	48
Figura 2.73 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Setúbal	48
Figura 2.74 – Risco actual de seca em Setúbal	49
Figura 2.75 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Setúbal	49
Figura 2.76 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Sintra	50
Figura 2.77 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Sintra	51
Figura 2.78 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Sintra	51
Figura 2.79 – Risco actual de seca em Sintra	52
Figura 2.80 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Sintra	52
Figura 2.81 – Risco de cheias e inundações actual em Vila Franca de Xira	53
Figura 2.82 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Vila Franca de Xira	54
Figura 2.83 – Risco actual de seca em Vila Franca de Xira	54
Figura 2.84 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Vila Franca de Xira	55
Figura 3.1 – Variação do nível piezométrico nos aquíferos na Área Metropolitana de Lisboa	61
Figura 3.2 – Alteração da salinidade/teor de cloretos em zonas litorais dos aquíferos na Área Metropolitana de Lisboa	65

Figura 3.3 – Sensibilidade às secas e variações das médias climáticas da precipitação/temperatura	70
Figura 3.4 – Sensibilidade à intrusão salina.....	70
Figura 4.1 – Variação da recarga para os horizontes temporais de 2049 e 2099 no concelho de Cascais	101
Figura 4.2 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos para os recursos hídricos subterrâneos	105
Figura 4.3 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Alcochete	107
Figura 4.4 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Almada....	108
Figura 4.5 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho da Amadora .	109
Figura 4.6 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Barreiro ...	111
Figura 4.7 – Variação da recarga em cenários de alteração climática a) valores médios anuais, b) valores médios mensais	111
Figura 4.8 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Cascais ...	112
Figura 4.9 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Lisboa	114
Figura 4.10 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Loures...	115
Figura 4.11 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Mafra	116
Figura 4.12 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho da Moita	118
Figura 4.13 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Montijo ..	119
Figura 4.14 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Odivelas	120
Figura 4.15 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Oeiras ...	122
Figura 4.16 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Palmela .	123
Figura 4.17 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Seixal	124
Figura 4.18 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Sesimbra	126
Figura 4.19 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Setúbal..	128
Figura 4.20 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Sintra	129
Figura 4.21 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Vila Franca de Xira.....	131
Figura A.1 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Alcochete	147
Figura A.2 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Alcochete.....	147
Figura A.3 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Almada	147
Figura A.4 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Almada	147
Figura A.5 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho da Amadora.....	148
Figura A.6 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho da Amadora	148
Figura A.7 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho do Barreiro	148
Figura A.8 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho do Barreiro.....	148
Figura A.9 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Cascais	149
Figura A.10 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Cascais.....	149
Figura A.11 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Lisboa.....	149
Figura A.12 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Lisboa	149
Figura A.13 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Loures.....	150
Figura A.14 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Loures.....	150
Figura A.15 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Mafra	150
Figura A.16 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Mafra	150
Figura A.17 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho da Moita	151
Figura A.18 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho da Moita.....	151
Figura A.19 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho do Montijo.....	151
Figura A.20 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho do Montijo	151
Figura A.21 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Odivelas	152

Figura A.22 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Odivelas.....	152
Figura A.23 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Oeiras.....	152
Figura A.24 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Oeiras.....	152
Figura A.25 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Palmela.....	153
Figura A.26 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Palmela.....	153
Figura A.27 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho do Seixal.....	153
Figura A.28 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho do Seixal.....	153
Figura A.29 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Sesimbra.....	154
Figura A.30 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Sesimbra.....	154
Figura A.31 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Setúbal.....	154
Figura A.32 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Setúbal.....	154
Figura A.33 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Sintra.....	155
Figura A.34 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Sintra.....	155
Figura A.35 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Vila Franca de Xira.....	155
Figura A.36 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Vila Franca de Xira.....	155

Índice de quadros

Quadro 3.1 – Variação da recarga e dos níveis médios para os aquíferos da AML abrangidos pelo projecto BINGO, em cenários de alterações climáticas para o horizonte temporal de 2024	60
Quadro 3.2 – Indicador de alteração do nível piezométricos	60
Quadro 3.3 – Indicador de alteração da salinidade/teor de cloretos em zonas litorais em zonas litorais	64
Quadro 3.4 – N.º de pontos de captação subterrânea afectados por intrusão salina e descida dos níveis piezométricos	65
Quadro 3.5 – Área, tipo de aquífero e sua produtividade	67
Quadro 3.6 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Alcochete	72
Quadro 3.7 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Almada	74
Quadro 3.8 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho da Amadora	75
Quadro 3.9 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho do Barreiro	76
Quadro 3.10 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Cascais	78
Quadro 3.11 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Lisboa	79
Quadro 3.12 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Loures	80
Quadro 3.13 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Mafra	82
Quadro 3.14 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho da Moita	84
Quadro 3.15 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho do Montijo	86
Quadro 3.16 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Odivelas	87
Quadro 3.17 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Oeiras	88
Quadro 3.18 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Palmela	90
Quadro 3.19 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho do Seixal	91
Quadro 3.20 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Sesimbra	93
Quadro 3.21 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Setúbal	94
Quadro 3.22 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Sintra	96
Quadro 3.23 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Vila Franca de Xira	98
Quadro 4.1 – Variação da recarga para as 3 realizações climáticas no projecto BINGO	100
Quadro 4.2 – Variação da piezometria para 3 cenários climáticos	100
Quadro 4.3 – Variação da piezometria para diferentes cenários de seca	100
Quadro 4.4 – Impactos das secas extremas nos recursos hídricos subterrâneos	102

Quadro 4.5 – Variação das médias anuais da precipitação e temperatura para os horizontes temporais de 2070 e 2100 nos cenários RCP 4.5. e 8.5.....	103
Quadro 4.6 – Variação do índice SPI na AML para os horizontes temporais de 2070 e 2100 nos cenários RCP 4.5. e 8.5.....	103
Quadro 4.7 – Impactos expectáveis nos recursos hídricos subterrâneos na AML.....	104
Quadro 4.8 – Matriz de avaliação da relevância dos impactos dos riscos climáticos para os recursos hídricos subterrâneos	105
Quadro 4.9 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Alcochete ...	107
Quadro 4.10 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Almada	108
Quadro 4.11 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho da Amadora ..	109
Quadro 4.12 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Barreiro	110
Quadro 4.13 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Cascais	112
Quadro 4.14 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Lisboa	113
Quadro 4.15 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Loures	115
Quadro 4.16 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Mafra.....	116
Quadro 4.17 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho da Moita	117
Quadro 4.18 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Montijo	119
Quadro 4.19 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Odivelas ...	120
Quadro 4.20 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Oeiras	121
Quadro 4.21 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Palmela	123
Quadro 4.22 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Seixal	124
Quadro 4.23 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Sesimbra ..	126
Quadro 4.24 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Setúbal.....	127
Quadro 4.25 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Sintra.....	129
Quadro 4.26 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Vila Franca de Xira.....	131
Quadro 5.1 – Vulnerabilidade dos concelhos aos eventos extremos de seca nos consumos humanos dos concelhos da AML.....	133
Quadro 5.2 – Vulnerabilidade dos sistemas aquíferos às alterações climáticas	136

1 | Introdução

As alterações climáticas afectam o mundo natural e respectivos serviços ambientais, bem como os diferentes sectores sócio-económicos. Por esta razão a União Europeia tem actuado na mitigação e adaptação às alterações climáticas, seja pelo estabelecimento de metas de redução de emissões de gases de efeito de estufa, seja por acções concretas de mitigação e adaptação, de que talvez um dos mecanismos de maior sucesso seja o Covenant of Mayors. Este Convénio, que actualmente já ultrapassou o domínio europeu e se estende por 59 países, reúne 9 664 câmaras municipais representando 326,671,680 de habitantes. Na plataforma criada por este Covenant são divulgadas acções reais e eficazes de adaptação implementadas nos municípios signatários. Lisboa, assim como diversos municípios da Área Metropolitana de Lisboa (AML), são signatários deste Convénio.

Decorrente da aplicação do Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, Portugal desenvolveu a ENAAC - Estratégia Nacional de Adaptação à Alterações Climáticas, a qual enquadra as medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas implementadas e a implementar no território português. Dentro deste enquadramento, o projecto ClimAdaPT – que envolveu 30 municípios, alguns pertencentes à AML (Almada, Barreiro, Cascais, Lisboa, Mafra, Sintra) – estabeleceu Estratégias Municipais de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC) para cada um dos municípios participantes (cf. CM Barreiro, 2016; CM Lisboa, 2016, CM Mafra, 2016). Na sequência destas estratégias, desenvolveu-se o Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas da Área Metropolitana de Lisboa (PMAAC-AML), elaborado pelo consórcio constituído pelo CEDRU (Centro de Estudos de Desenvolvimento Regional e Urbano), IGOT (Instituto de Geografia e Ordenamento do Território), WE CONSULTANTS (MEGALOCI – Plataforma Empresarial e Território), TIS (TIS.pt – Consultores em Transportes Inovação e Sistemas) e ESRI (ESRI Portugal – Sistemas e Informação Geográfica). O LNEC é parte sub-contratada deste consórcio.

O presente relatório descreve a análise da exposição aos riscos climáticos, sensibilidades climáticas, impactos e vulnerabilidades, capacidade adaptativa para a componente dos recursos hídricos subterrâneos e o conjunto de medidas de adaptação para a protecção e aumento da resiliência destes recursos às alterações climáticas.

2 | Exposição aos riscos climáticos dos recursos hídricos subterrâneos da Área Metropolitana de Lisboa

2.1 Exposição aos riscos climáticos na Área Metropolitana de Lisboa (AML)

A exposição aos riscos climáticos na AML é variável em função da localização dos aquíferos e das diferentes regiões dentro dos aquíferos – ex.: zona costeira ou zona interior –, do tipo de risco climático e da distribuição destes riscos no território. No estudo para a AML, os riscos climáticos centraram-se em eventos extremos, mas os recursos hídricos subterrâneos pouco são afectados pela maioria destes eventos, visto que um evento extremo tem em regra um impacto limitado no tempo. Com efeito, são as variações climáticas de longo prazo que causam impactos significativos e permanentes de qualidade e quantidade nestes recursos (ex.: precipitação média para períodos de 30 ou 70 anos).

Para os riscos climáticos analisados por PMAAC-AML (2018b), os recursos hídricos subterrâneos não têm exposição a: (1) Tempestades de vento, (2) Instabilidade de vertentes, (3) Quedas de granizo, (4) Calor excessivo (pois embora possa afectar o volume de água no solo disponível para recarga, dado aumentar a evapotranspiração, os seus impactos, de curta duração, são anulados pelas condições médias de longo prazo). Indirectamente, estes recursos poderão ter alguma exposição a:

- **Incêndios Rurais/Florestais** – podem afectar a curto/médio prazo a qualidade das águas dos níveis aquíferos mais superficiais, assim como a capacidade de infiltração dos solos (e consequentemente a recarga nos primeiros anos após o fogo), mas apenas se os fogos forem intensos o suficiente para cozer os solos e torná-los hidrofóbicos. Contudo a informação sobre estes fenómenos em Portugal no que concerne aos efeitos sobre as águas subterrâneas são muito limitados, podendo-se citar a este propósito o estudo POCI/Fogos (Lobo-Ferreira et al., 2009). O impacto dos fogos tenderá a agravar-se se, por efeito das alterações climáticas, a sua intensidade e frequência aumentar, dificultando a recuperação da permeabilidade dos solos. Neste caso os impactos sobre a recarga poderão tornar-se mais ou menos permanentes.
- **Erosão Hídrica do Solo** – pode localmente afectar a espessura da zona não saturada e deste modo a protecção natural à poluição dos níveis aquíferos mais superficiais, mas a análise destes processos tem sido muito reduzida no que concerne aos potenciais impactos na qualidade das águas subterrâneas. Ao invés dos fogos, que têm um efeito temporário, como a erosão é de carácter permanente, o seu impacto será mais significativo.
- **Cheias e Inundações** – podem afectar a qualidade das águas por infiltração de poluentes arrastados nas cheias e aumentar a recarga mas, tal como no caso da erosão hídrica do solo, e embora haja bibliografia sobre esta temática (ex.: Wang et al., 2015; Sun et al., 2016; Koeniger & Leibundgut, 2000; Ghazavi et al., 2012), não existe conhecimento quanto às eventuais relações entre os eventos de cheias na AML e eventuais alterações na qualidade e

níveis piezométricos nas zonas mais superficiais dos aquíferos (as que serão afectadas por este tipo de eventos extremos).

Os riscos climáticos associados a eventos extremos com maior relevância para os recursos hídricos subterrâneos são:

- Inundações Estuarinas
- Inundações e Galgamentos Oceânicos/Erosão em Litorais Arenosos
- Erosão e Recuo de Arribas
- Seca Meteorológica

Os riscos (1) inundações estuarinas, (2) inundações e galgamentos oceânicos, (3) erosão em litorais arenosos, (4) erosão e recuo de arribas têm relevância sobretudo para prever as áreas afectadas pela futura alteração do nível do mar.

Deve, contudo, mais uma vez ressaltar-se que mais importante do que os eventos extremos, são as alterações das médias climáticas no longo prazo (e a evolução do nível do mar) que interessam à análise da sensibilidade do recurso hídrico subterrâneo às alterações climáticas. Os eventos extremos têm um impacto limitado no tempo embora a alteração da sua intensidade e sobretudo da sua frequência e duração possam conjugar-se para agravar os efeitos devidos às modificações das médias climáticas de longo prazo.

A exposição aos eventos extremos identificados como significativos para os recursos hídricos subterrâneos é distinta em função da localização da ocorrência do evento no sistema aquífero (ex.: as inundações oceânicas apenas afectam a zona litoral dos aquíferos). Acresce ainda que os recursos hídricos subterrâneos não têm apenas uma exposição distribuída horizontalmente, mas também na vertical. Com efeito, estes recursos estão, nos grandes sistemas aquíferos da AML, distribuídos também verticalmente, visto existirem diversos níveis produtivos num mesmo sistema aquífero, mais ou menos separados por unidades semi-permeáveis. O mesmo se verifica quando um sistema aquífero se sobrepõe a outro (ex.: sector do sistema aquífero Aluviões do Tejo que cobre o sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda, na zona do vale do Tejo). Isto significa que as unidades produtivas superficiais de um sistema aquífero podem ser mais sensíveis a um evento extremo (ex.: secas) mas as mais profundas, por efeito da própria estrutura e funcionamento do sistema aquífero, são pouco sensíveis a esse mesmo evento extremo.

A exposição aos eventos extremos acima enunciados encontra-se assim sub-dividida:

- **Exposição horizontal:** refere-se à exposição ao longo da área do sistema aquífero. Os níveis aquíferos mais superficiais tendem a ser os mais afectados. A exposição aos riscos climáticos fica assim distribuída:
 - **Zonas litorais e de estuário** – Inundações Estuarinas, Inundações e Galgamentos Oceânicos, Erosão e Recuo de Arribas. As Inundações Estuarinas e Galgamentos Oceânicos podem temporariamente afectar a qualidade por eventual recarga de água salgada na zona vadosa. Porém, o seu maior significado é o de indicar quais as áreas

que, por via da sua topografia (cotas baixas), estarão mais expostas aos efeitos futuros da subida do nível do mar, em consequência à intrusão salina.

- **Toda a extensão do sistema aquífero** – Seca Meteorológica.
- **Exposição vertical:** refere-se à exposição em função da profundidade de cada nível produtivo dentro do sistema aquífero. A exposição reduz-se progressivamente à medida que os topos dos níveis produtivos se situem a cada vez maior profundidade. Neste caso, alguns destes impactos tornam-se indirectos (ex.: em níveis produtivos profundos, o impacto das secas resulta sobretudo do aumento das extracções para consumos). A exposição aos riscos climáticos fica assim distribuída:
 - **Zonas litorais e de estuário** – no caso da Erosão e Recuo de Arribas e Erosão em Litorais Arenosos, os níveis produtivos acima do nível do mar sofrerão uma redução da sua área (e volume de armazenamento associado) e os níveis abaixo do nível do mar tenderão a sofrer um avanço da intrusão salina, que será controlado pelas características hidrogeológicas locais. No caso das Inundações Estuarinas e Inundações e Galgamentos Oceânicos, apenas os níveis produtivos superficiais têm exposição directa a estes riscos.
 - **Toda a extensão do sistema aquífero** – a Seca Meteorológica pode afectar a totalidade da área do sistema aquífero ou apenas algumas regiões deste, mas a exposição dos diferentes níveis aquíferos é diferente em qualquer das situações. Assim, os níveis produtivos mais superficiais estão directamente expostos a este risco climático, mas esta exposição diminui à medida que níveis produtivos se situam a maior profundidade. No entanto, e se a sua profundidade os protege dos impactos directos das secas (ex.: perda de água por aumento da evapotrans-piração), podem ser sentidos impactos indirectos por aumento das extracções, o que pode inclusive levar a fluxos de níveis aquíferos subjacentes, que poderão causar problemas de qualidade ao nível explorado.

Na AML a distribuição actual dos riscos climáticos – desenvolvida por CEDUR (2018) – é avaliada de modo a obter e a consequente exposição horizontal dos sistemas aquíferos a estes mesmos riscos, sendo seguidamente apresentada.

A área actual de **exposição a cheias** (Figura 2.1) é cerca de 17 mil hectares ($\approx 5,6\%$ da área total da AML). Desta área, uma parte muito significativa corresponde às zonas litorais estuarinas do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda, tanto na bacia do rio Tejo como na do rio Sado. O sistema aquífero Aluviões do Tejo é também afectado por este risco na sua secção de jusante, ao passo que na Margem Norte, a Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo será sobretudo afectada ao longo da bacia do rio Trancão e zona de Loures. O sistema aquífero Pisões-Atrozela é pouco afectado por este risco, o mesmo parecendo verificar-se para a reduzida área do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Direita ocorrente na AML. Considerando a distribuição deste risco nos concelhos na AML (CEDU, 2018b) tem-se assim a seguinte exposição por sistema aquífero:

- **Tejo/Sado – Margem Esquerda** – concelho de Alcochete (31% do território exposto), Moita, Seixal, Setúbal e Barreiro (entre 22% e 8% de território exposto), Almada, Montijo e Palmela (território exposto abaixo dos 4%).
- **Aluviões do Tejo** – concelho de Vila Franca de Xira (exposição territorial superior a 8%).
- **Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo** – concelhos de Lisboa e Loures (com exposições inferiores a 4%).

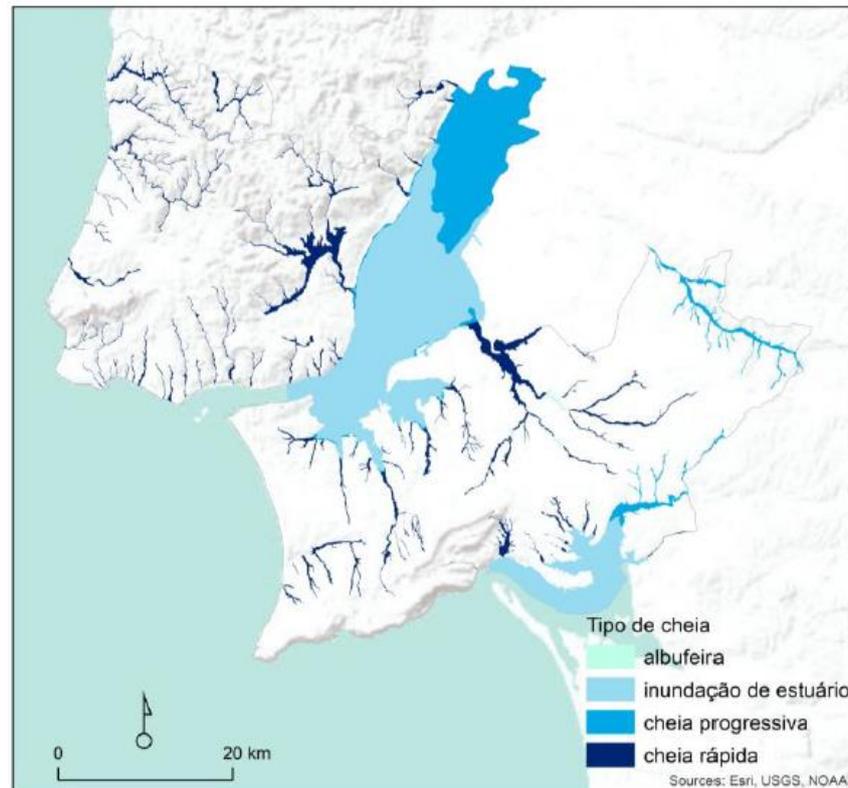


Figura 2.1 – Regiões da AML actualmente expostas a cheias e inundações

Fonte: CEDRU (2018b)

Quanto à exposição aos riscos futuros, apenas a exposição ao **risco de inundação estuarina** (Figura 2.2) se modifica sensivelmente, devido sobretudo à subida do nível do mar, sugerindo um aumento da exposição nos sistemas aquíferos Tejo/Sado – Margem Esquerda e Aluviões do Tejo. Para a Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo, o aumento mais expressivo ocorrerá na zona de Loures e áreas envolventes. A distribuição das zonas mais afectadas (a vermelho na Figura 2.2) por sistema aquífero é a seguinte:

- **Tejo/Sado – Margem Esquerda** – freguesias de Alcochete, Samouco, Gaio-Rosário e Sarilhos Pequenos, Baixa da Banheira e Vale da Amoreira, Barreiro e Lavradio, Seixal, Arrentela e Aldeia de Paio Pires, Montijo e Afonsoeiro, Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra, Sado.
- **Aluviões do Tejo** – freguesia de Vila Franca de Xira.
- **Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo** – freguesias de Vila Franca de Xira, Póvoa de Santa Iria e Forte da Casa, Parque das Nações.

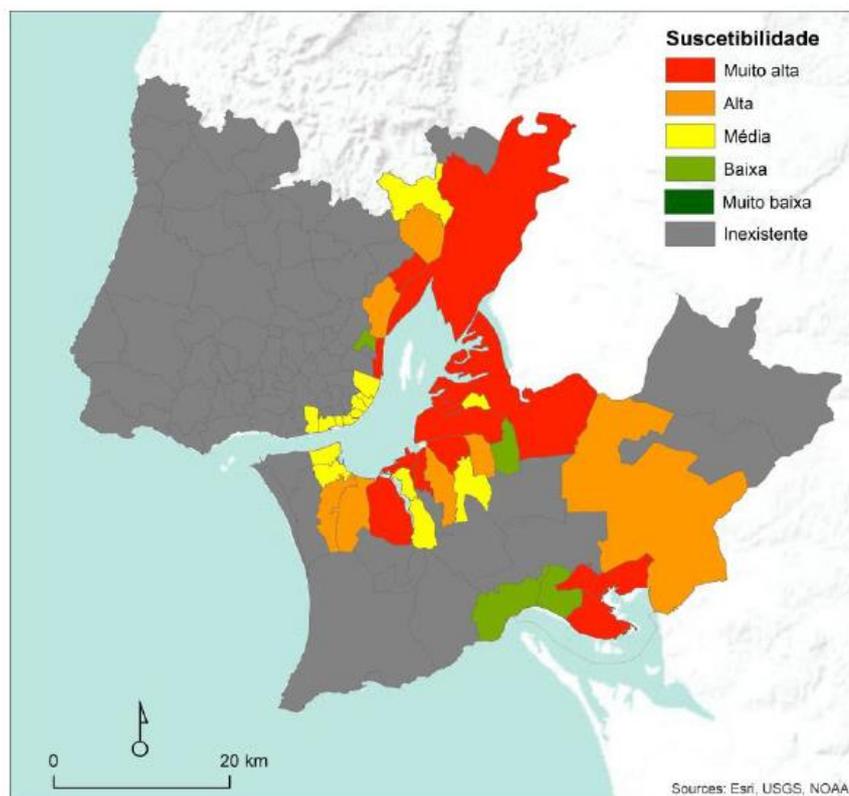


Figura 2.2 – Evolução futura do risco de inundação estuarina

Fonte: CEDRU (2018b)

A exposição aos eventos actuais de **erosão do litoral e recuo das arribas** relacionam-se, ainda que por vezes indirectamente, com a evolução do avanço para o interior do continente da interface água doce/água salgada, isto é, da intrusão salina. As **inundações e galgamentos costeiros**, embora possam afectar muito temporariamente a qualidade da água de recarga nas áreas afectadas, não afectam directamente a intrusão salina, mas são indicadores de zonas sujeitas a submersão pela subida do nível do mar e deste modo ao avanço da intrusão salina. Apresenta-se na Figura 2.3 a distribuição das zonas sujeitas a galgamento costeiro/erosão de litoral arenoso e as zonas de erosão de arribas.

A **erosão de arribas** afecta sobretudo as zonas litorais da Orla Ocidental Indiferenciada das Bacias das Ribeiras do Oeste e da Orla Indiferenciada da Bacia do Sado, assim como a extremidade litoral SW (zona litoral de Cabo Espichel) do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda. Os concelhos mais expostos a este processo são (CEDRU, 2018b): (1) Sesimbra e Sintra, com respectivamente 332 e 158 ha de área afectada, (2) Setúbal (81 ha) e (3) Cascais, Almada e Mafra (entre 60 a 37 ha).

Os **galgamentos e inundações costeiras** afectam as zonas de litoral arenoso, originando erosão significativa e um recuo mais rápido do litoral (favorecendo, portanto, a intrusão salina). As zonas litorais arenosas do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda – de que a região entre Cova do Vapor e Costa da Caparica, é a mais afectada – e da Orla Ocidental Indiferenciada das Bacias das Ribeiras do Oeste são as mais expostas a este risco (CEDRU, 2018b). Os concelhos mais expostos a estes fenómenos são (CEDRU, 2018b): (1) Almada – 193 ha, (2) Cascais e Sesimbra – 12,5 e 11,3 ha

respectivamente, (3) Sintra, Mafra e Setúbal – entre 3,6 e 2 ha. Nos concelhos de Cascais, Sesimbra, Sintra e Mafra, estes fenómenos podem afectar importantes áreas das pequenas praias, indiciando um potencial risco de redução significativa das respectivas áreas por efeito da subida do nível do mar.

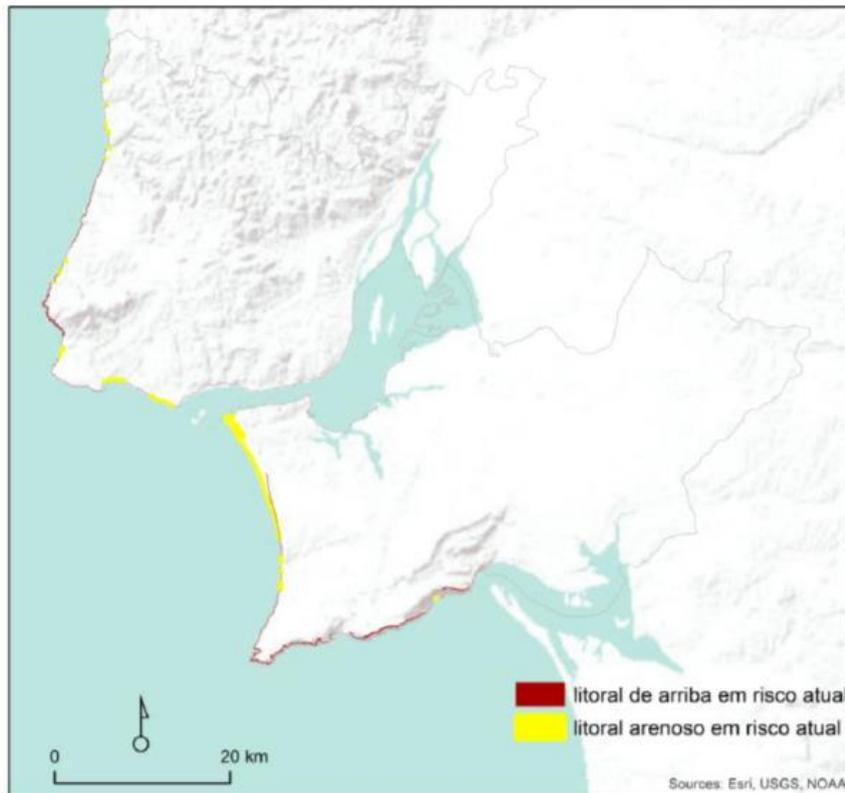


Figura 2.3 – Perigo actual de galgamento / erosão em litoral arenoso e litoral rochoso

Fonte: CEDRU (2018b)

Quanto à exposição aos riscos futuros, a área exposta ao risco de **erosão do litoral e recuo das arribas** (Figura 2.4) sofre um significativo aumento, passando, no conjunto do litoral das Orlas Ocidentais e litoral W e SW do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda dos actuais 710 para quase 2000 hectares. À escala concelhia, o aumento de área afectada é (CEDRU, 2018b): (1) Sesimbra – cerca de 800 ha, (2) Setúbal – 324 ha, (3), Sintra – 316 ha, (4) Cascais, Almada e Mafra – 120 a 74 hectares. Note-se que a Figura 2.4 assinala a área total dos concelhos afectados mas, de facto, a área afectada é somente a zona litoral, à qual se referem os valores acima enunciados.

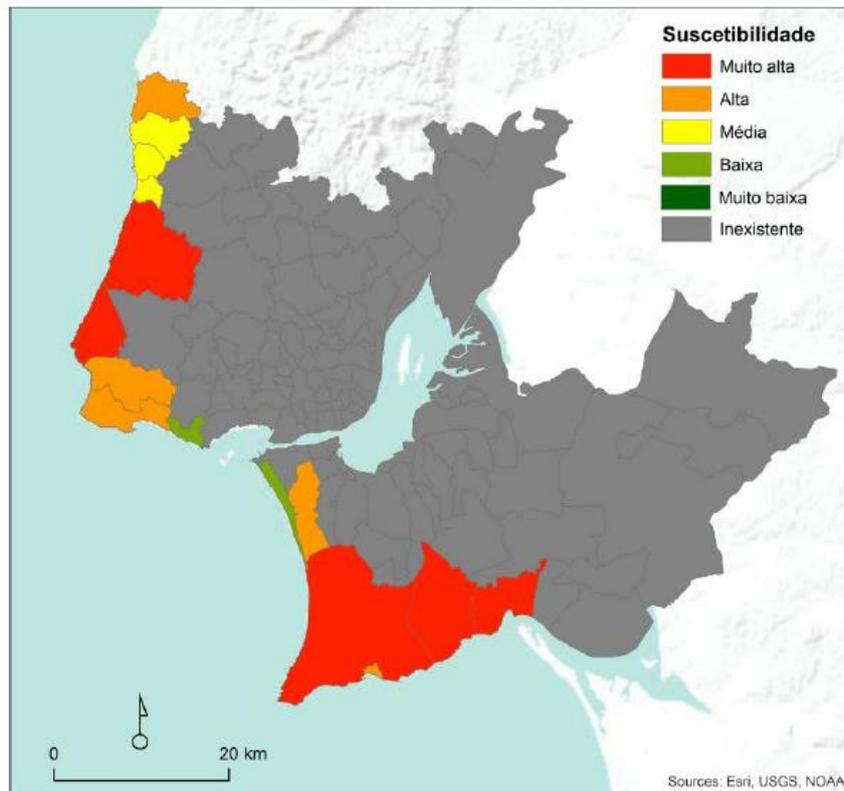


Figura 2.4 – Identificação dos concelhos afectados pelo risco futuro de erosão e recuo de arribas em litoral rochoso

Fonte: CEDRU (2018b)

Para as condições futuras de subida do nível do mar, o aumento da área afectada pelos **galgamentos e erosão costeira** concentrar-se-á nos concelhos de Almada e Sesimbra, afectando respectivamente 540 e 33.9 hectares (CEDRU (2018b; Figura 2.5). Note-se que nesta figura é assinalada a totalidade da área dos concelhos afectados (excepção para o de Almada) embora a área realmente afectada corresponda apenas à faixa litoral.

O aumento da erosão associado a estes eventos na área de Cova do Vapor – Costa da Caparica terá efeitos indirectos na qualidade das águas dos pequenos poços usados na rega das parcelas agrícolas costeiras (especialmente no seu sector norte), ao promover o recuo do litoral e, em consequência, o avanço da intrusão salina. Este problema já parece aliás ocorrer nalguns locais dessa região (cf. Ferreira, 2012).

A exposição actual às **secas meteorológicas** é média na margem sul do Tejo, Ribatejo e zona ribeirinha da Península de Lisboa e litoral desde Lisboa até ao extremo sul da Serra de Sintra (Figura 2.6). Daqui resulta que os sistemas aquíferos Aluviões do Tejo, Tejo/Sado – Margem Esquerda e Orla Indiferenciada da Bacia do Sado são os mais expostos ao risco de seca. A Orla Indiferenciada da Bacia do Tejo tem exposição significativa ao longo das suas bordaduras oriental e sul. O aquífero Pisões-Atrozela, a Orla Ocidental Indiferenciada das Bacias das Ribeiras do Oeste e restante área da Orla Indiferenciada da Bacia do Tejo têm exposição moderada a baixa, dada a sua baixa exposição à seca (Figura 2.6).

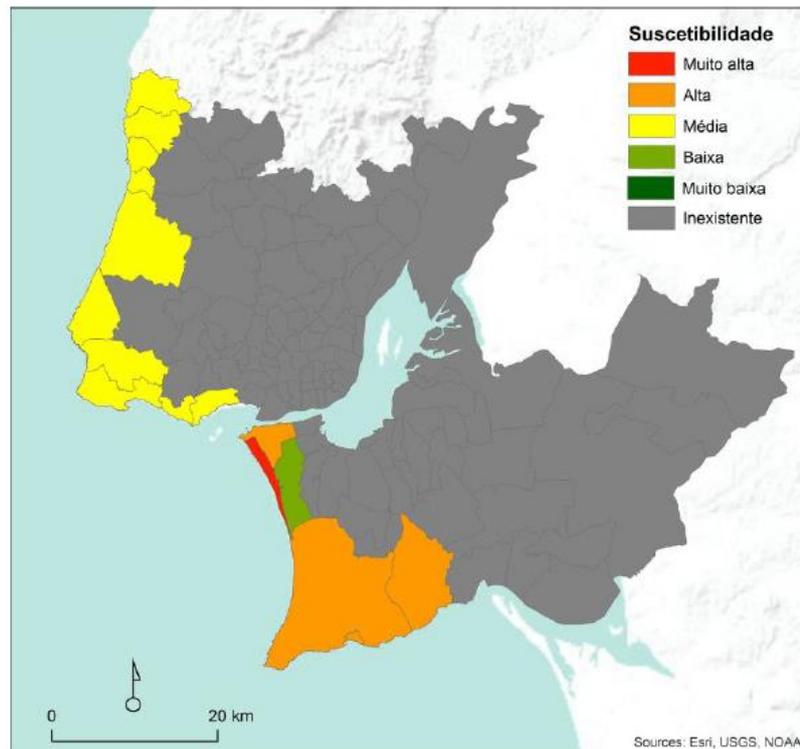


Figura 2.5 – Risco futuro de galgamento/erosão costeira em litoral arenoso

Fonte: CEDRU (2018b)

Relativamente à exposição ao risco futuro de seca, ocorrerá uma significativa redução da área de risco baixo, sendo boa parte da área de risco moderado transformada em risco elevado (Figura 2.7). Isto significa que o sector oriental do Tejo/Sado – Margem Esquerda, todo o sistema aquífero Aluviões do Tejo e Orla Indiferenciada da Bacia do Sado verão aumentar a sua exposição às secas, em particular nos concelhos de Vila Franca de Xira, Alcochete, Montijo, Palmela e Setúbal. Este aumento será especialmente significativo na zona NE da AML, afectando esse sector da Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo e o sector do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Direita (Figura 2.6 vs. Figura 2.7; círculo a vermelho indica a zona de ocorrência deste último sistema aquífero).

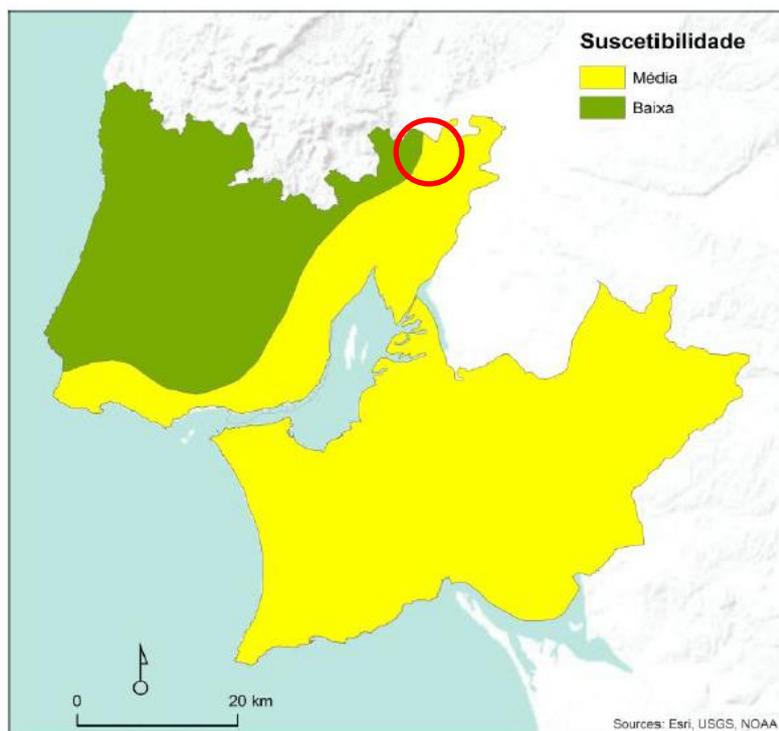


Figura 2.6 – Risco actual de seca meteorológica

Fonte: CEDRU (2018b)

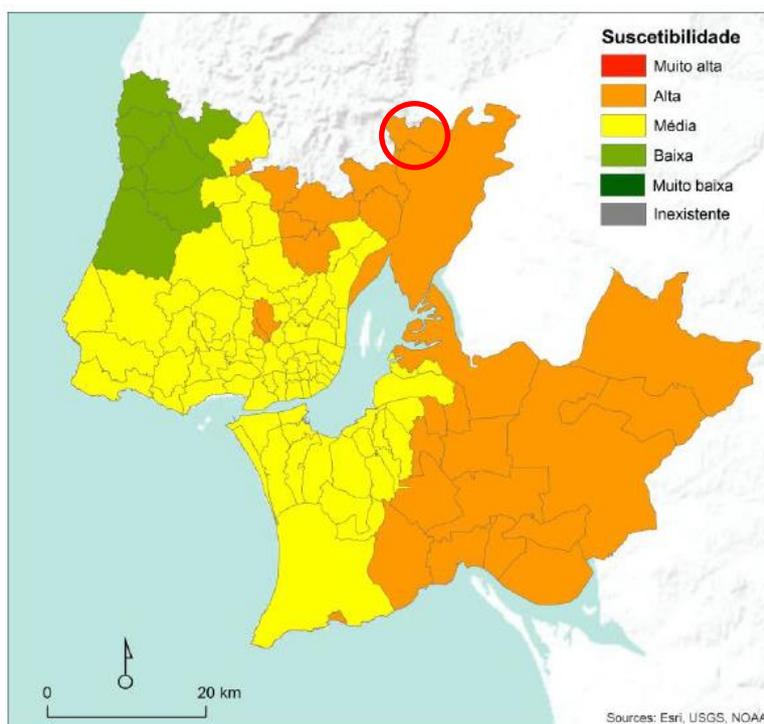


Figura 2.7 – Risco futuro de seca meteorológica

Fonte: CEDRU (2018b)

Para a restante área da AML (margem direita), com a excepção do sector ocidental do concelho de Mafra, e a freguesia S. João das Lampas no concelho de Sintra, a exposição passa de baixa a média ou mesmo elevada. Os concelhos mais afectados são portanto (Figura 2.7): Amadora (toda a região passa de risco baixo a elevado) e Mafra (com várias zonas a passarem de risco baixo a elevado), seguindo-se os concelhos de Cascais, Oeiras, Sintra, Amadora, Odivelas, Loures e Lisboa, com regiões a passarem de risco baixo a risco médio. Desta distribuição futura das áreas de exposição ao risco, resulta que o sistema aquífero Pisões – Atrozela, pela sua natureza cársica e pequena dimensão, e os terrenos pouco a moderadamente produtivos das Orlas Ocidentais Indiferenciadas da Bacia do Tejo e das Bacias das Ribeiras do Oeste ficarão particularmente expostos a este risco.

Este agravamento da exposição ao risco climático – e que ocorre na maior parte da AML – é traduzido por um potencial rebaixamento dos níveis de água por períodos mais alargados de tempo, sobretudo nos aquíferos superficiais, podendo levar à sobre-exploração dos níveis profundos. Espera-se que as unidades mais afectadas, devido à sua baixa capacidade de armazenamento e níveis produtivos descontínuos, sejam as Orlas Ocidentais Indiferenciadas da Bacia do Tejo e das Bacias das Ribeiras do Oeste, assim como o aquífero Pisões-Atrozela, dadas as suas características hidrogeológicas. Nos sistemas aquíferos Aluviões do Tejo e Tejo/Sado – Margem Esquerda, atendendo à sua elevada capacidade de armazenamento, dimensão e possibilidade de transferências laterais de água para áreas piezometricamente mais deprimidas, admite-se que o rebaixamento dos níveis afecte essencialmente os níveis produtivos mais superficiais (e os níveis mais profundos que fiquem sujeitos a sobre-exploração por aumento dos volumes de captação para satisfazer os consumos em tempo de seca).

2.2 Exposição aos riscos climáticos por concelho da Área Metropolitana de Lisboa (AML)

Como cada concelho tem diferentes exposições aos riscos climáticos considerados mais relevantes para os recursos hídricos subterrâneos, apresenta-se a seguir a distribuição desta exposição por concelho (cf. PMAAC-AML, 2018b).

2.2.1 Alcochete

A exposição aos riscos climáticos, actuais e futuros neste concelho, relevantes para os recursos hídricos subterrâneos é apresentada nas Figura 2.8, Figura 2.9, Figura 2.10 e Figura 2.11. A exposição ao risco de cheias estuarinas, elevado na quase totalidade da área do concelho nos cenários climáticos futuros (Figura 2.9), poderá ser algo relevante se a zona costeira for parcialmente submersa pela subida do nível do mar. Nestas condições haverá um avanço da intrusão salina, que poderá afectar os níveis aquíferos superficiais. Na maior parte do concelho há um aumento da exposição ao risco de seca no futuro (Figura 2.10 vs. Figura 2.11) e embora o sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda tenha uma elevada capacidade de armazenamento que o torna bastante resiliente às secas, isto não impede que possam ocorrer rebaixamentos dos níveis de água nos níveis aquíferos mais superficiais, que serão mais acentuados nas secas futuras.

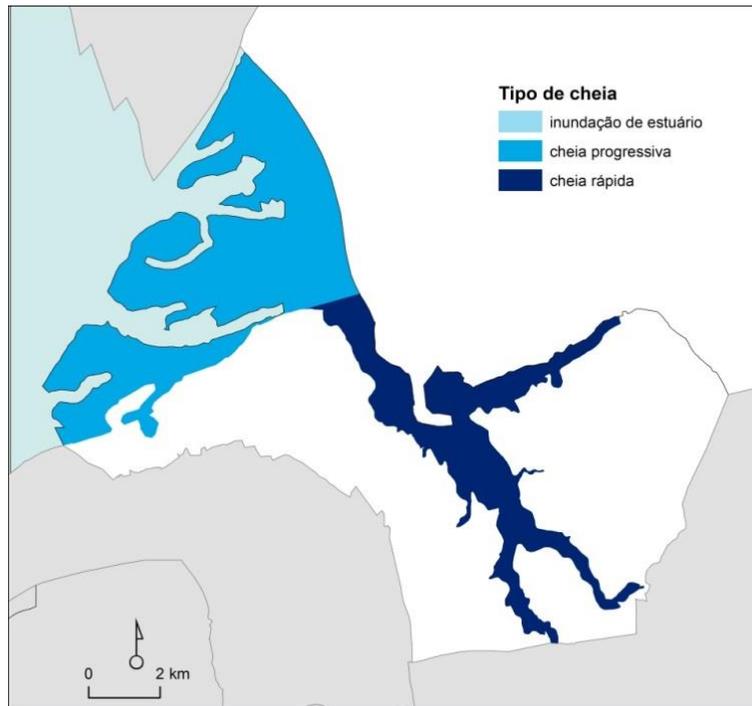


Figura 2.8 – Risco de cheias e inundações actual em Alcochete

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

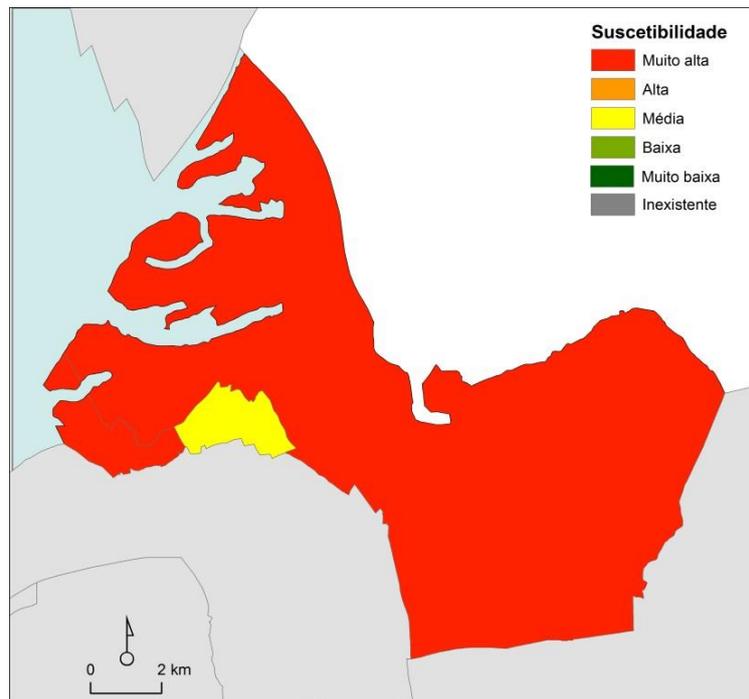


Figura 2.9 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Alcochete

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

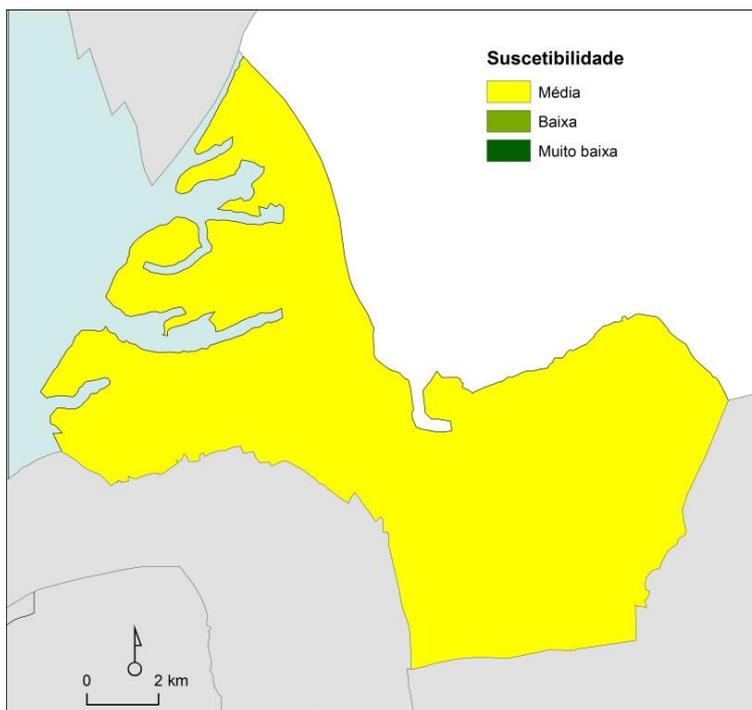


Figura 2.10 – Risco actual de seca em Alcochete

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

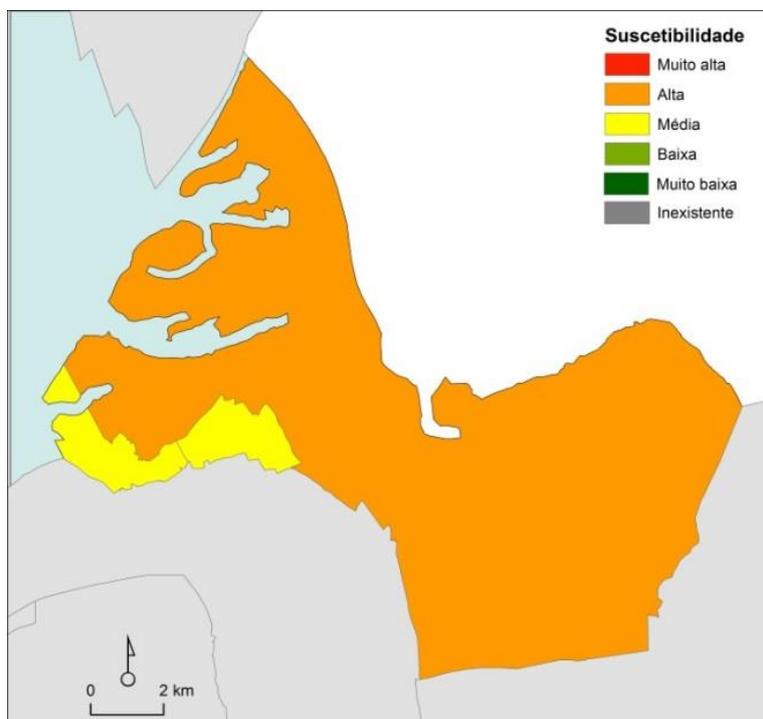


Figura 2.11 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Alcochete

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.2 Almada

A exposição ao risco de inundações estuarinas actuais (Figura 2.12) e futuras (Figura 2.13) ocorre somente na zona oriental do concelho pois esta encontra-se ainda no estuário do Tejo. No litoral ocidental do concelho há exposição ao risco de galgamentos e inundações do litoral de areia e zona da barra do Tejo há exposição ao risco de erosão arribas (Figura 2.14, Figura 2.15 e Figura 2.16). A exposição a estes riscos só terá alguma relevância caso, nomeadamente no litoral de areia, as zonas afectadas por estes processos, sejam parcialmente submersas pela subida do nível do mar. Se tal se verificar, ocorrerá um avanço da intrusão salina que poderá afectar as captações costeiras mais superficiais. A exposição ao risco de seca não parece sofrer alterações significativas no futuro (Figura 2.17, vs. Figura 2.18) pelo que a evolução dos rebaixamentos dos níveis de água nos níveis aquíferos superficiais em situações de seca poderá ser pouco expressiva, tanto mais que o sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda tem uma elevada capacidade de armazenamento, o que o torna resiliente às secas.

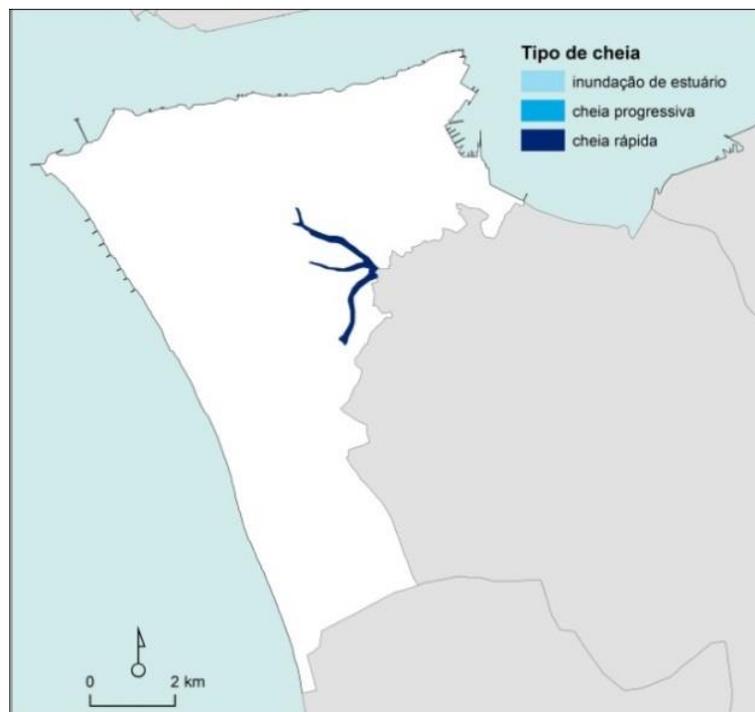


Figura 2.12 – Risco de cheias e inundações actual em Almada

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

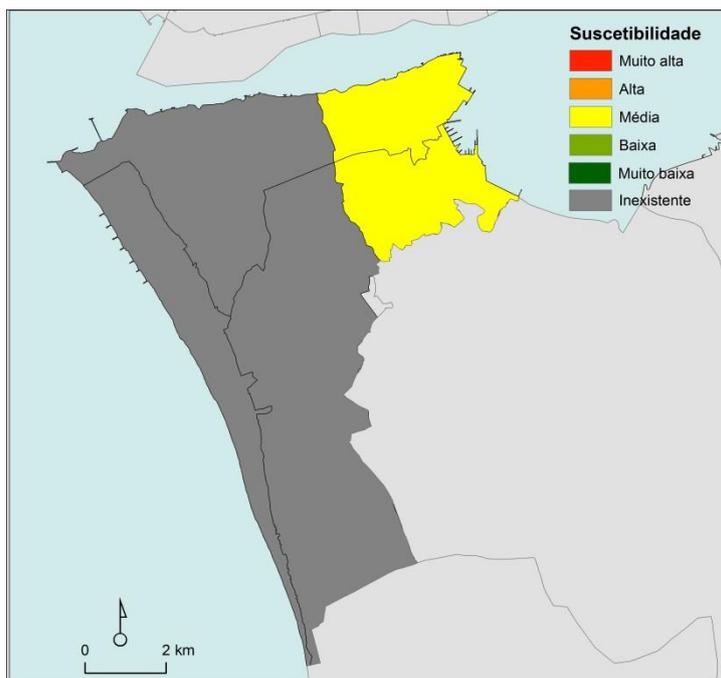


Figura 2.13 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Almada

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

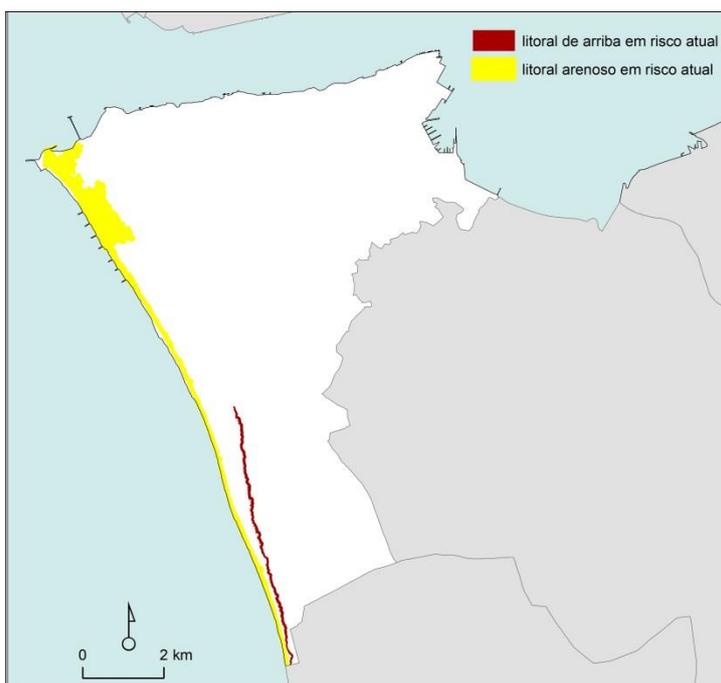


Figura 2.14 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Almada

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

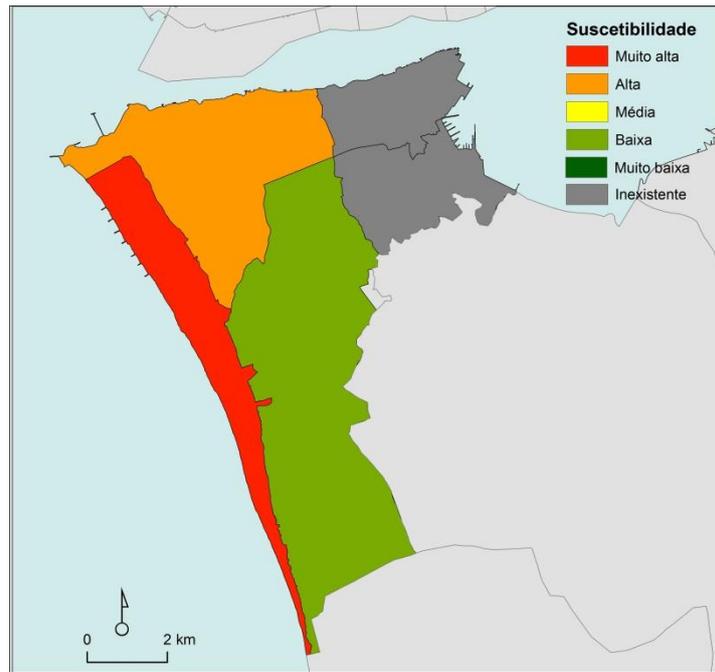


Figura 2.15 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Almada

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

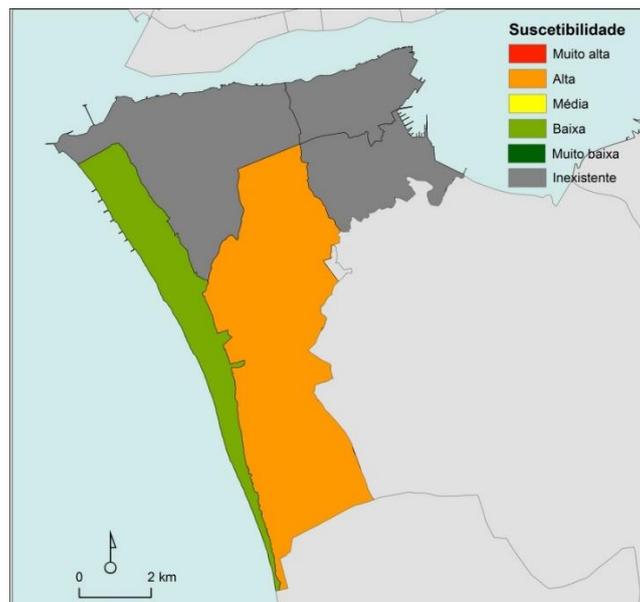


Figura 2.16 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Almada

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

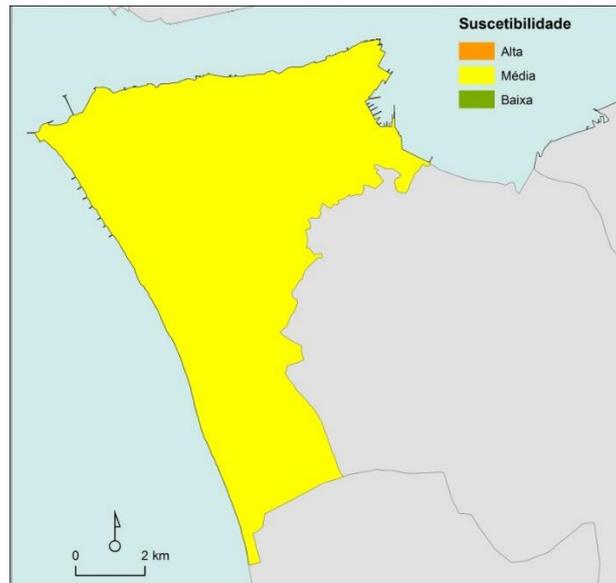


Figura 2.17 – Risco actual de seca em Almada

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

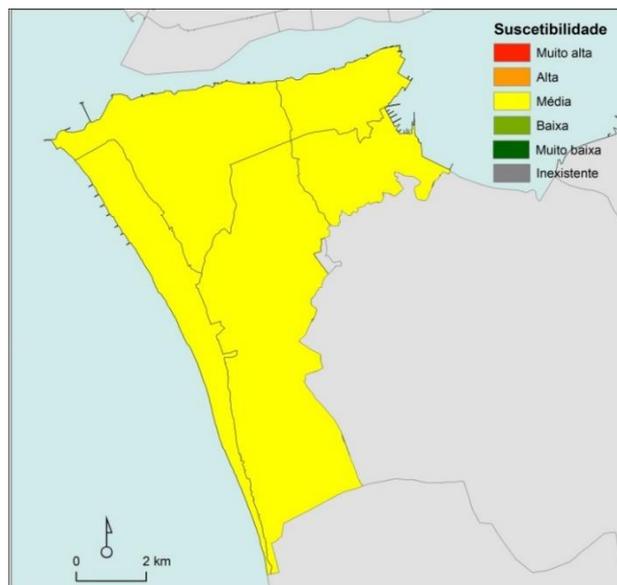


Figura 2.18 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Almada

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.3 Amadora

A exposição ao risco climático de seca neste concelho (Figura 2.19 e Figura 2.20) é o único relevante para os recursos hídricos subterrâneos, dada a reduzida capacidade de armazenamento dos níveis produtivos superficiais e eventual aumento das extracções dos níveis mais profundos em situação de seca. O aumento da exposição às secas no futuro, será traduzido por um aumento destes rebaixamentos, em particular no sector NE do concelho (Figura 2.19 vs. Figura 2.20).

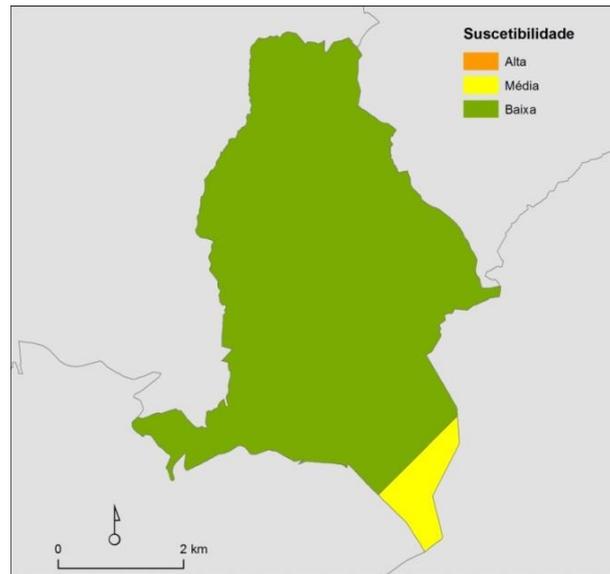


Figura 2.19 – Risco actual de seca na Amadora

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

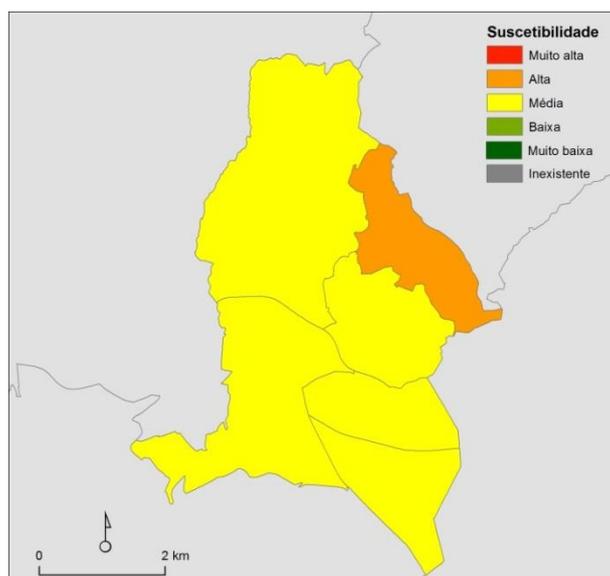


Figura 2.20 – Risco futuro de seca (por freguesias) na Amadora

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.4 Barreiro

A exposição aos riscos climáticos neste concelho, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos, são apresentados nas Figura 2.21, Figura 2.22, Figura 2.23 e Figura 2.24. Visto o litoral do Barreiro se situar na zona do estuário do Tejo, apenas a exposição ao risco das cheias tem relevância (Figura 2.21), a qual tende a aumentar significativamente no futuro, em particular na área directamente virada ao estuário (Figura 2.22). Quanto ao risco de seca, este basicamente não se modifica entre a actualidade e os cenários futuros (Figura 2.23 vs. Figura 2.24), pelo que o rebaixamento dos níveis de água em situação de seca poderá ter evolução pouco significativa.

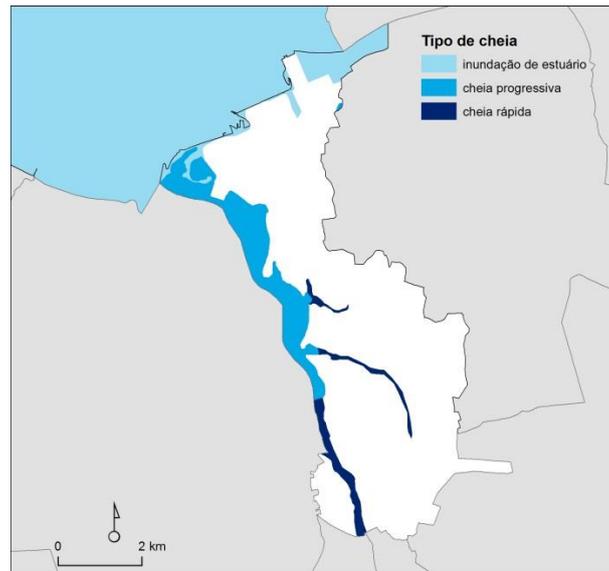


Figura 2.21 – Risco de cheias e inundações actual no Barreiro

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

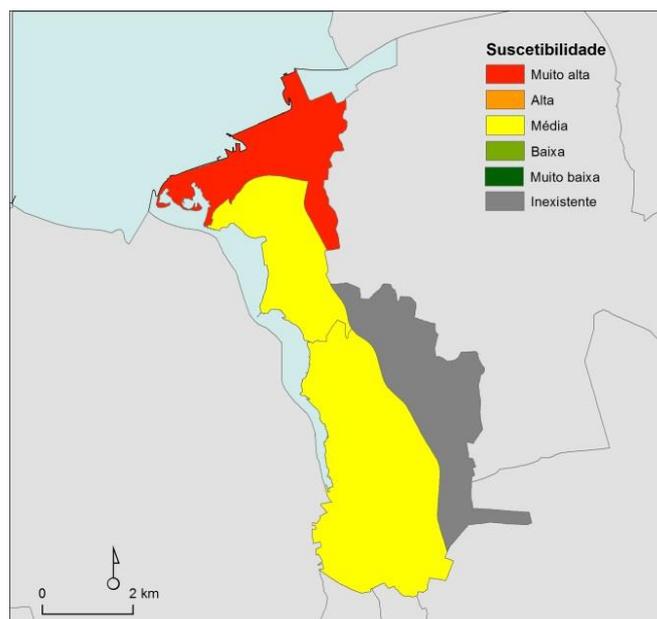


Figura 2.22 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) no Barreiro

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

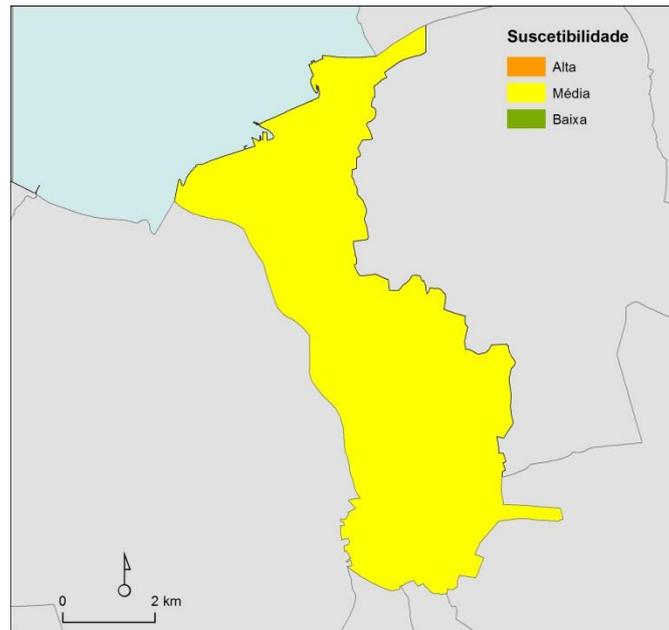


Figura 2.23 – Risco actual de seca no Barreiro

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

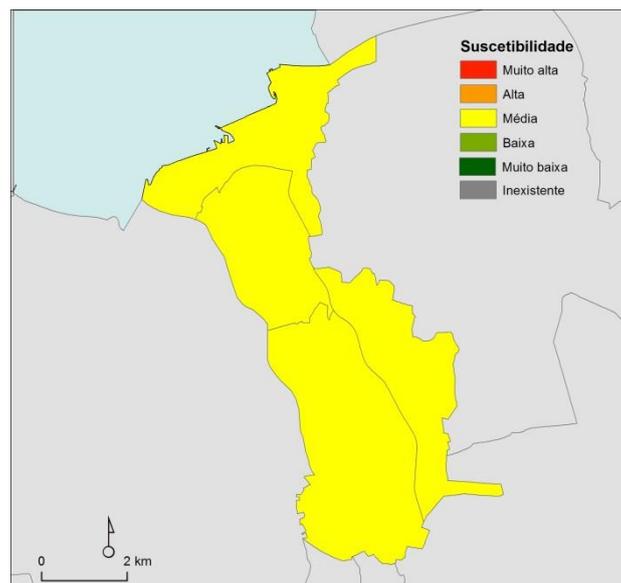


Figura 2.24 – Risco futuro de seca (por freguesias) no Barreiro

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.5 Cascais

A exposição aos riscos com relevância para os recursos hídricos subterrâneos são os de erosão do litoral (Figura 2.25, Figura 2.26 e Figura 2.27) e secas (Figura 2.28 e Figura 2.29). A exposição a estes riscos agrava-se no futuro, o que, no caso das secas poderá ser expressa por rebaixamentos sensíveis dos níveis de água no aquífero Pisões-Atrozela e nos níveis produtivos superficiais dos terrenos das Orlas Ocidentais Indiferenciadas das Bacias do Tejo e das Ribeiras do Oeste.



Figura 2.25 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Cascais

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

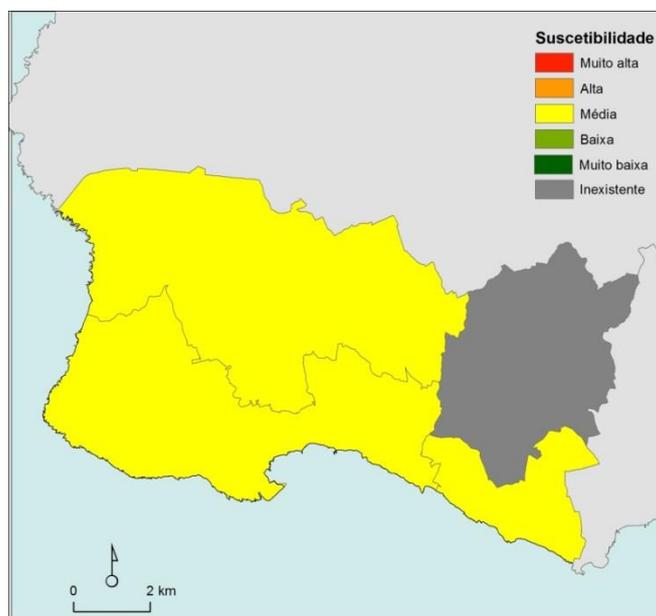


Figura 2.26 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Cascais

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

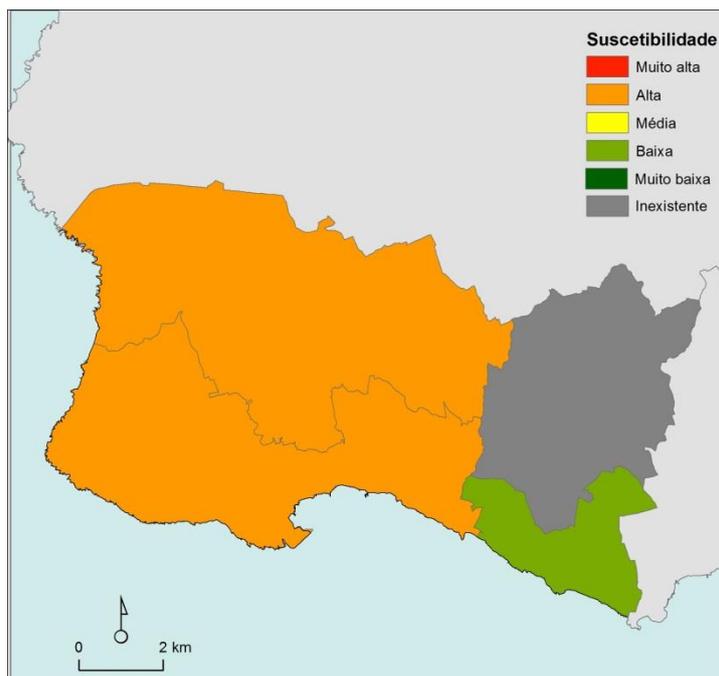


Figura 2.27 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Cascais

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

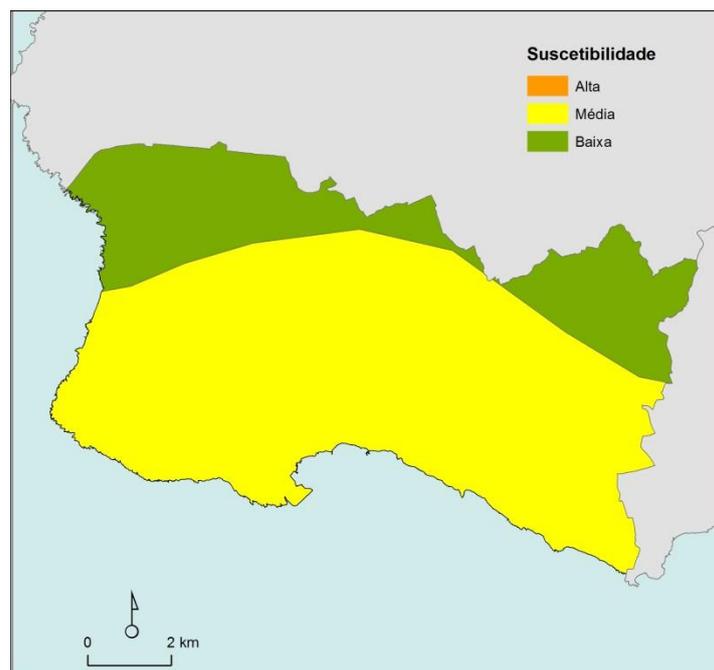


Figura 2.28 – Risco actual de seca em Cascais

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

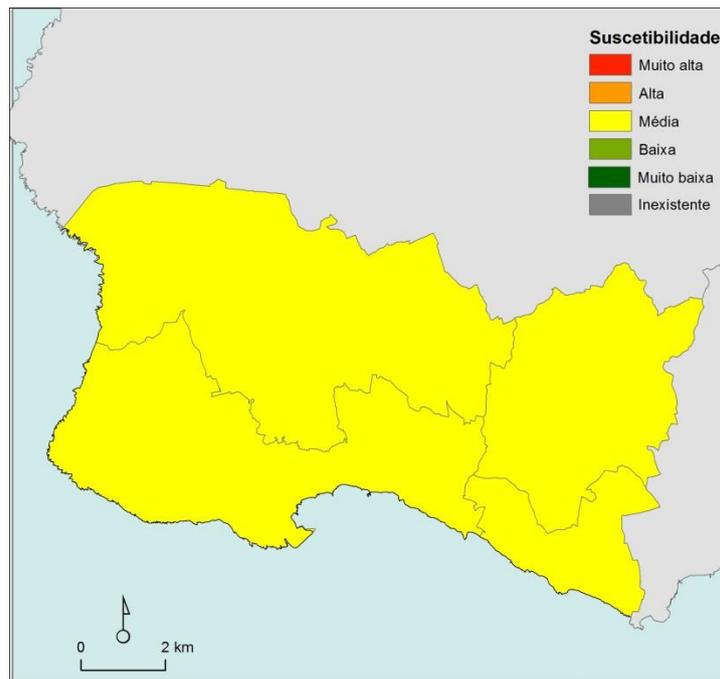


Figura 2.29 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Cascais

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.6 Lisboa

No concelho de Lisboa, e devido à expectável evolução climática (Figura 2.30), os riscos com relevância para os recursos hídricos subterrâneos são as secas e, subsidiariamente, as inundações estuarinas (Figura 2.31, Figura 2.32, Figura 2.34 e Figura 2.34). Contudo, as inundações estuarinas deixam de ter relevância na zona ocidental do concelho, pois esta já não se localiza em área de estuário. Sendo o litoral desde concelho essencialmente edificado, os impactos das inundações estuarinas nos recursos hídricos subterrâneos são pouco relevantes, apesar de um aumento da exposição no futuro. Relativamente às secas o risco futuro não é muito distinto do actual (Figura 2.33 vs. Figura 2.34), pouco impactando as unidades aquíferas dado estas se localizarem sobretudo em profundidade. Quanto aos riscos futuros da alteração da precipitação, o projecto ClimAdaPT.Local determinou, para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, para o ano de 2100 face à normal do período histórico de 1976-2005¹, a variação apresentada na Figura 2.30. Tal variação traduzida em percentagens para (1) Primavera entre -9% e -66% (2) Verão entre 13% a -88%, (3) Outono entre -6% a -50%. E (4) Inverno entre -40 a +6% (CM Lisboa, 2016). Em termos de média anual, projecta-se uma variação da precipitação de -4% a -51%. A alteração da temperatura média anual, de acordo com o mesmo estudo, é estimada entre +1 e +4° C, sendo especialmente relevante no Outono (entre +2 e +5° C).

¹ Para o período histórico o valor médio anual de precipitação é 708 mm/ano.

	Modelo climático	Histórico modelado (1976 - 2005)	Anomalias			
			RCP4.5		RCP8.5	
			2041 - 2070	2071 - 2100	2041 - 2070	2071 - 2100
Precipitação média anual (mm)	1	708	↘ -147	↘ -185	↘ -266	↘ -361
	2		↘ -51	→ -27	↘ -54	↘ -76

Figura 2.30 – Anomalias de precipitação projectadas para 2100 para o concelho de Lisboa

Fonte: CM Lisboa (2016)

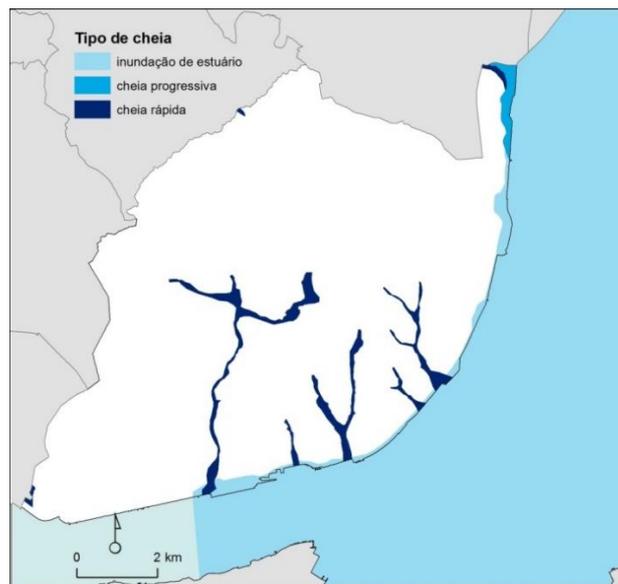


Figura 2.31 – Risco de cheias e inundações actual em Lisboa

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

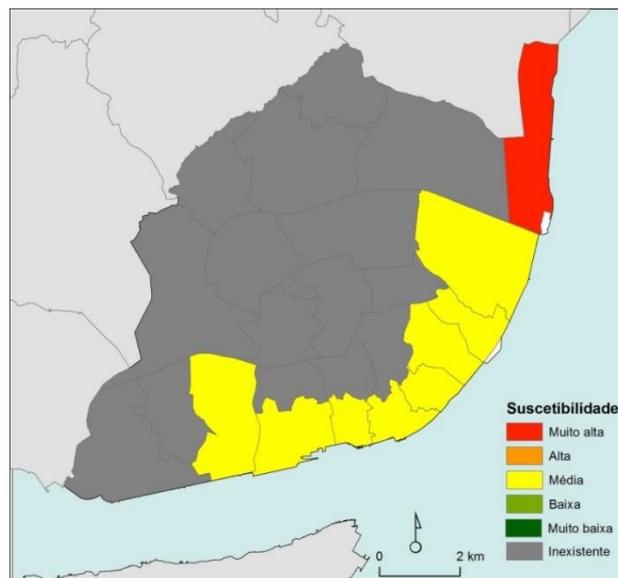


Figura 2.32 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Lisboa

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

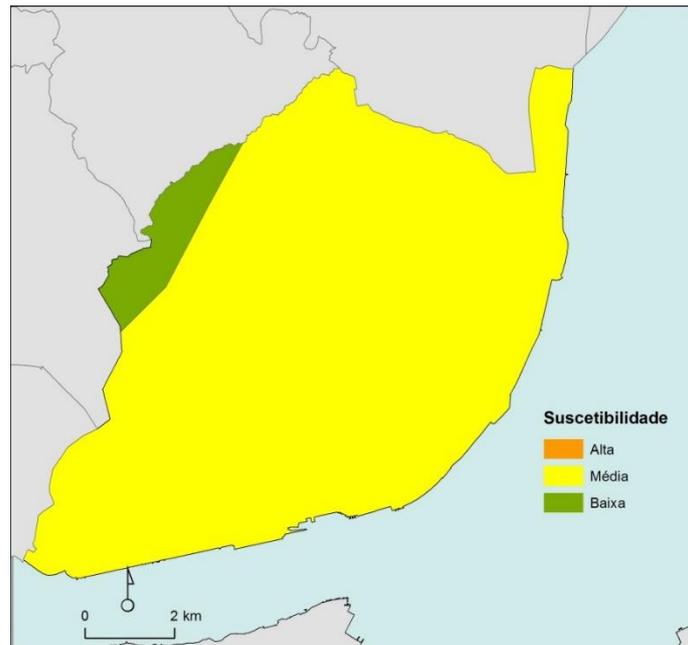


Figura 2.33 – Risco actual de seca em Lisboa

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

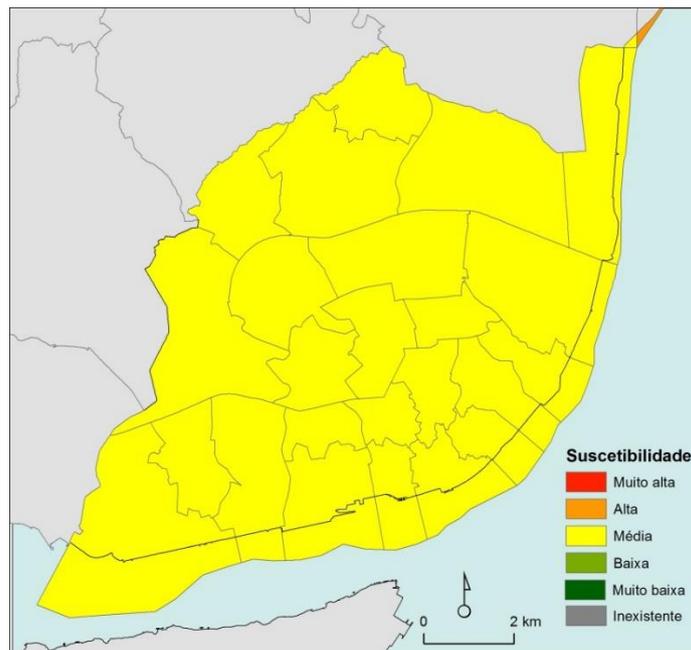


Figura 2.34 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Lisboa

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.7 Loures

No concelho de Loures a exposição aos riscos climáticos, actuais e futuros, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos é apresentada nas Figura 2.35, Figura 2.36, Figura 2.37 e Figura 2.38. As inundações estuarinas terão pouca relevância para os recursos hídricos subterrâneos, mesmo sob o aumento da exposição a este risco no futuro (Figura 2.36), dado que é um litoral de baixa energia e

com significativa ocupação urbana e rede de transportes, limitando em muito a erosão e recuo costeiro. O efeito futuro mais significativo poderá ser a progressiva submersão desta área costeira e consequente avanço da intrusão salina, mas mesmo neste caso será algo limitado dado os níveis aquíferos nesta zona estarem já salinizados². Já a exposição ao risco de seca terá impactos nos níveis produtivos mais superficiais, impactos esses que deverão aumentar significativamente no futuro na zona norte do concelho e, de forma algo mais moderada, na zona ocidental (Figura 2.37 vs. Figura 2.38).

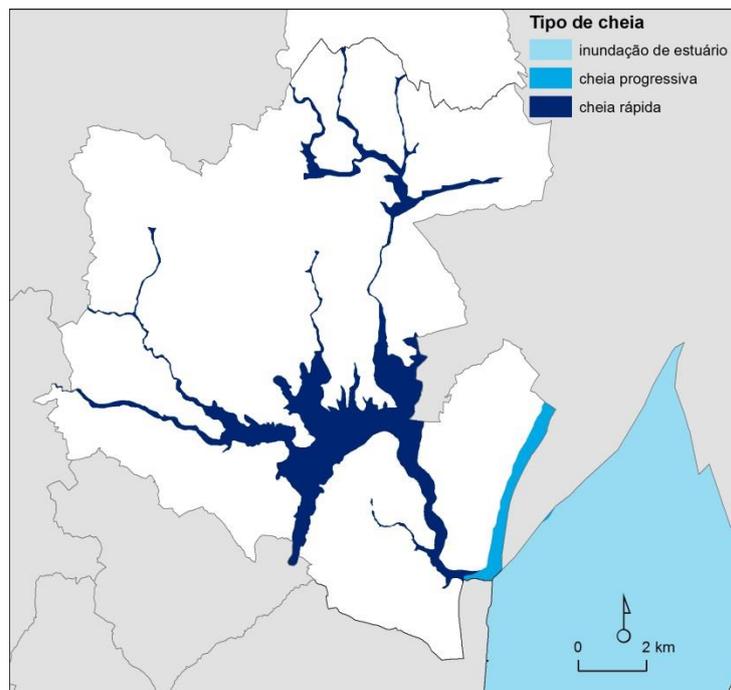


Figura 2.35 – Risco de cheias e inundações actual em Loures

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

² Não existem dados que permitam identificar a origem dessa salinização.

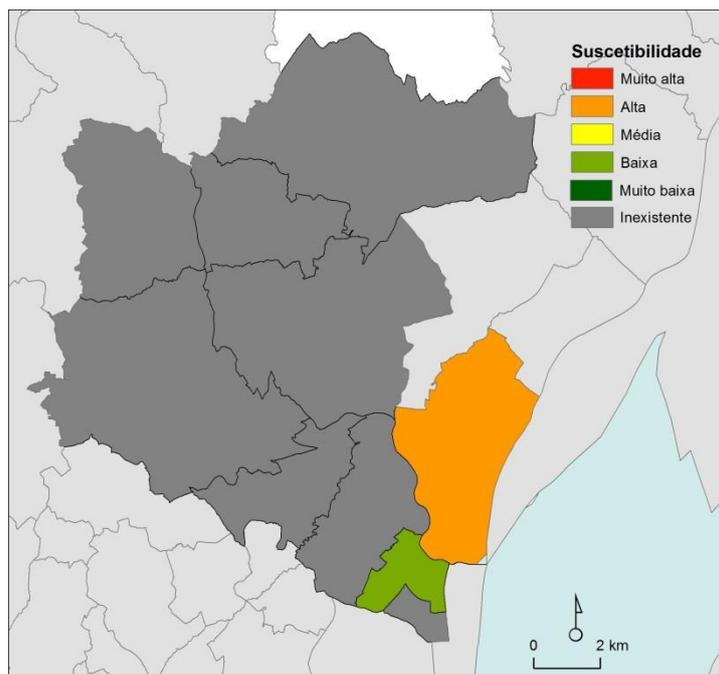


Figura 2.36 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Loures

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

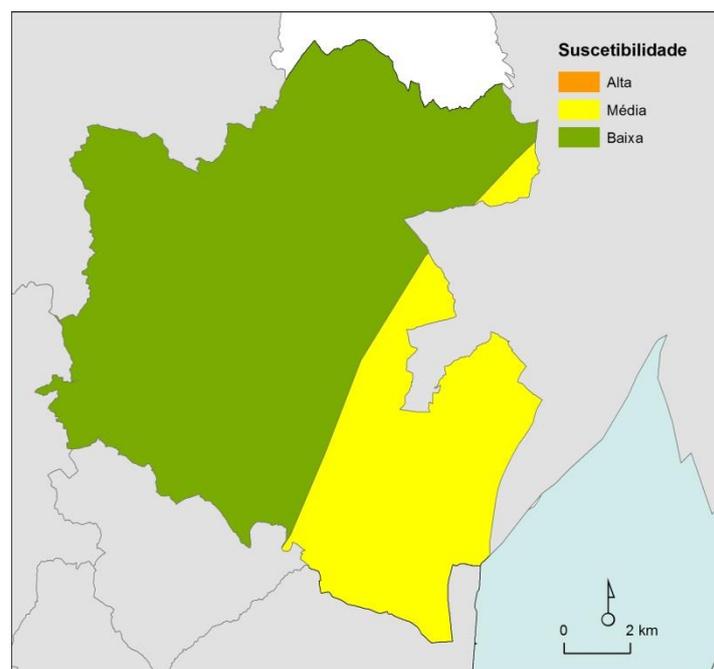


Figura 2.37 – Risco actual de seca em Loures

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

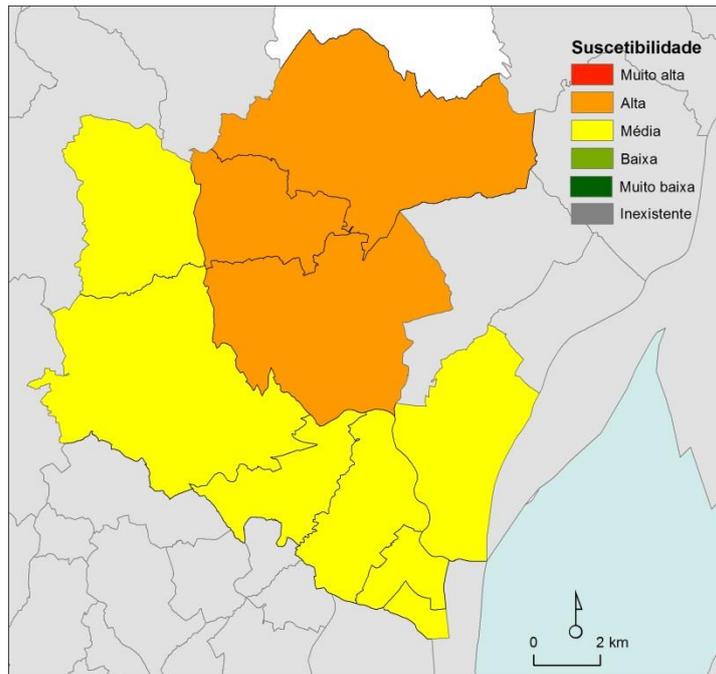


Figura 2.38 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Loures

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.8 Mafra

A exposição aos riscos com relevância para os recursos hídricos para este concelho é apresentada nas Figura 2.39, Figura 2.40, Figura 2.41, Figura 2.42 e Figura 2.43. A exposição aos riscos de inundação e galgamento em litoral arenoso (abreviadamente inundação costeira) e ao risco de erosão e recuo das arribas, parece aumentar no futuro, em particular o recuo de arribas no litoral norte do concelho (Figura 2.39 vs. Figura 2.40 e Figura 2.41). No entanto, nas captações no litoral, tal aumento da exposição deverá ter reduzidos impactos nos eventuais níveis aquíferos costeiros. A zona mais afectada poderá ser a Ericeira, se as áreas expostas às inundações costeiras foram parcialmente submersas pela subida do nível do mar, promovendo o avanço da intrusão salina. No entanto, o conhecimento de pormenor sobre as captações que eventualmente ocorram na região, e, a profundidade a que captam, limita a análise da influência da exposição a estes riscos sobre os recursos hídricos subterrâneos explorados. Por exemplo, se os níveis aquíferos superficiais estarão sujeitos ao avanço da intrusão salina, os níveis aquíferos mais profundos (e provavelmente os mais captados) poderão estar protegidos deste fenómeno, dependendo o grau de protecção das condições hidrogeológicas e taxas de exploração. A exposição ao risco de seca é relevante. Quanto à exposição às secas, verifica-se um aumento no futuro (excepção para o sector ocidental do concelho) que é especialmente relevante na freguesia de Milharado e sector norte da freguesia de Venda do Pinheiro (Figura 2.42 vs. Figura 2.43). Este aumento torna-se especialmente relevante para os níveis aquíferos superficiais, dada a sua geralmente reduzida extensão e fraca capacidade de armazenamento. Os níveis aquíferos mais profundos estarão mais protegidos desta exposição, mas poderão ser indirectamente afectados pelo aumento da exploração nas áreas onde ocorre aumento da exposição, com particular destaque para as regiões que passarão a apresentar exposição elevada.

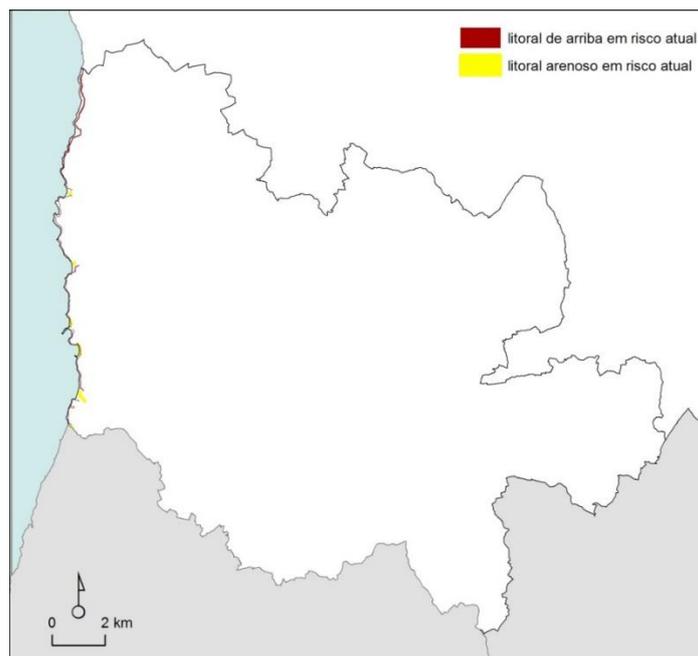


Figura 2.39 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Mafra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

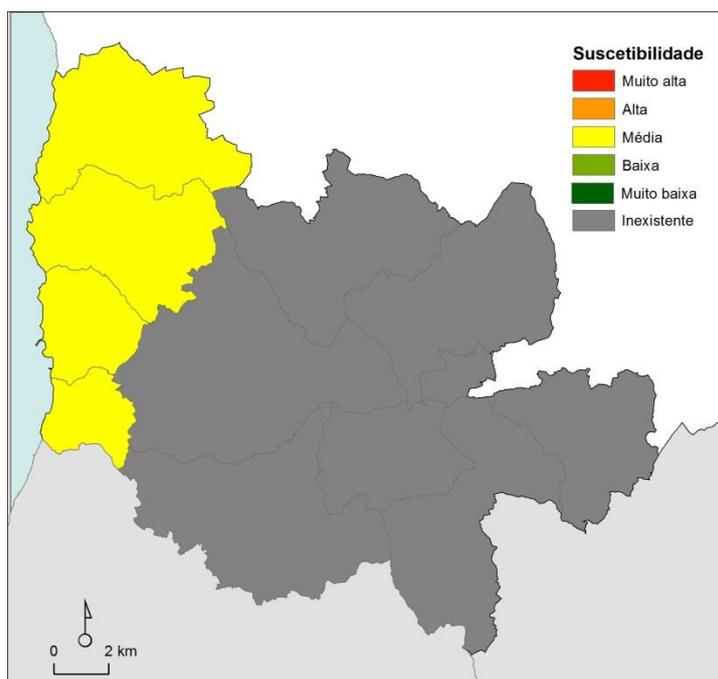


Figura 2.40 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Mafra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

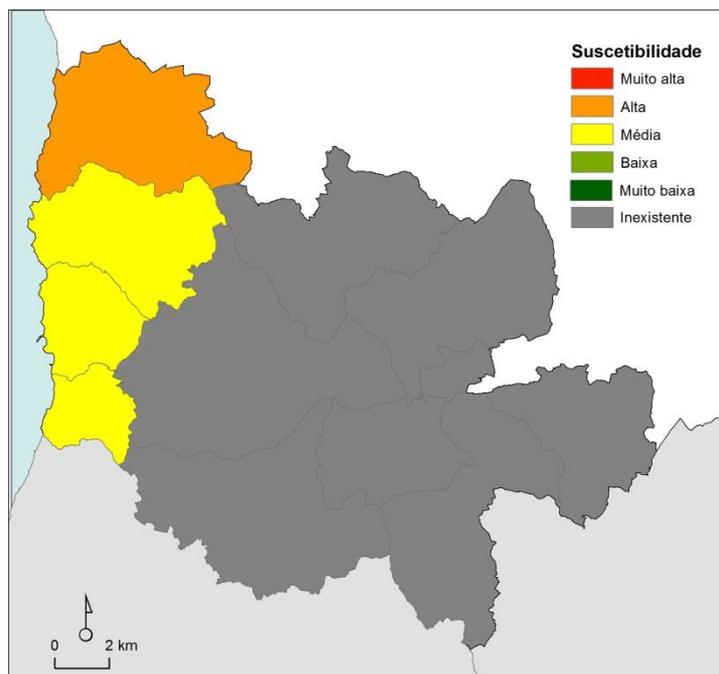


Figura 2.41 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Mafra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

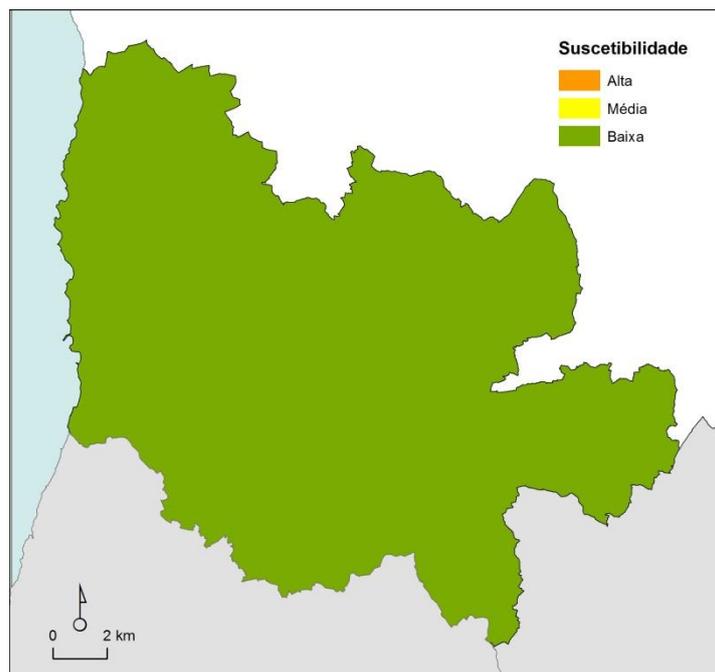


Figura 2.42 – Risco actual de seca em Mafra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

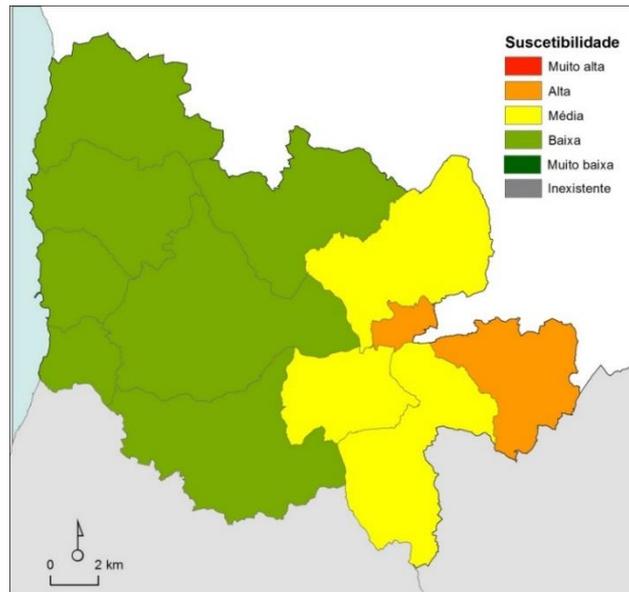


Figura 2.43 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Mafra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.9 Moita

A exposição aos riscos climáticos actuais e futuros neste concelho, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos, é ilustrada nas Figura 2.44, Figura 2.45, Figura 2.46 e Figura 2.47. O aumento da exposição ao risco de cheias estuarinas no futuro (Figura 2.44 vs. Figura 2.45), se acompanhado por uma submersão significativa do litoral devido à subida do nível do mar, tenderá a potenciar o avanço da intrusão salina.

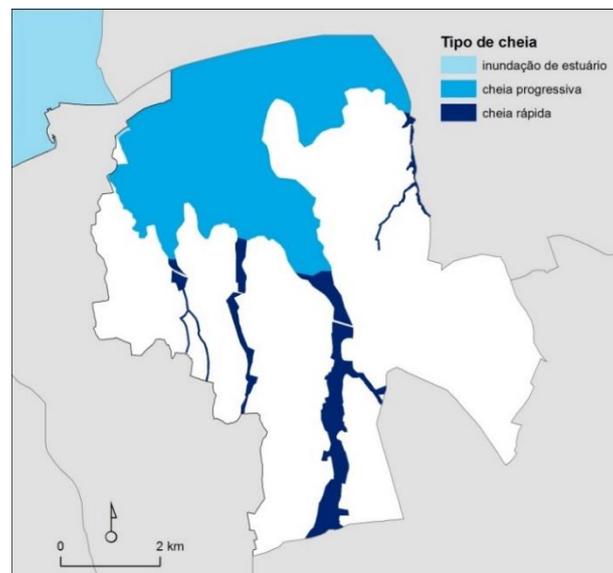


Figura 2.44 – Risco de cheias e inundações actual na Moita

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

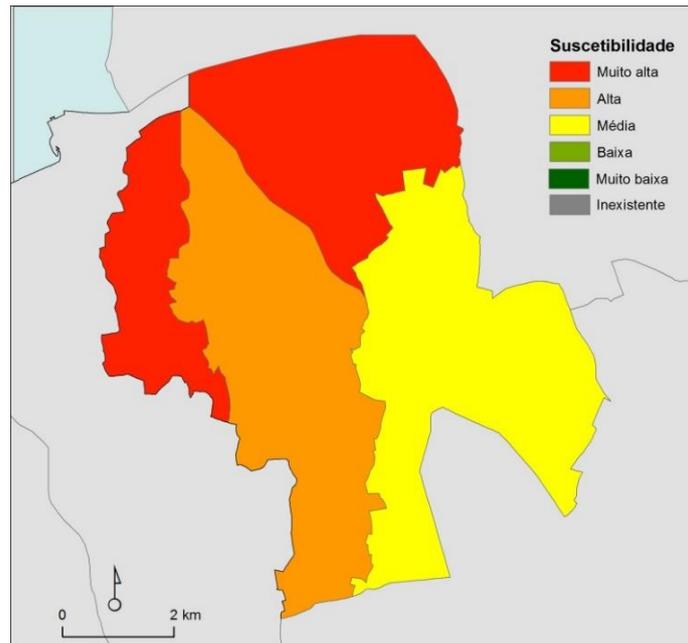


Figura 2.45 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) na Moita

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

A exposição às secas, dada a grande capacidade de armazenamento do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda terá à partida pouca relevância para os recursos hídricos subterrâneos, excepto para os níveis aquíferos mais superficiais. No futuro, o aumento da exposição no sector oriental do concelho (Figura 2.46 vs. Figura 2.47), poderá conduzir a um rebaixamento dos níveis de água nos níveis aquíferos superficiais.

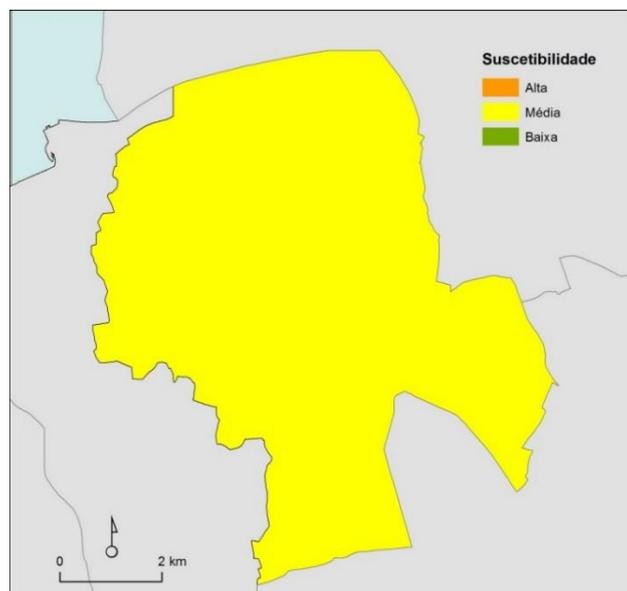


Figura 2.46 – Risco actual de seca na Moita

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

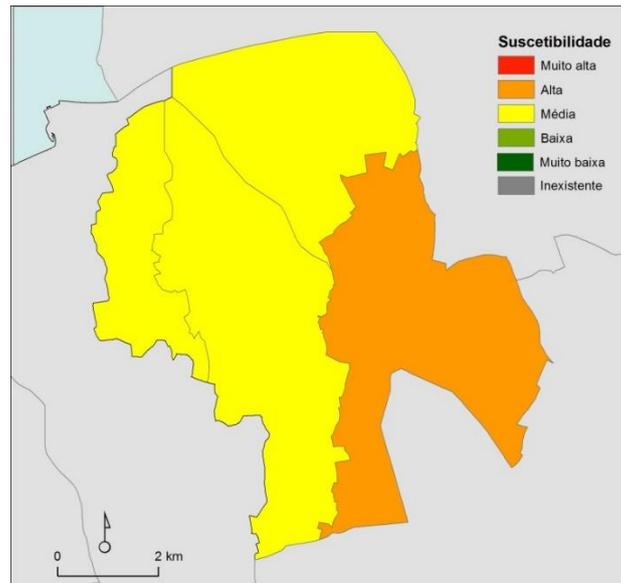


Figura 2.47 – Risco futuro de seca (por freguesias) na Moita

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.10 Montijo

A exposição aos riscos climáticos actuais e futuros no concelho do Montijo, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos, ilustram-se nas Figura 2.48, Figura 2.49, Figura 2.50 e Figura 2.51. No sector ocidental do concelho do Montijo, o aumento do risco de cheias estuarinas no futuro (Figura 2.48 vs. Figura 2.49), se acompanhado por uma submersão significativa do litoral devido à subida do nível do mar, tenderá a potenciar o avanço da intrusão salina.

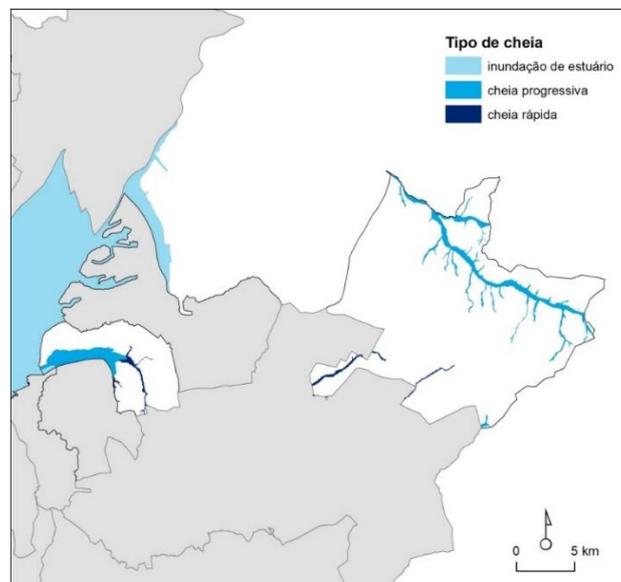


Figura 2.48 – Risco de cheias e inundações actual no Montijo

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

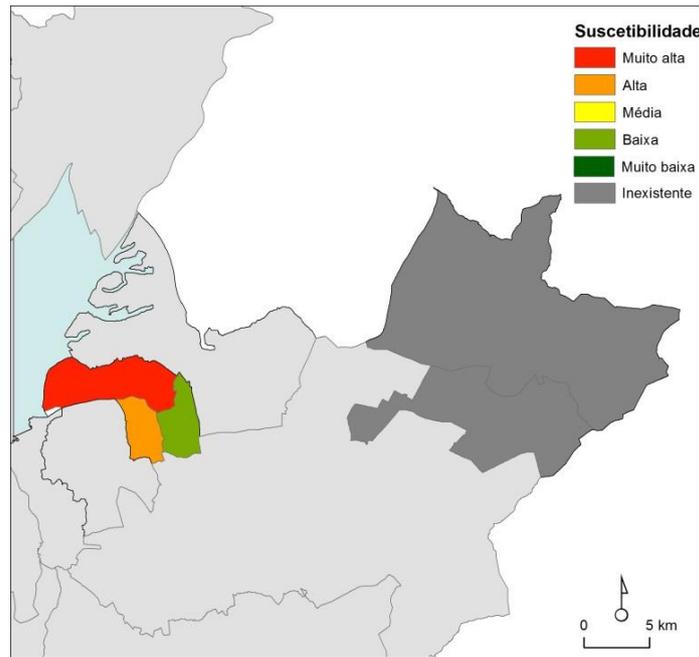


Figura 2.49 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) no Montijo

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

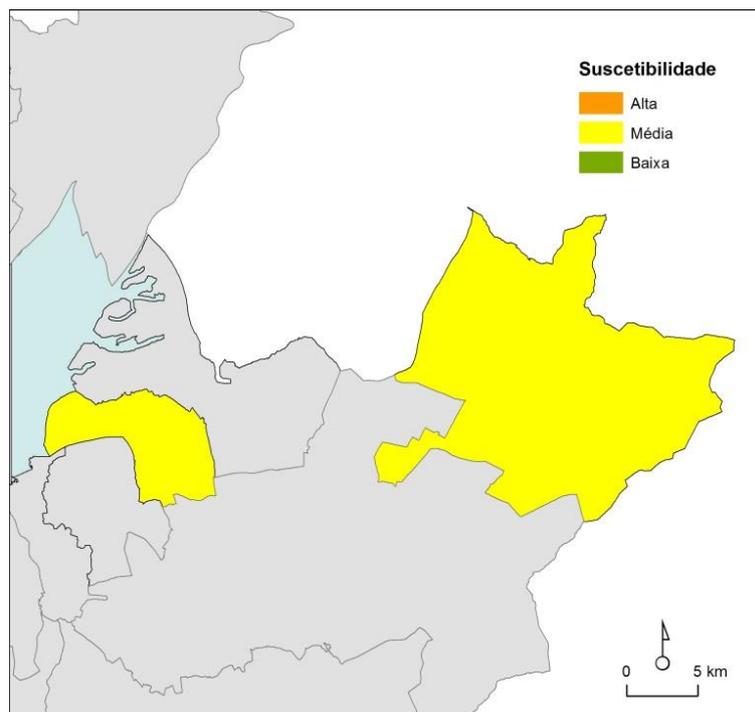


Figura 2.50 – Risco actual de seca no Montijo

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

A exposição ao risco de seca, dada a grande capacidade de armazenamento do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda terá à partida pouca relevância para os recursos hídricos subterrâneos, excepto para os níveis aquíferos mais superficiais. O aumento, no futuro, da exposição ao risco de seca no sector oriental e zona interior do sector ocidental (Figura 2.50 vs. Figura 2.51), implicará uma

potencial descida dos níveis piezométricos dos níveis aquíferos superficiais, durante os períodos de seca, que poderão eventualmente conjugar-se com situações de sobre-exploração por aumento do volume de captação.

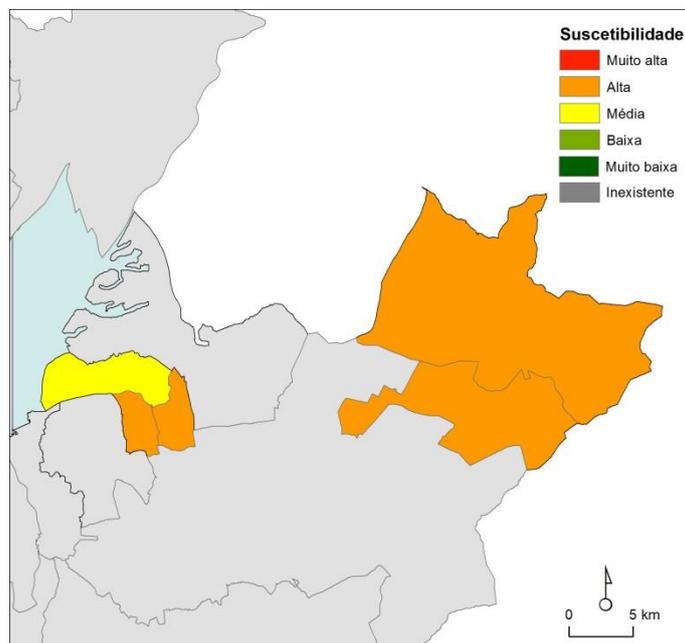


Figura 2.51 – Risco futuro de seca (por freguesias) no Montijo

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.11 Odivelas

A exposição aos riscos climáticos, actuais e futuros, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos neste concelho, são apresentados nas Figura 2.52 e Figura 2.53, correspondendo à exposição às secas. Dada a reduzida capacidade de armazenamento dos níveis aquíferos mais superficiais, a exposição às secas induz descidas mais ou menos significativas dos níveis de água, dependendo esta descida das características hidrogeológicas locais durante o período de duração deste tipo de eventos extremos. O agravamento da exposição às secas futuras em que se verifica um significativo aumento deste risco (Figura 2.52 vs. Figura 2.53) implicará um agravamento dos rebaixamentos durante os eventos de seca, em particular na zona centro-sul do concelho.

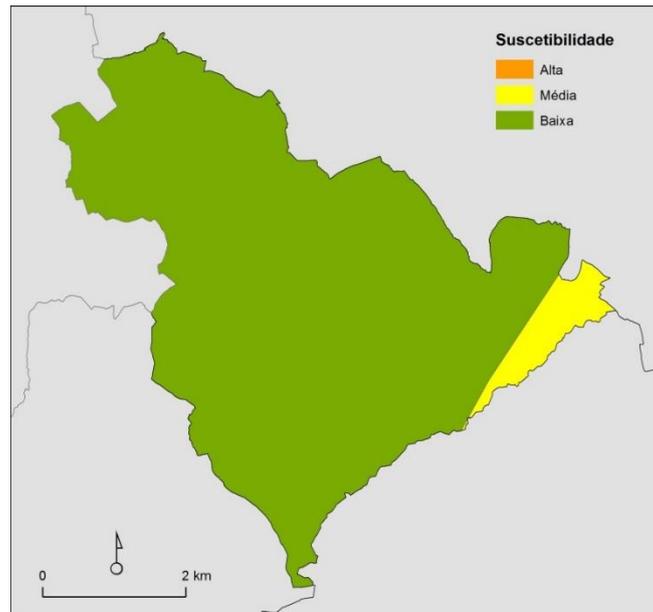


Figura 2.52 – Risco actual de seca em Odivelas

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

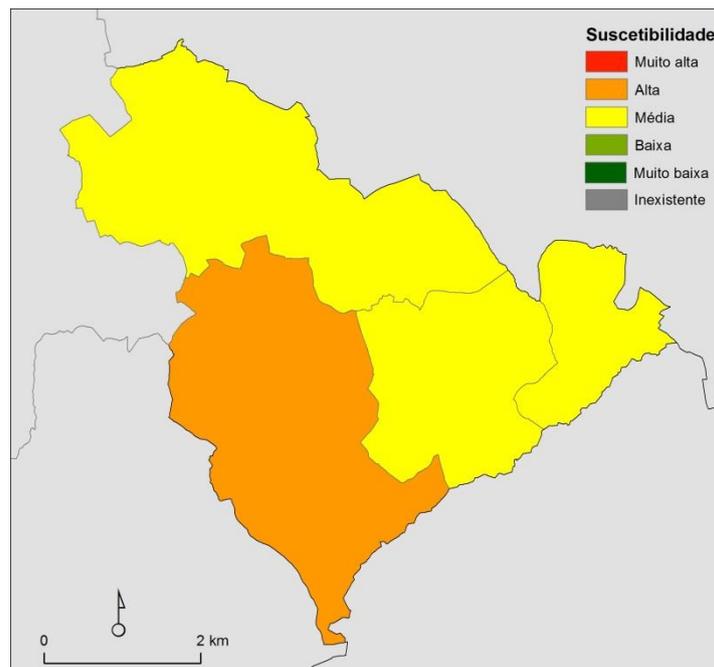


Figura 2.53 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Odivelas

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.12 Oeiras

A exposição aos riscos climáticos, actuais e futuros, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos no concelho de Oeiras, apresentam-se nas Figura 2.54, Figura 2.55, Figura 2.56 e Figura 2.57. Os galgamentos costeiros e processos de erosão do litoral terão uma relevância algo limitada dada a densa urbanização deste litoral, mas no futuro, na zona ocidental do concelho, os galgamentos

costeiros poderão ter algum significado se porventura parte das áreas afectadas for parcialmente submersa pela subida do nível do mar. Se tal acontecer, ocorrerá um avanço da intrusão salina, a qual poderá eventualmente afectar as captações no litoral (cf. Figura 3.33 in Novo, 2020), caso estas explorem níveis aquíferos superficiais. A exposição às secas terá alguma relevância nos níveis aquíferos superficiais, dado estes possuírem no geral reduzida capacidade de armazenamento, o que promove um rebaixamento sensível dos níveis de água em condições de seca. O agravamento desta exposição na zona norte do concelho (Figura 2.56 vs. Figura 2.57) implica que no futuro esta zona tenderá a registar um maior aumento dos rebaixamentos nos níveis superficiais.

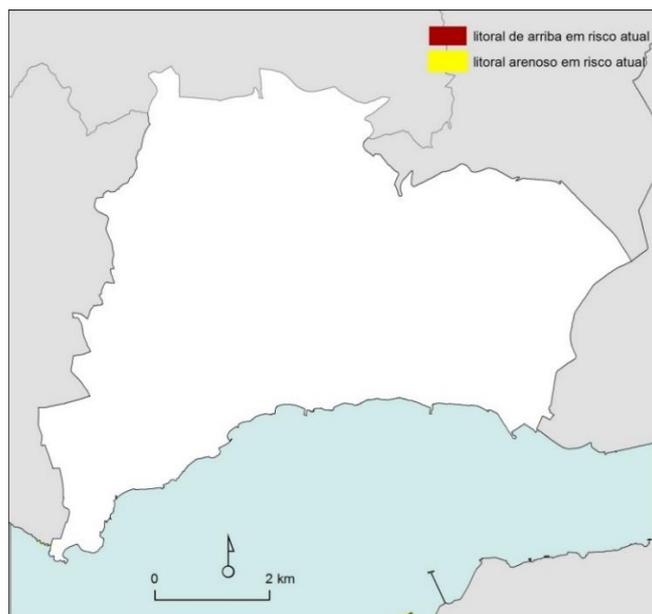


Figura 2.54 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Oeiras

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

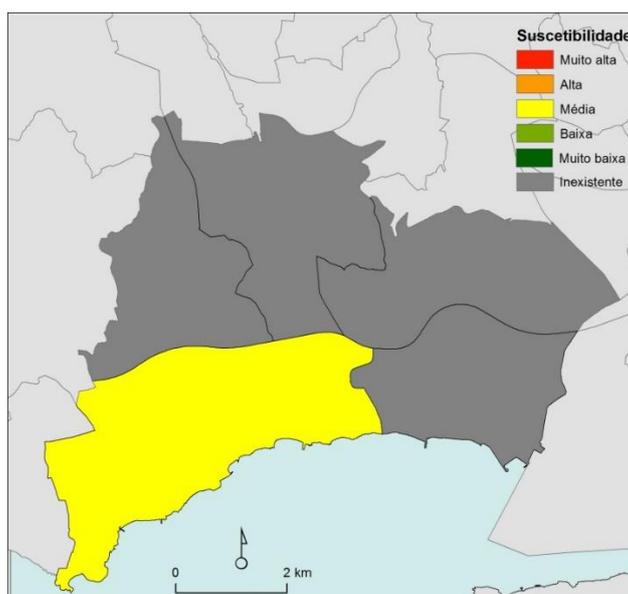


Figura 2.55 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Oeiras

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

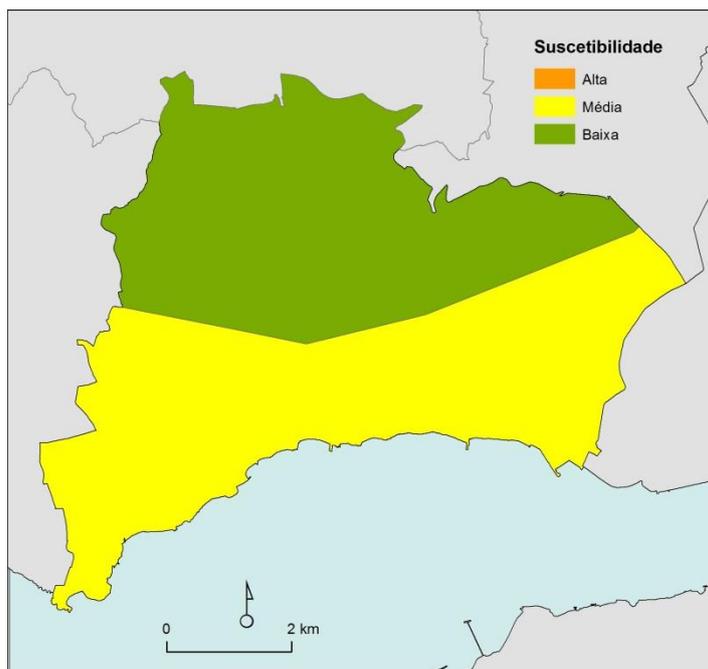


Figura 2.56 – Risco actual de seca em Oeiras

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

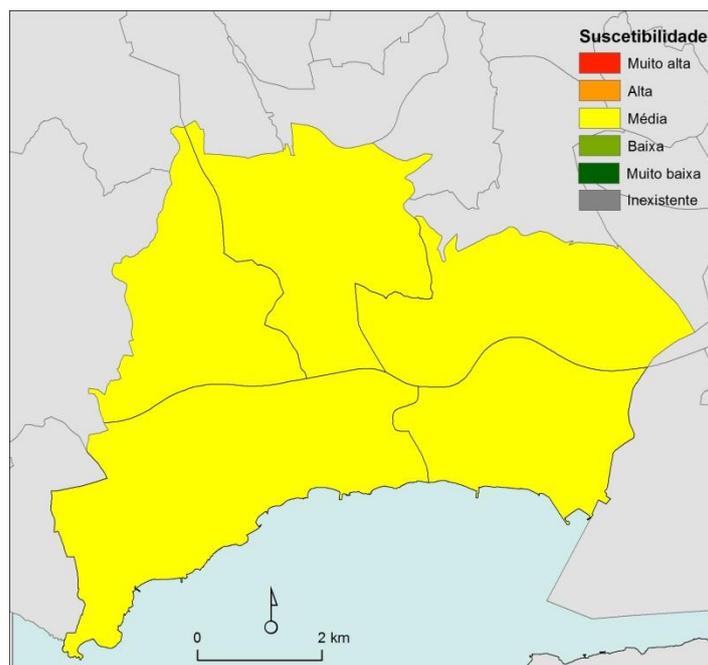


Figura 2.57 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Oeiras

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.13 Palmela

A exposição aos riscos climáticos, actuais e futuros neste concelho, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos, apresenta-se nas Figura 2.58 e Figura 2.59.

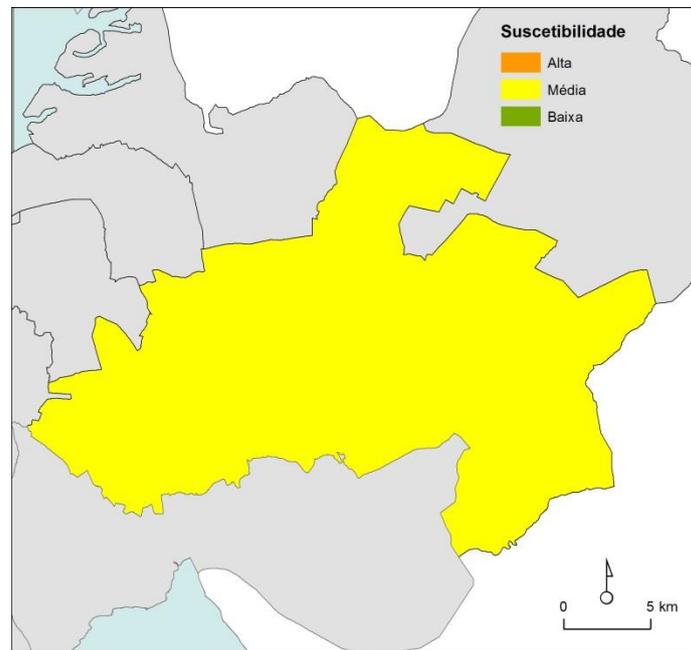


Figura 2.58 – Risco actual de seca em Palmela

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

Dada a grande capacidade de armazenamento do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda, a exposição às secas terá à partida pouca relevância para os recursos hídricos subterrâneos, excepto para os níveis aquíferos mais superficiais. O aumento da exposição a este risco no futuro (Figura 2.58 vs. Figura 2.59) implica que se deverá esperar um maior rebaixamento dos níveis de água nos níveis aquíferos superficiais e um aumento da exploração dos níveis profundos em condições de seca, podendo localmente levar a situações de sobre-exploração. Isto pode ser especialmente relevante em áreas de grande concentração de captações.

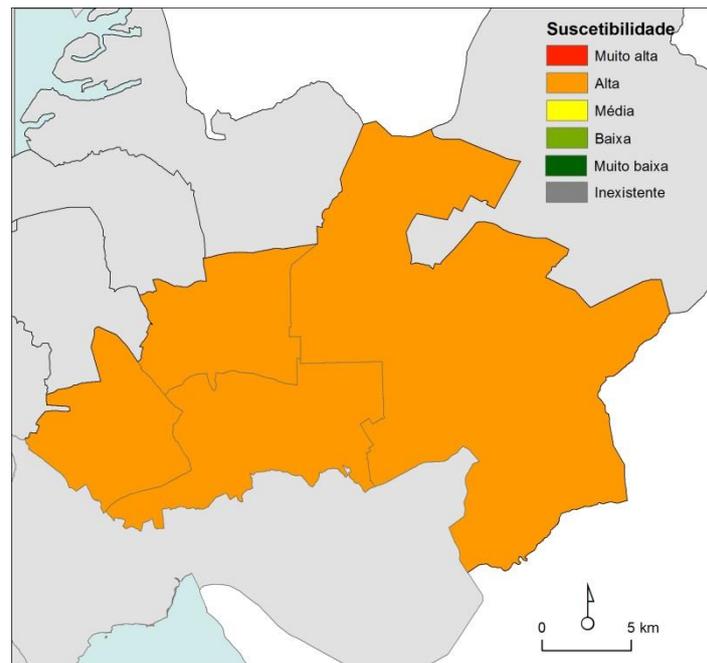


Figura 2.59 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Palmela

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.14 Seixal

A exposição actual e futura aos riscos climáticos relevantes para os recursos hídricos subterrâneos neste concelho ilustra-se nas Figura 2.60, Figura 2.61, Figura 2.62 e Figura 2.63. A exposição às inundações estuarinas tem somente relevância, caso as áreas afectadas sejam parcialmente submersas pela subida do nível do mar, o que promoverá o avanço da intrusão salina. Assim, o sector oriental do litoral poderá no futuro ser o mais afectado (Figura 2.61). A exposição ao risco de seca tende a traduzir-se pelo rebaixamento dos níveis de água dos níveis aquíferos mais superficiais – e dos mais profundos nas zonas onde aumente a exploração – durante os períodos de seca. Contudo a elevada capacidade de armazenamento do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda torna-o particularmente resiliente às secas, com a eventual excepção dos níveis aquíferos superficiais. Considerando que a exposição a este risco se mantém essencialmente inalterado no futuro (Figura 2.62 vs. Figura 2.63) é de admitir que não ocorram modificações significativas na amplitude dos rebaixamentos nas secas futuras.

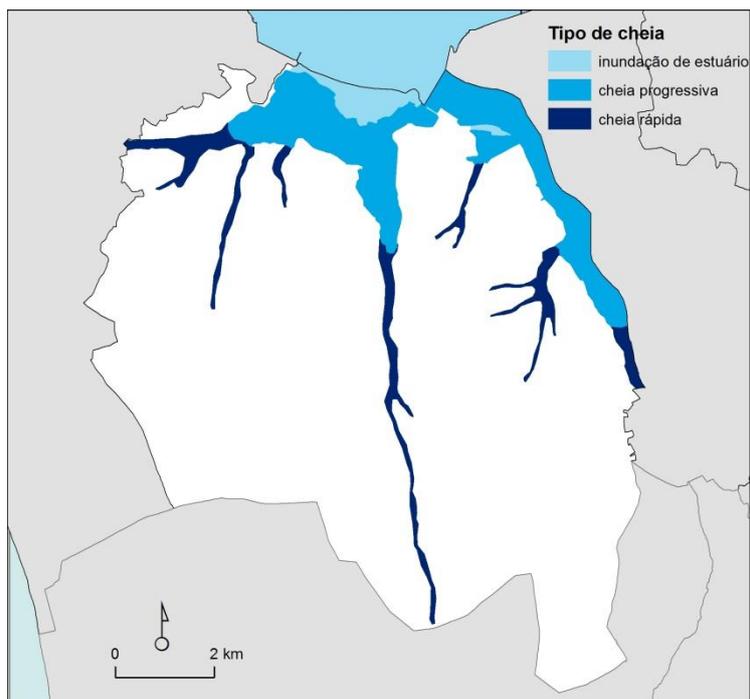


Figura 2.60 – Risco de cheias e inundações actual no Seixal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

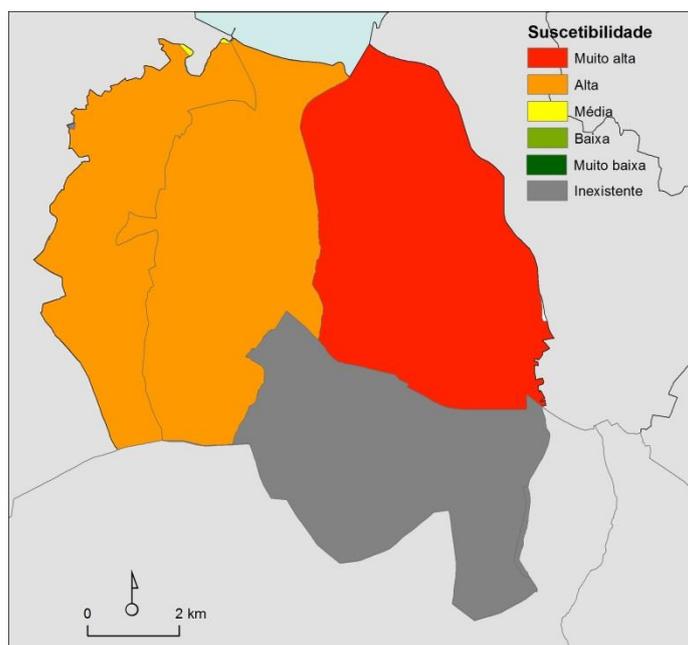


Figura 2.61 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) no Seixal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

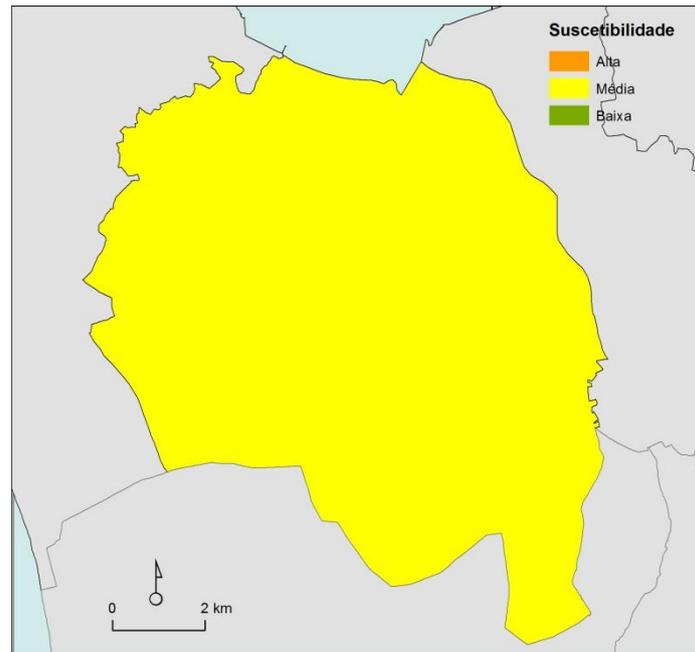


Figura 2.62 – Risco actual de seca no Seixal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

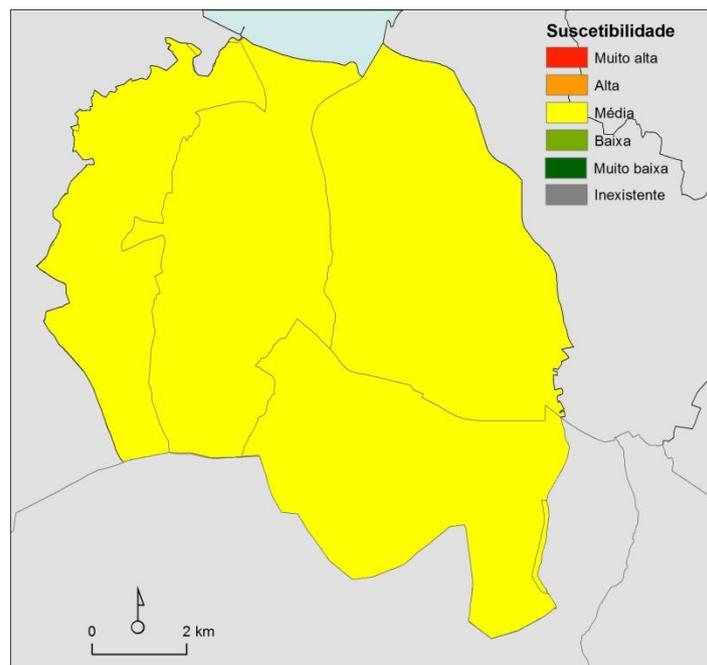


Figura 2.63 – Risco futuro de seca (por freguesias) no Seixal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.15 Sesimbra

A exposição actual e futura aos riscos climáticos relevantes para os recursos hídricos subterrâneos neste concelho apresenta-se nas Figura 2.64, Figura 2.65, Figura 2.66, Figura 2.67 e Figura 2.68. A exposição futura ao risco de inundação e galgamento de litoral arenoso (Figura 2.65) poderá ter alguma

relevância apenas se parte da área afectada for, no futuro, parcialmente submersa, o que promoverá o avanço da intrusão salina. A exposição futura à erosão e recuo das arribas (Figura 2.66), embora possa promover o avanço da intrusão salina nas áreas erodidas, deverá ser pouco sentida em termos de captações dado estas serem praticamente inexistentes nessa zona. A exposição ao risco de seca traduz-se num rebaixamento dos níveis piezométricos – pelo menos para os níveis aquíferos mais superficiais – durante o evento de seca. A evolução da exposição a este risco (Figura 2.67 vs. Figura 2.68) sugere que a evolução dos rebaixamentos será pouco significativa na maior parte do concelho, excepção na zona de Sesimbra, onde estes rebaixamentos tenderão a ser mais acentuados (o que, dada a localização desta zona, poderá favorecer o avanço da intrusão salina durante os eventos de seca).



Figura 2.64 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Sesimbra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

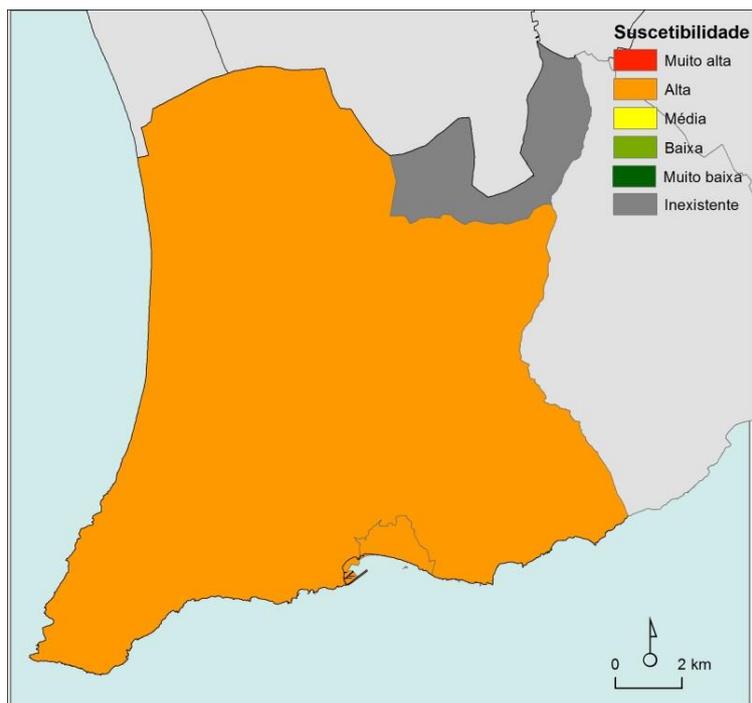


Figura 2.65 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Sesimbra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

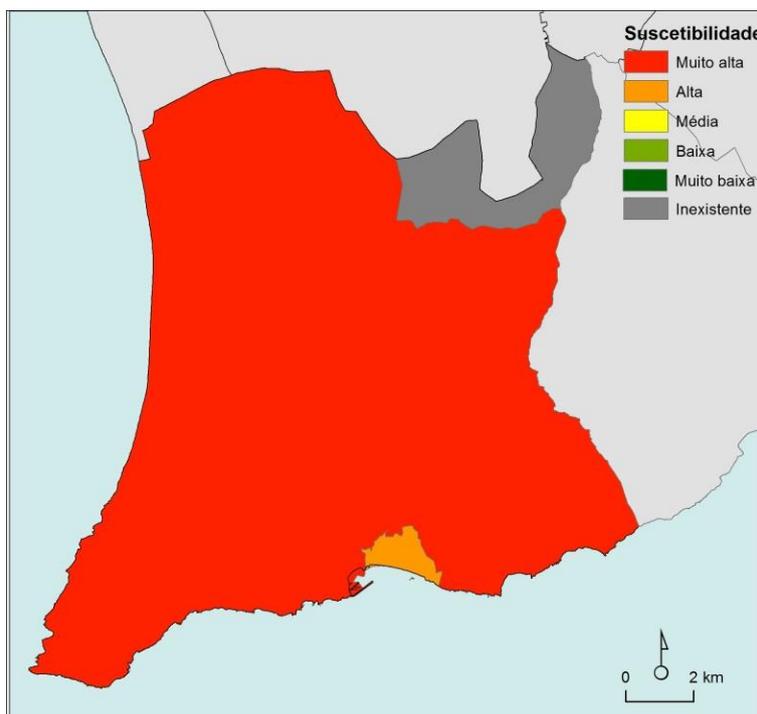


Figura 2.66 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Sesimbra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

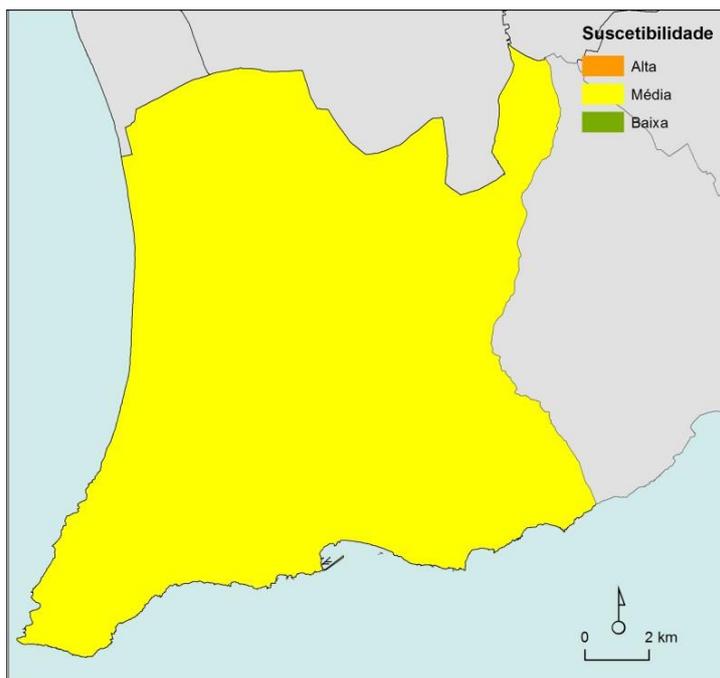


Figura 2.67 – Risco actual de seca em Sesimbra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

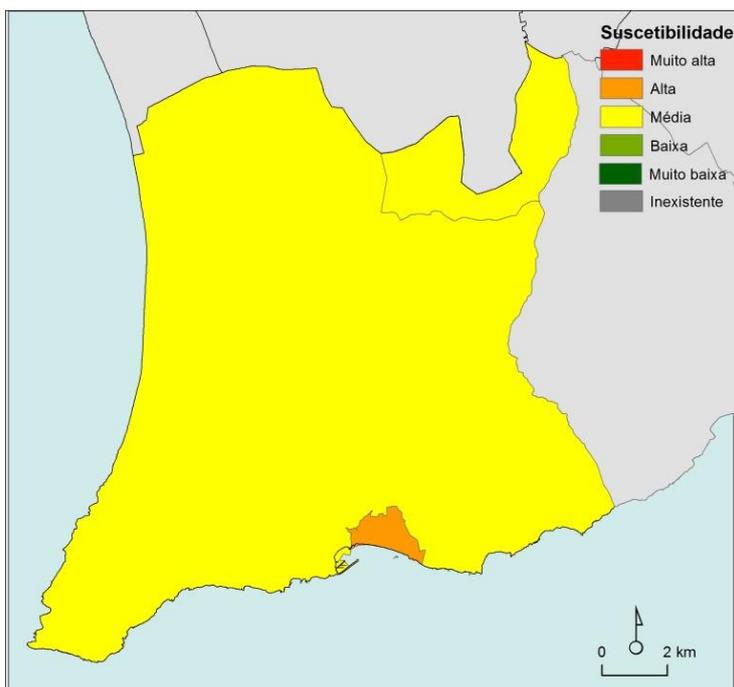


Figura 2.68 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Sesimbra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.16 Setúbal

A exposição aos riscos climáticos actuais e futuros com relevância para os recursos hídricos subterrâneos neste concelho apresentam-se nas Figura 2.69, Figura 2.70, Figura 2.71, Figura 2.72,

Figura 2.73, Figura 2.74 e Figura 2.75. A exposição às inundações estuarinas apenas toma alguma relevância se as áreas afectadas forem parcialmente submersas pela subida do nível do mar, o que promoverá o avanço da intrusão salina. Assim, as áreas com maior potencial para serem afectadas pelo avanço desta intrusão serão as de exposição futura elevada (Figura 2.70). A exposição ao risco de inundação e galgamento de litorais arenosos, que passará a ser alto no futuro (Figura 2.72), apenas terá alguma relevância para os níveis aquíferos mais superficiais, caso estas áreas afectadas sejam parcialmente submersas pela subida do nível do mar. O nível aquífero intermédio poderá ser afectado somente se, em simultâneo, existirem áreas no aquífero superficial atingidas por esta intrusão, haja ligação hidráulica entre estes dois aquíferos e o aquífero intermédio esteja em sobre-exploração. A exposição aos riscos de erosão e recuo de arribas, que se tornará elevada (Figura 2.73), poderá potenciar o avanço da intrusão salina, o que, dependendo das condições hidrogeológicas locais, poderá ser algo relevante no pólo de captação da Secil.

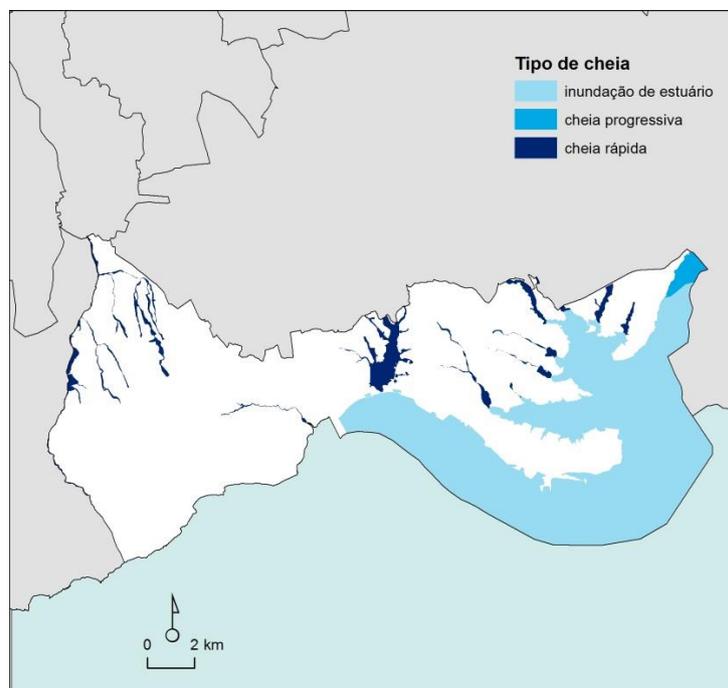


Figura 2.69 – Risco de cheias e inundações actual em Setúbal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

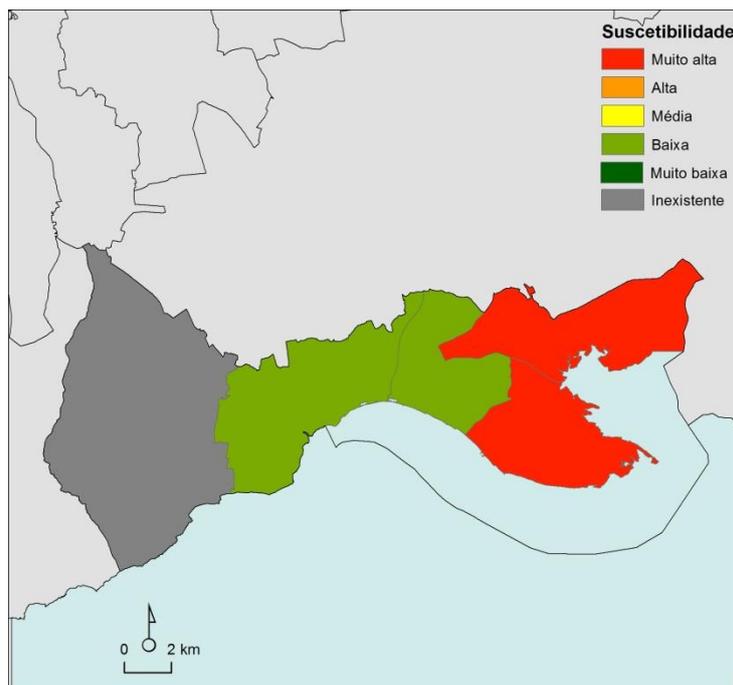


Figura 2.70 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Setúbal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

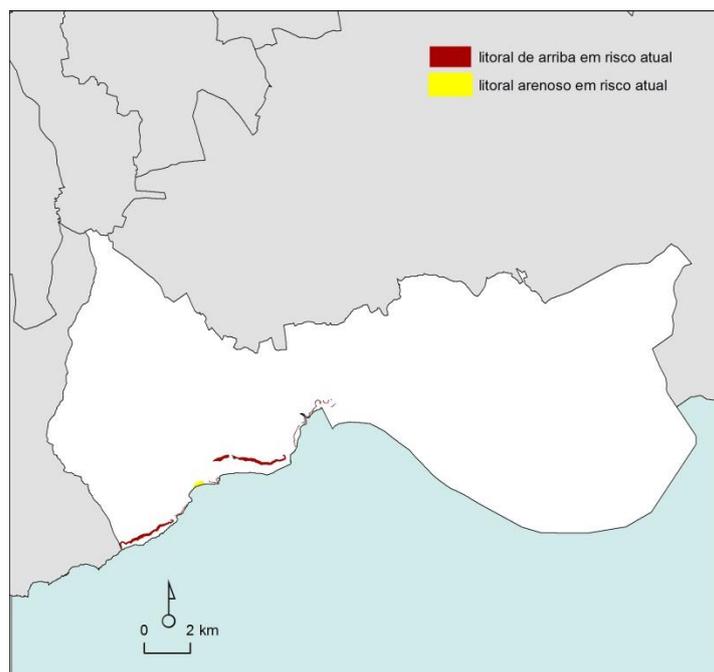


Figura 2.71 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Setúbal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

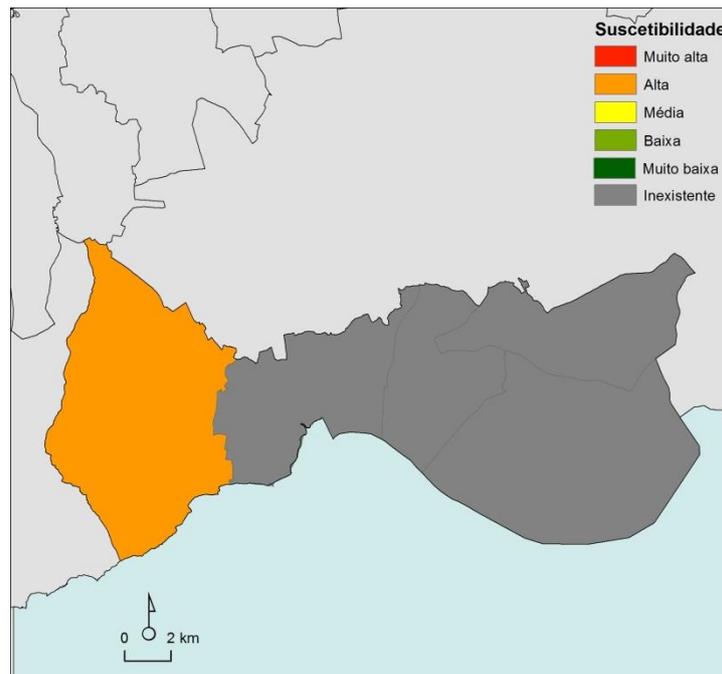


Figura 2.72 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Setúbal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

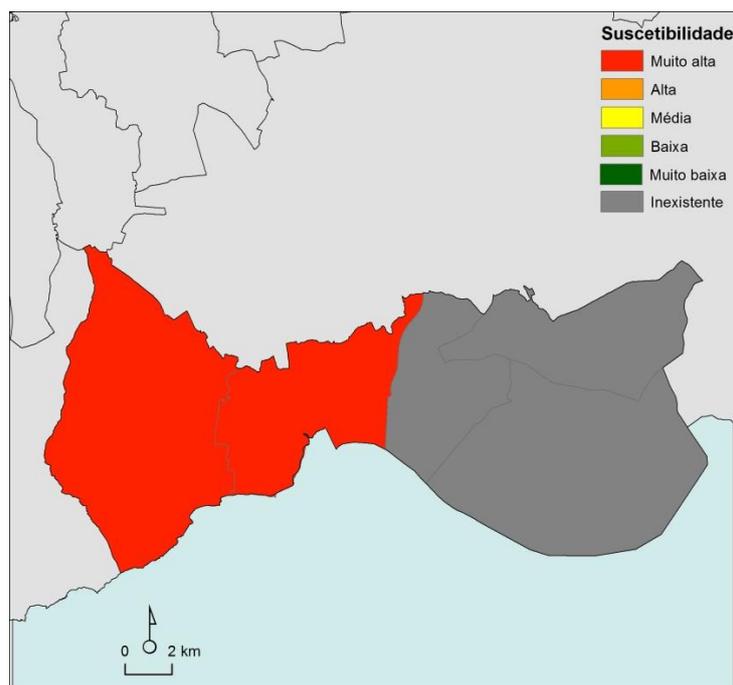


Figura 2.73 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Setúbal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

A exposição ao risco de seca é traduzida pelo rebaixamento dos níveis de água das unidades aquíferas superficiais, podendo também verificar-se nas unidades mais profundas caso o volume de água captada aumente significativamente durante a seca. De um modo geral o sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda, dada a sua grande capacidade de armazenamento, será bastante resiliente às

secas pelo que os rebaixamentos serão moderados. A eventual excepção será a dos níveis aquíferos mais superficiais (e eventualmente áreas de grande concentração de captações), onde os rebaixamentos poderão ser maiores. No entanto na zona da Serra da Arrábida, os eventuais níveis produtivos superficiais, pelas suas características hidrogeológicas, deverão sofrer rebaixamentos significativos.

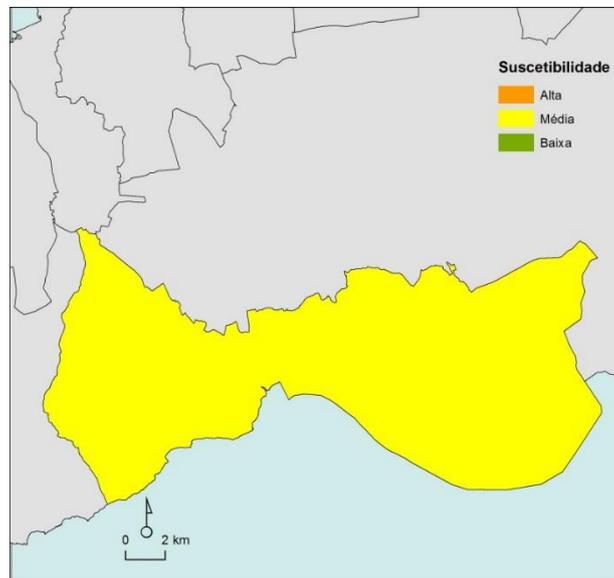


Figura 2.74 – Risco actual de seca em Setúbal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

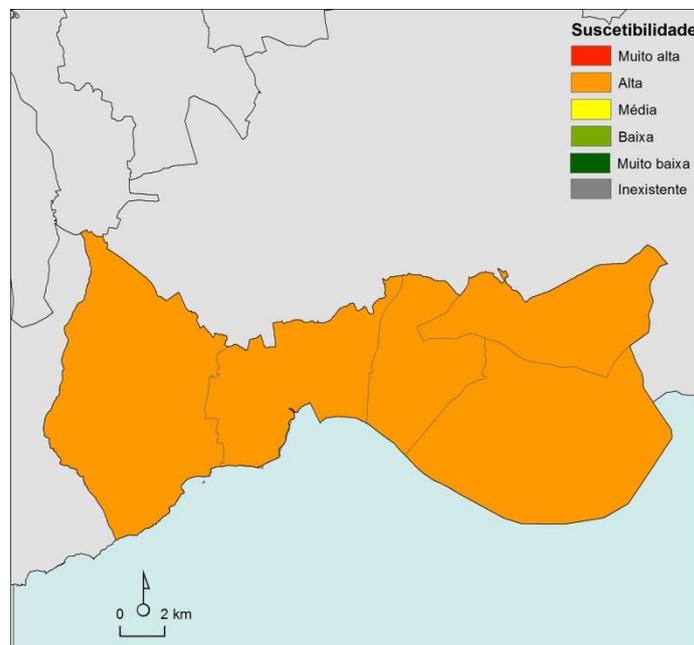


Figura 2.75 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Setúbal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

O facto da exposição ao risco de seca se tornar elevada no futuro (Figura 2.74 vs. Figura 2.75) sugere que estes rebaixamentos serão muito mais significativos nos eventuais níveis produtivos mais

superficiais da Serra da Arrábida e que se deverá esperar maiores rebaixamentos nas unidades aquíferas superficiais do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda durante os períodos de secas futuras.

2.2.17 Sintra

Nas Figura 2.76, Figura 2.77, Figura 2.78, Figura 2.79 e Figura 2.80 apresenta-se a exposição aos riscos climáticos, actuais e futuros, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos neste concelho. A exposição aos riscos de inundações e galgamentos de litorais de areia (Figura 2.77) e a erosão e recuo de arribas (Figura 2.78) apenas se poderão tornar relevantes se as áreas afectadas forem parcialmente submersas pela subida do nível do mar, o que promoverá o avanço da intrusão salina. A exposição ao risco de seca tem relevância pois, devido à baixa capacidade de armazenamento das Orlas Ocidentais Indiferenciadas da Bacia do Tejo e das Ribeiras do Oeste, os níveis produtivos mais superficiais tendem a sofrer significativos rebaixamentos dos níveis de água. Os mesmos rebaixamentos significativos ocorrem no aquífero Pisões-Atrozela, devido sobretudo à sua reduzida dimensão. O aumento da exposição ao risco de seca (Figura 2.79 vs. Figura 2.80) na maior parte do concelho – excepção para as freguesias de S. João das Lampas e Terrugem – significa que estes rebaixamentos tenderão a tornar-se mais significativos, podendo eventualmente esgotar alguns dos níveis produtivos mais superficiais durante as secas futuras.

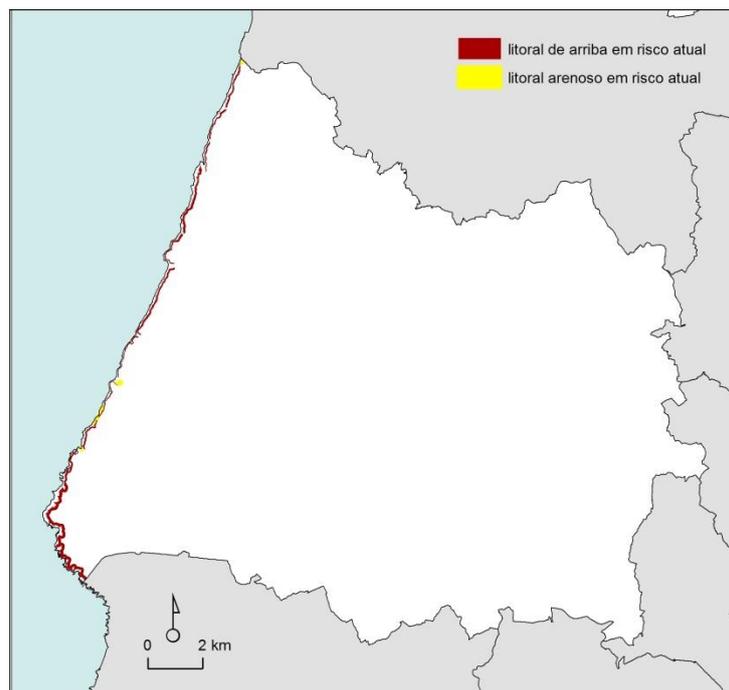


Figura 2.76 – Risco actual de erosão costeira em litoral de arriba e arenoso em Sintra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

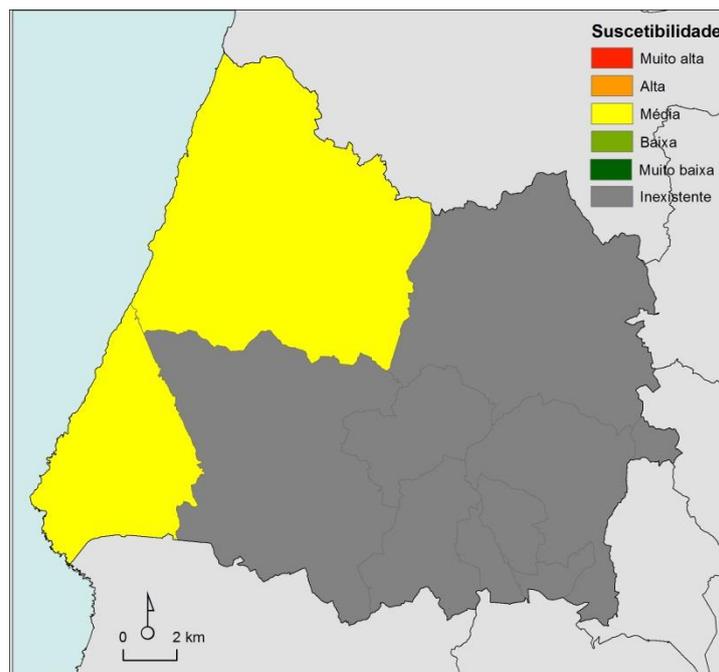


Figura 2.77 – Risco futuro de inundação e galgamentos em litoral arenoso (por freguesias) em Sintra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

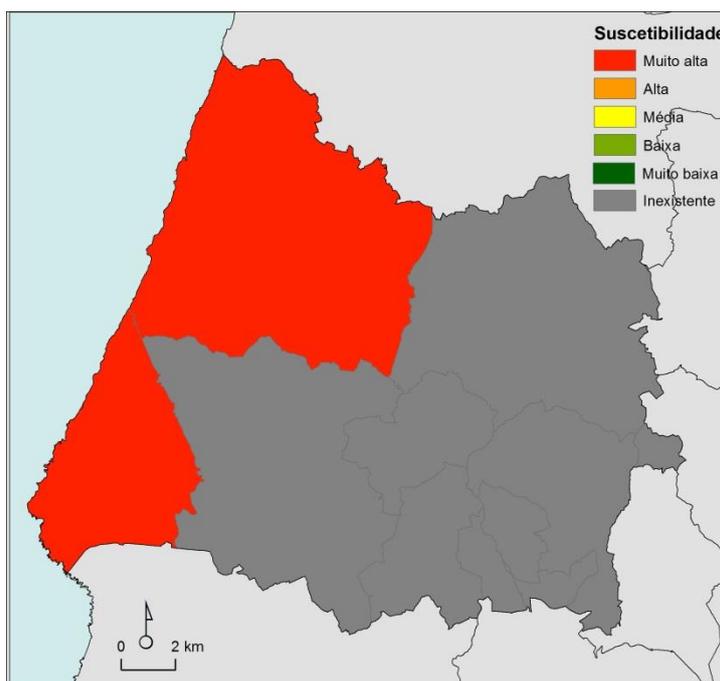


Figura 2.78 – Risco futuro de erosão e recuo de arribas (por freguesias) em Sintra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

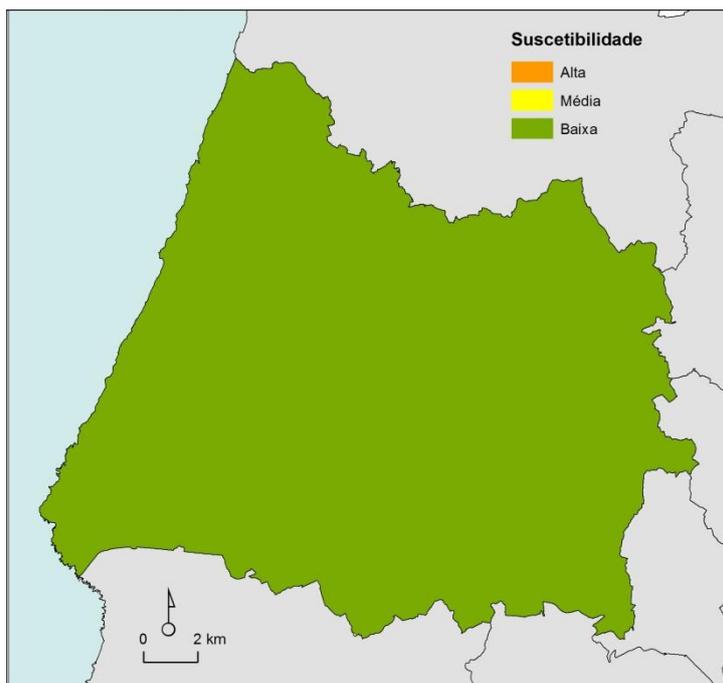


Figura 2.79 – Risco actual de seca em Sintra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

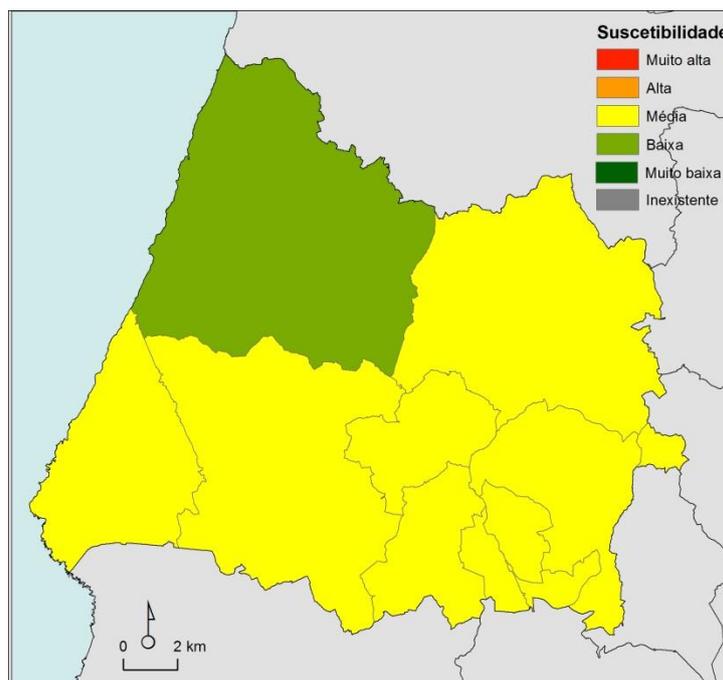


Figura 2.80 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Sintra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

2.2.18 Vila Franca de Xira

A exposição aos riscos climáticos, actuais e futuros, com relevância para os recursos hídricos subterrâneos neste concelho é apresentada nas Figura 2.81, Figura 2.82, Figura 2.83 e Figura 2.84. A exposição futura ao risco de cheia estuarina (Figura 2.82) apenas poderá ter relevância se, na zona de risco elevado, parte da área afectada venha a ser submersa pela subida do nível do mar, por potenciar o avanço da intrusão salina. A exposição ao risco de seca tende a ser pouco significativa nos sistemas aquíferos Aluviões do Tejo, devido à sua grande capacidade de armazenamento, com a eventual excepção dos níveis aquíferos mais superficiais, em particular os associados aos depósitos de terraços, onde os rebaixamentos dos níveis de água poderão ser significativos. Por oposição, nos níveis produtivos superficiais da Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo, dada a sua geralmente baixa capacidade de armazenamento, é de esperar que os rebaixamentos sejam significativos. O sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda, por estar subjacente às Aluviões do Tejo, a que acresce a sua grande capacidade de armazenamento, poderá sofrer rebaixamentos pouco significativos, excepto nas zonas de concentração de captações, onde ocorra um significativo aumentos dos volumes de captação durante o período de seca. Sendo que a exposição às secas aumenta no futuro, tornando-se elevada na quase totalidade do concelho (Figura 2.83 vs. Figura 2.84), é de admitir rebaixamentos acentuados nos níveis produtivos superficiais da Orla Indiferenciada da Bacia do Tejo e nos níveis de terraço das as Aluviões do Tejo.



Figura 2.81 – Risco de cheias e inundações actual em Vila Franca de Xira

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

Estes rebaixamentos deverão ser bastante menos significativos nos níveis aquíferos superficiais das Aluviões do Tejo e pouco relevantes no sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda. Neste último sistema aquífero, eventuais rebaixamentos acentuados serão devidos a aumentos significativos dos

volumes captados durante os eventos de seca, sendo portanto, um efeito secundário deste risco climático.

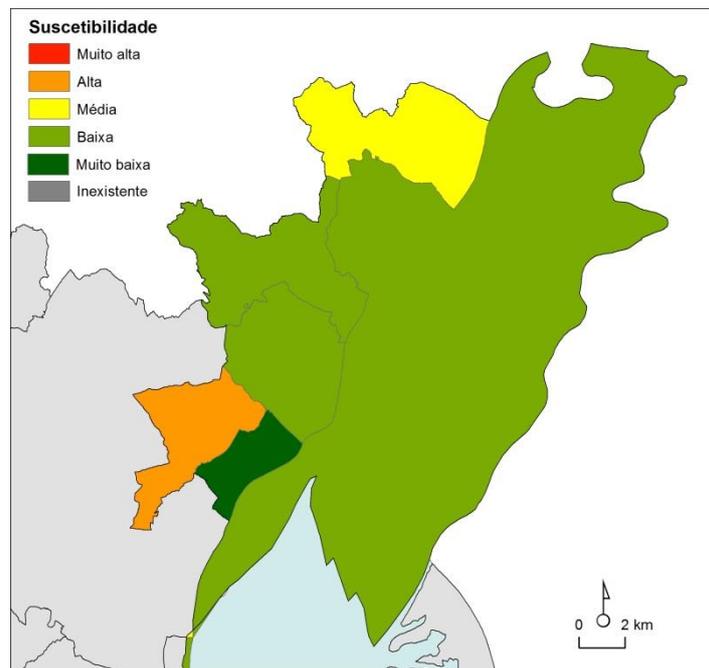


Figura 2.82 – Risco futuro de cheias de estuário (por freguesias) em Vila Franca de Xira

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

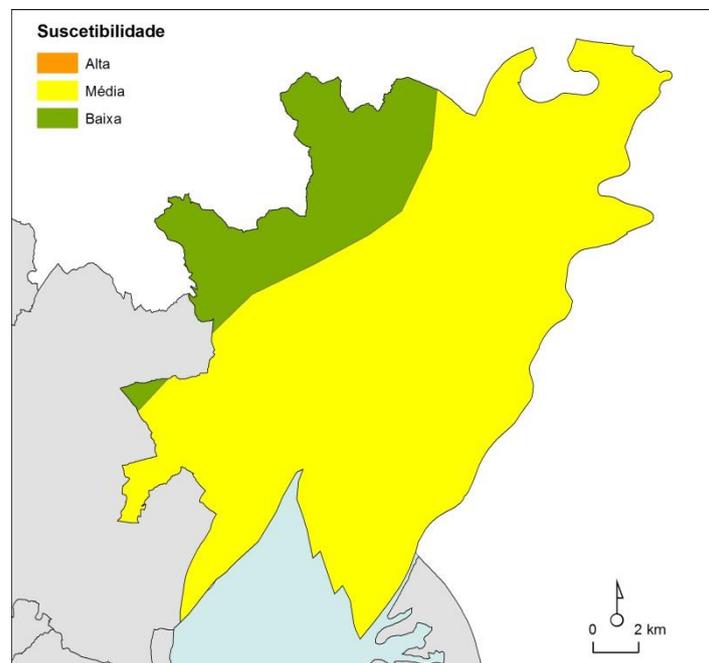


Figura 2.83 – Risco actual de seca em Vila Franca de Xira

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

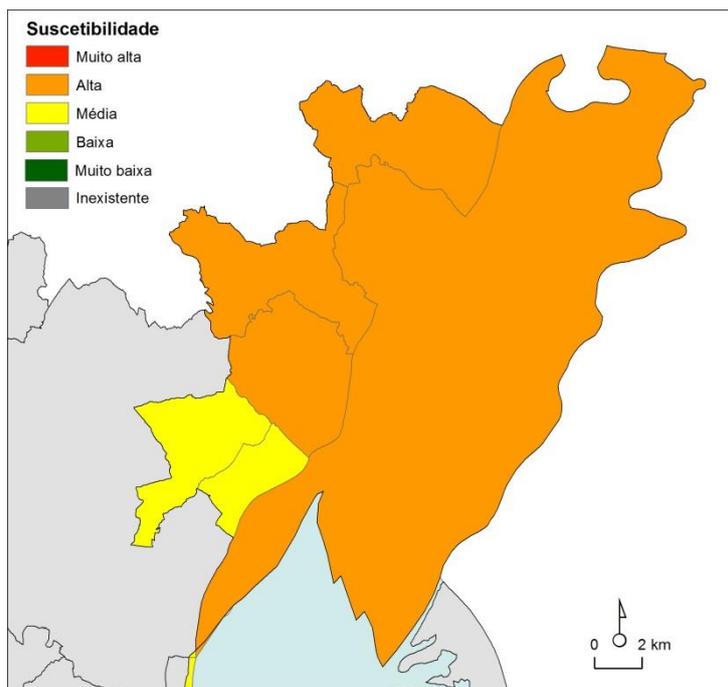


Figura 2.84 – Risco futuro de seca (por freguesias) em Vila Franca de Xira

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

3 | Sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos da Área Metropolitana de Lisboa

3.1 Condicionantes da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos

A sensibilidade climática é definida por IPCC (2007 in PMAAC-AML, 2018b) como "o grau em que um sistema é afectado, benéfica ou negativamente, por estímulos relacionados com o clima. O efeito pode ser directo (ex.: mudança no rendimento das culturas em resposta a uma alteração na média da temperatura) ou indirecto (ex.: danos causados por um aumento na frequência de inundações devido à subida do nível do mar)".

Os recursos hídricos subterrâneos são, como já referido, pouco afectados pelos eventos extremos (as secas serão o evento extremo de maior relevância), em especial as cheias uma vez que estas são de curta duração e no geral os aquíferos recuperam rapidamente dos seus impactos. As secas, por mor da sua maior duração e por atingirem áreas mais alargadas, são os riscos climáticos mais significativos para recursos hídricos subterrâneos. Assim, a sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos depende menos da frequência e intensidade dos eventos extremos do que da variação das médias de longo prazo dos elementos climáticos (cf. Novo *et al.*, 2018). Isto é especialmente expressivo no caso dos aquíferos de grande dimensão (ex.: Tejo/Sado – Margem Esquerda), dada a sua grande inércia de resposta, a qual atenua consideravelmente os efeitos dum evento extremo, pelo menos à escala global do aquífero. Nos pequenos aquíferos, e nas zonas de produtividade moderada a baixa (Orlas Indiferenciadas), os efeitos de eventos extremos são bastante mais sentidos, variando esta intensidade consoante as características hidrogeológicas locais. Isto pode também verificar-se, muito localmente, nos grandes aquíferos (ex.: zonas de terraço nas Aluviões do Tejo e Tejo/Sado – Margem Esquerda). Além das secas, os aquíferos cársicos são também sensíveis aos eventos extremos de precipitação (expressos num rápido aumento dos volumes de descargas), embora também muito rapidamente recuperem dos seus efeitos.

De facto, para os recursos hídricos subterrâneos, o que provoca impactos relevantes é a variação de longo prazo ex.: períodos de 30 ou mais anos) nas normais climáticas – o que se traduz na alteração permanente do volume de recursos hídricos renováveis, tanto mais significativas quanto maior for a modificação do clima (cf. Novo *et al.*, 2018) – e a conjugação com a evolução dos volumes captados. A variabilidade climática é igualmente relevante, em particular para aquíferos cársicos e/ou de pequena dimensão.

Por estas razões, a informação sobre eventos extremos constante no Perfil de Impactes Climáticos (PIC) desenvolvido pelo consórcio liderado pelo CEDRU, como parte da metodologia de avaliação para a análise da sensibilidade climática dos recursos e sectores económicos da AML, não tem relevância para esta sensibilidade nos recursos hídricos subterrâneos, razão porque não foi utilizada.

Além dos factores climáticos, algumas características intrínsecas dos aquíferos influenciam a sua resposta aos eventos extremos, variabilidade e alterações climáticas. São estas:

- **A dimensão do aquífero** – aquíferos de grande dimensão são mais resilientes a eventos de seca do que pequenos aquíferos. Isto porque os grandes aquíferos têm maiores capacidades de armazenamento, o que pode reflectir-se numa menor variação dos níveis de água (e maior capacidade para abastecer os consumos). Nos pequenos aquíferos a capacidade reguladora fornecida pelo volume de armazenamento é reduzida, tornando-os muito susceptíveis às secas, em particular se cársicos desenvolvidos.
- **A profundidade do aquífero** – aquíferos mais profundos estão mais escudados das variações climatológicas, dada a sua exposição nula à evapotranspiração (especialmente relevante em cenários de aumento da temperatura) ou eventos extremos (ex.: secas). Pela mesma razão, um aquífero com diferentes níveis produtivos terá diferentes sensibilidades em função da profundidade do nível produtivo. Tal sensibilidade será mais elevada nos níveis mais superficiais, reduzindo-se em profundidade. Os níveis confinados, mesmo se pouco profundos, são pouco sensíveis. Ou seja, no caso dos recursos hídricos subterrâneos não existe apenas uma sensibilidade distribuída em área, mas também verticalmente. Isto significa que nas unidades aquíferas mais superficiais, durante um evento de seca, podem registar-se fortes rebaixamento dos níveis de água e conseqüente secagem de furos, poços, nascentes, galerias, etc., mas estes rebaixamentos serem significativamente inferiores nas unidades aquíferas inferiores, caso não estejam, por conseqüência desta mesma seca, a serem sobre-explorados.
- **A localização do aquífero/sector do aquífero** – diferentes regiões de um aquífero podem estar expostas a estímulos climáticos diferentes (ou estímulos com eles relacionados; ex.: subida do nível do mar). Por exemplo, um aquífero pode ter uma região costeira e uma região interior. Se a região costeira está exposta aos efeitos da subida do nível do mar – o que se manifestará num avanço da intrusão salina para o continente – a região interior, por efeito da distância ao litoral, não sofrerá tais efeitos. A extensão e geometria deste avanço dependerá de vários aspectos como a permeabilidade, a existência ou não de zonas preferenciais de circulação (ex.: grutas, no caso de aquíferos cársicos), a estratificação do aquífero e os regimes de exploração na zona litoral.
- **O tipo de aquífero e sua inércia de resposta** – as velocidades médias de escoamento num aquífero são da ordem do m/dia ou menos, excepção feita para os aquíferos cársicos desenvolvidos, onde os escoamentos podem atingir velocidades de vários metros por dia. Os aquíferos cársicos (e fracturados), por oposição a aquíferos porosos de igual dimensão, por via do seu funcionamento específico são tanto mais sensíveis aos eventos extremos (secas, precipitações intensas) quanto mais desenvolvida for a carsificação. Carsos muito desenvolvidos têm velocidades de infiltração e circulação extremamente rápida, respondendo muito rapidamente às alterações das condições climáticas, em particular chuvadas intensas, mas também secas. Já os aquíferos porosos têm velocidades de infiltração e circulação da ordem do metro/dia ou inferiores o que, à partida, os leva a apresentar respostas aos eventos extremos muito mais diferidas no tempo. Assim, por exemplo, na área de aquífero poroso

vizinha duma zona inundada por uma cheia, a subida dos níveis de água ou a chegada de poluentes, por infiltração a partir dos excedentes de cheia, demorará provavelmente alguns dias e a sua propagação ao longo do aquífero será ainda mais demorada. Num aquífero cársico desenvolvido, pelo contrário, tais efeitos são rapidamente sentidos.

Assim, a sensibilidade climática, do ponto de vista do aquífero, resulta da conjugação dos estímulos climáticos com as características dos aquíferos e o grau de exploração e poluição dos mesmos³, assim como da ocupação do solo, tendo estas três últimas propriedades, até ao momento, produzido mais impactos do que as alterações climáticas que já se verificam. Os estímulos climáticos actuam sobre a recarga dos aquíferos (impactos na quantidade) e, indirectamente, nas zonas litorais, sobre a intrusão salina (impactos na qualidade). As características dos aquíferos acima referidas condicionam a resposta destes – e a consequente sensibilidade dos recursos hídricos subterrâneos – às alterações da recarga e da subida do nível do mar. Estas características fazem também com que um sistema aquífero pode no seu todo apresentar-se pouco sensível, mas localmente ter uma sensibilidade significativa.

Para a análise da sensibilidade climática nos horizontes temporais de 2070 e 2100, foram considerados os cenários climáticos RCP 4.5 e 8.5 (cf. Portal do Clima in <http://portaldoclima.pt/pt/>) utilizados no PMAAC-AML. Como as características intrínsecas dos aquíferos são praticamente imutáveis à escala temporal de 100 anos, a modificação da recarga é o principal factor a considerar. Nas zonas costeiras, em conjunto com a recarga, deve considerar-se igualmente a evolução local do nível do mar.

A evolução, na AML, dos parâmetros climáticos que condicionam a recarga, tal como foram avaliados por PMAAC-AML (2018), é de subida da temperatura, redução da precipitação, tendência variável na evolução da velocidade dos ventos, e de descida pouco significativa da humidade atmosférica média, mais acentuada no cenário RCP 8.5. para o período de 2070-2100.

A recarga é ainda afectada pela alteração do coberto vegetal, alteração esta que resulta da conjugação das alterações climáticas com a actividade antrópica.

A intrusão salina, que deteriora as águas subterrâneas por causar o aumento da salinidade/teor de cloretos, depende da subida do nível do mar⁴, evolução dos volumes de captação nas zonas costeiras e de características intrínsecas do aquífero na zona litoral. Os aspectos intrínsecos dos aquíferos que condicionam o avanço da intrusão salina são a espessura, complexidade do aquífero (homogéneo ou multi-camada, tectónica e geometria face ao litoral) e ocorrência de zonas de circulação preferencial ou barreiras impermeáveis no contacto com o oceano. A sobre-exploração é um factor agravante. As zonas já sob intrusão salina são áreas especialmente sensíveis dado que a subida do nível do mar irá agravar esta intrusão.

³ Estes dois últimos factores correspondem à componente social da sensibilidade.

⁴ As tempestades e galgamentos oceânicos têm um impacto indirecto, ao promoverem a erosão e recuo do litoral.

3.2 Indicadores propostos para identificação da sensibilidade climática das águas subterrâneas da AML

Uma vez que a generalidade dos eventos extremos tem pouco impacto de longo prazo nos recursos hídricos subterrâneos, optou-se por criar um conjunto de indicadores de sensibilidade climática que englobassem quer estes eventos, quer as variações de longo prazo, dado uns e outros serem expressos pelo mesmo tipo de parâmetros quantitativos (níveis de água) e qualitativos (salinidade/teor de cloretos) de monitorização dos aquíferos. Os indicadores considerados são:

- **Alteração dos níveis piezométricos** – indicador que reflecte as alterações na recarga e consequentemente nas disponibilidades hídricas. Além da variação de longo prazo dos parâmetros climáticos, a alteração dos níveis piezométricos é também provocada por secas e cheias, assim como pelos regimes de extracção e suas modificações. A forma como esta alteração ocorre (ex.: brusca ou lenta) é condicionada pelas características do aquífero. A atribuição deste índice, para avaliação da sensibilidade actual, faz-se recorrendo à análise das séries temporais de níveis piezométricos conjugada com a variação da recarga e a evolução das extracções. Para a avaliação da sensibilidade futura, devem usar-se modelos matemáticos para simular a variação destes níveis em função de cada cenário climático. Zonas que actualmente apresentam tendências sustentadas de descidas da piezometria reflectem situações de sobre-exploração, sendo de esperar, nestas áreas, uma maior sensibilidade às alterações climáticas. Um refinamento deste índice, para avaliar nas diferentes áreas de um aquífero as respectivas sensibilidades a secas de diferentes intensidades e duração, poderá recorrer à evolução do índice SPI conjugada com a evolução temporal e espacial dos níveis piezométricos.
- **Alteração da salinidade/teor de cloretos em zonas litorais** – indicador que reflecte a degradação da qualidade da água devido à evolução da intrusão salina. É aplicado apenas na zona litoral. Em certas situações de sobre-exploração, o aumento da salinidade pode ser indirectamente devido à intrusão salina. Estão neste caso os aquíferos sub-superficiais em situações de sobre-exploração, que por esse motivo, recebem influxos dos aquíferos superiores afectados pela intrusão salina. Estes casos, identificados por análise de isótopos ou modelação matemática, constituem uma classe específica neste indicador.

3.2.1 Indicador de alteração da recarga/níveis piezométricos

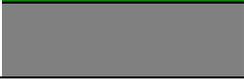
A relação entre recarga e níveis piezométricos – excluindo as questões dos regimes de exploração – é ilustrada no Quadro 3.1 para os aquíferos que ocorrem na AML (resultados do projecto BINGO, cf. Aus der Beek et al., 2018). No Quadro 3.2 apresentam-se as classes deste indicador e na Figura 3.1 a sua distribuição espacial na Área Metropolitana de Lisboa. A definição deste indicador fundamenta-se na evolução da piezometria registada na rede WISE (cf. Lobo-Ferreira et al., 2011). Nas áreas sem dados da rede WISE, a aplicação do indicador baseou-se em referências bibliográficas.

Quadro 3.1 – Variação da recarga e dos níveis médios para os aquíferos da AML abrangidos pelo projecto BINGO, em cenários de alterações climáticas para o horizonte temporal de 2024

Cenários MKlip		Tejo/Sado – Margem Esquerda	Aluviões do Tejo	Tejo – Margem Direita
Variação da recarga	R1	+ 37,6 %	+ 29,4 %	+ 49,1 %
	Ensembles	+ 4,2 %	+ 0,2 %	+ 5,4%
	R3	- 20,6 %	+ 5,4 %	- 10,4 %
Variação dos níveis de água	R1	+ 2 a +10 m	+ 1 a + 2 m	+3 a + 10 m
	Ensembles	≈ 0 m	≈ 0 m	≈ 0 m
	R3	- 2 a - 10 m	- 2 m	- 5 a - 10 m

Adaptado de: Novo et al. (2018), Novo e Martins (2018) e aus der Beek et al. (2018)

Quadro 3.2 – Indicador de alteração do nível piezométricos

Cor do indicador	Situação
	Tendência decrescente da piezometria (rede WISE) ou de sobre-exploração (fontes bibliográficas)
	Sem tendência significativa de subida ou descida da piezometria (rede WISE)
	Tendência de subida da piezometria (rede WISE)
	Sem informação

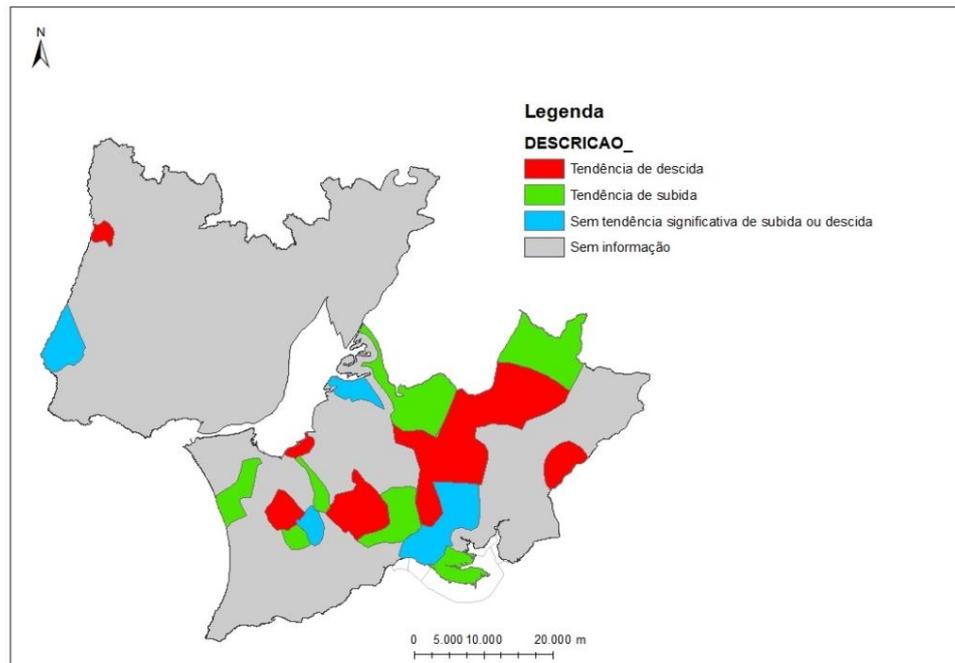


Figura 3.1 – Variação do nível piezométrico nos aquíferos na Área Metropolitana de Lisboa

Baseada em: dados da rede WISE (2011) e Lobo-Ferreira et al. (2011)

A Figura 3.1 representa a evolução da piezometria no período histórico. Nesta figura as zonas a vermelho ilustram rebaixamentos da piezometria, na generalidade dos casos devido a situações circunscritas de sobre-exploração. As zonas a verde demarcam regiões de subida dos níveis piezométricos, a azul regiões onde os níveis piezométricos são actualmente estáveis e a cinzento as áreas onde não existe informação no período histórico. Como se pode verificar, as áreas sem informação no âmbito da rede WISE são bastante significativas, pelo que futuramente estas regiões deverão ser analisadas recorrendo a outras fontes (ex.: séries de piezometrias sem vastos hiatos temporais em diferentes bases de dados), correlacionáveis com os da rede WISE. É de sublinhar que a Figura 3.1 apresenta um zonamento simplificado deste parâmetro que não leva em consideração as diferenças entre as várias unidades aquíferas, visto os dados piezométricos não identificarem se se referem às unidades mais superficiais, intermédias ou mais profundas. Uma análise mais completa deverá atribuir este índice para cada uma destas unidades aquíferas, para obter uma caracterização mais realista das respectivas sensibilidades climáticas.

3.2.2 Indicador de alteração da salinidade/teor de cloretos em zonas litorais

Este indicador ilustra a susceptibilidade à intrusão salina. Não deve, contudo, confundirem-se os casos em que um aquífero pode ser salinizado – considera-se que um aquífero está salinizado desde que o seu teor de cloretos ou salinidade total ultrapasse os limiares estabelecidos na Directiva da Água para águas de consumo humano – por processos diversos dos da intrusão salina. Estes casos tanto podem ocorrer na zona litoral como em zonas interiores. Assim, para além da intrusão salina, um aquífero pode ser salinizado por:

- *Circulação das águas em litologias salinas* – processo natural pelo qual a água se saliniza por circulação em depósitos de sal gema.
- *Alteração dos fluxos entre aquíferos, por efeito da sobre-exploração* – em aquíferos multi-camada com drenância entre unidades produtivas, a sobre-exploração de uma destas unidades leva ao desequilíbrio hidráulico entre elas, promovendo a circulação de águas das unidades menos exploradas para as sobre-exploradas. Estes fluxos podem ocorrer ascendente ou descendente. No caso destes processos ocorrerem na zona litoral e os fluxos se derem a partir de níveis produtivos já afectados por intrusão salina, poderá designar-se este processo como “intrusão salina diferida”.

Além das características intrínsecas do aquífero, a intrusão salina é condicionada, nas condições actuais, pela sobre-exploração e, no futuro, pela conjugação da subida do nível do mar e da sobre-exploração. A recarga é outra condicionante importante, particularmente a variação de longo prazo associada às alterações climáticas, por promover o rebaixamento dos níveis piezométricos e, deste modo, favorecer o avanço desta intrusão. A intrusão salina resulta na prática na inutilização do aquífero (e consequentemente as captações) nas áreas afectadas. Os aspectos intrínsecos ao aquífero (e ao litoral) que controlam a evolução da intrusão salina são:

- **Distância à linha de costa** – na contiguidade com o mar existe quase sempre uma zona salinizada mesmo em condições de não exploração, que se poderia designar por intrusão salina natural. A excepção ocorre nos casos em que os aquíferos costeiros tenham zonas de descarga na linha de preia-mar, zona entre marés ou abaixo da linha de baixa-mar. Neste estudo, e na ausência de dados suficientes sobre a distribuição espacial das salinidades nas zonas costeiras, considerou-se que a distância à linha de costa a partir da qual não será muito comum ocorrer intrusão salina é de 5 km. Esta atribuição deve-se à distribuição dos pontos de captação e da informação bibliográfica sobre os raros casos de intrusão salina estudados na AML. Nalguns casos, referenciados na bibliografia, a intrusão estende-se efectivamente para lá dos 5 km (Figura 3.2).
- **Profundidade e estrutura vertical do aquífero** – à partida, em sistemas aquíferos multi-camada como é o caso das Aluviões do Tejo e Bacia do Tejo/Sado Margem Esquerda, quanto mais profundamente se situar uma unidade aquífera maior será a sua protecção (cf. Figura 3.6 in Novo, 2020) embora tal dependa fortemente das características geológicas e tectónicas na zona costeira. Normalmente, se não existir qualquer barreira geológica (ex.: depósitos de argilas ou lodos) ou tectónica (ex.: falhas preenchidas com sedimentos) na zona de contacto com o mar, o aquífero mais superficial, que é também o explorado em primeiro lugar, é facilmente afectado pela intrusão salina. Os níveis aquíferos mais profundos podem estar mais salvaguardados da intrusão salina devido à ocorrência de camadas confinantes ou semi-confinantes que retardam a chegada desta, mas não são invulneráveis (cf. Figura 3.6 in Novo, 2020). Como se referiu acima, uma das formas pelas quais a salinização dos aquíferos mais profundos pode ocorrer é via “intrusão salina diferida”, a qual ocorre sempre que o rebaixamento dos seus níveis piezométricos – por sobre-exploração – seja suficiente para permitir as descargas a partir do aquífero superficial na área onde este esteja afectado pela

intrusão salina. Este processo é especialmente relevante na margem esquerda do Tejo, até porque o abastecimento público é suprido pelas captações nos aquíferos intermédio e profundo, devido aos problemas de qualidade no aquífero superficial, entre os quais a intrusão salina. Por esta razão considerou-se que, quando existe intrusão salina no aquífero profundo, tal situação é mais gravosa, daí ter identificação específica (cf. Quadro 3.3 e Figura 3.2).

- **Natureza do aquífero** – aquíferos porosos que façam o contacto com o mar por depósitos de argilas ou vasas lodosas estão mais protegidos da intrusão salina do que aquíferos porosos sem este tipo de depósitos na zona de contacto. Aquíferos com lenticulas de argila dispersas vertical e horizontalmente, tenderão a apresentar frentes de intrusão salina com geometrias complexas, dificultando a gestão deste problema. Aquíferos porosos mal calibrados são menos susceptíveis do que aquíferos porosos bem calibrados (ex.: dunas e depósitos de praia). Aquíferos fracturados e cársicos tenderão a sofrer intrusão salina apenas ao longo das zonas de circulação preferencial (falhas, fracturas, diáclases, condutas cársicas) em contacto com o mar, avançando a intrusão tanto mais para o interior quanto mais limpas de depósitos estejam estas estruturas. Um aquífero cársico desenvolvido é particularmente susceptível à intrusão salina face a um aquífero fracturado ou poroso. Na AML, a intrusão salina em zonas cársicas poderá eventualmente ocorrer na zona das captações subterrâneas costeiras da Secil, na Serra da Arrábida (ICNF, 1996).
- **Tectónica/geometria do aquífero** – a tectónica, que rege a fracturação e geometria dos aquíferos, condiciona a intrusão salina, quer por produzir zonas de avanço preferencial ou barreiras a este avanço e consequente protecção dos aquíferos. A tectónica também condiciona o tipo de litoral (arriba, praia, zonas húmidas associadas a depressões tectónicas).
- **Topografia e geologia do litoral** – à partida, nos litorais de areia, o avanço da intrusão salina poderá ser mais relevante dado que os litorais de arriba se constituem de rochas consolidadas, portanto menos porosas que os depósitos arenosos litorais. Além disso nos litorais de arriba, as captações, se existem, tendem a captar ou aquíferos superficiais localizados muito acima do nível do mar ou aquíferos situados bem abaixo deste mesmo nível o que, dada a sua profundidade, estarão mais protegidos da intrusão salina. No entanto a intrusão salina pode ocorrer em litoral de arriba caso as captações tenham volumes de extracção elevados e captem a profundidades passíveis de serem afectadas por este fenómeno. Na AML não existem actualmente dados para identificar tais situações.

No Quadro 3.3 é apresentado o conjunto de classes deste indicador. Estas classes foram definidas considerando as condicionantes acima mencionadas, e atribuindo maior gravidade aos casos onde o aquífero superficial e o intermédio/profundo são afectados pela intrusão salina, dado que, neste caso, as origens para o abastecimento podem estar comprometidas, até porque a generalidade das captações para abastecimento se situa nos aquíferos intermédio e profundo. Dado que este indicador se aplica apenas nas zonas litorais, foi definida uma classe específica para as áreas onde tal fenómeno não ocorrerá (zonas interiores), de modo a considerar toda a área da AML. Idealmente, este indicador deveria ser aplicado a cada unidade aquífera dentro dos sistemas aquíferos, mas por falta de dados suficientes, teve de se agregar a análise para o conjunto destas unidades em cada sistema aquífero.

Uma classe particular foi definida para as zonas onde a escassez de dados não permite identificar a causa da salinização e outra para as regiões sem qualquer informação.

Quadro 3.3 – Indicador de alteração da salinidade/teor de cloretos em zonas litorais em zonas litorais

Cor do indicador	Situação
	Intrusão salina referenciada na bibliografia nas unidades aquíferas superficial e inferior
	Intrusão salina referenciada na bibliografia na unidade aquífera superficial
	Salinização por razões desconhecidas
	Zonas de arriba com intrusão salina referenciada
	Intrusão salina natural (zonas de sapal, zonas de intrusão salina na ausência de exploração ou onde ocorram rochas salinas)
	Não ocorrência, conhecida, de intrusão salina
	Ocorrência de intrusão salina não se aplica (zonas interiores)
	Sem informação

A Figura 3.2 ilustra a distribuição conhecida das áreas afectadas por intrusão salina (e outros processos de salinização), de acordo com a escassa informação disponível (Simões, 1998; Mendonça e Silva, 2003; Barreiras, 2009; Magalhães *et al.*, 2013 e Zeferino, 2016). Como se pode verificar, a área de litoral onde não existe conhecimento é bastante extensa.

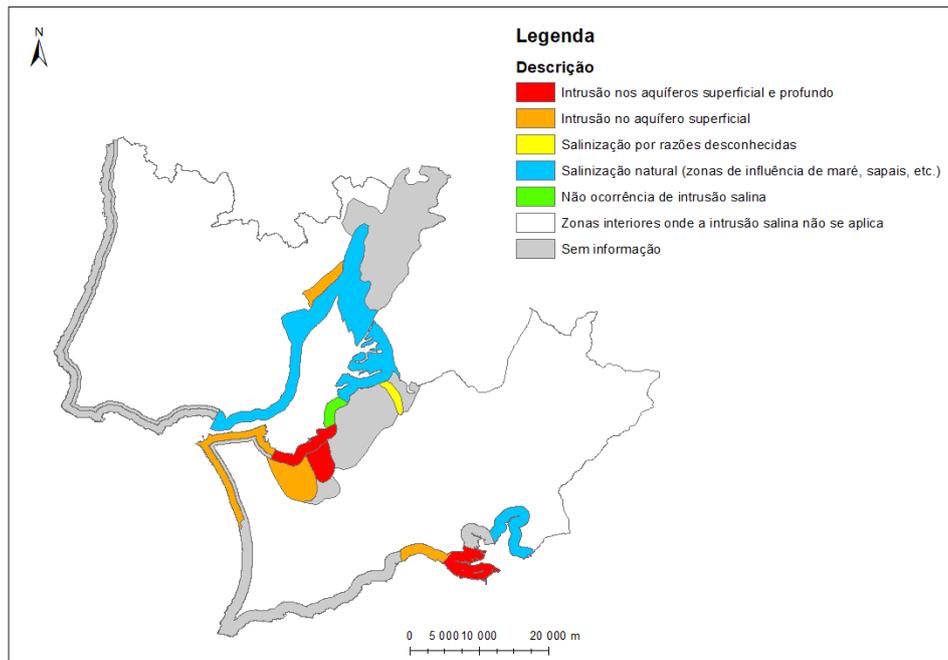


Figura 3.2 – Alteração da salinidade/teor de cloretos em zonas litorais dos aquíferos na Área Metropolitana de Lisboa

Fonte: Base de dados do PMAAC-AML (2018) e Bibliografia citada no texto

No Quadro 3.4 apresentam-se as captações afectadas pela intrusão salina, segundo a informação da bibliografia acima citada.

Quadro 3.4 – N.º de pontos de captação subterrânea afectados por intrusão salina e descida dos níveis piezométricos

Concelhos	Furos na zona de intrusão salina	Furos em zonas de descida da piezometria
Alcochete	3	0
Almada	0	0
Barreiro	0	0
Moita	0	0
Montijo W	2	0
Montijo E	0	2
Palmela	0	31
Seixal	12 (2 em zona crítica*)	1

Concelhos	Furos na zona de intrusão salina	Furos em zonas de descida da piezometria
Sesimbra	0	0
Setúbal	0	0

*Considera-se zona crítica uma área onde esteja referenciada intrusão salina no aquífero superficial e no profundo

3.3 Sensibilidade climática actual à escala da Área Metropolitana de Lisboa

Na AML a distribuição dos recursos hídricos subterrâneos e sua tipologia é bastante distinta entre a Margem Direita e a Margem Esquerda do Tejo (cf. Rocha in PMAAC-AML, 2018b; Quadro 3.5). Na margem direita do Tejo ocorre: (1) conjunto de formações relativamente pouco produtivas incluídas respectivamente na Orla Ocidental Indiferenciada do Tejo e Orla Ocidental Indiferenciada das Ribeiras do Oeste, (2) a extremidade de jusante do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Direita, que abrange o extremo NW do concelho de Vila Franca de Xira, (3) o pequeno aquífero cársico Pisões-Atrozela e (4) o sistema aquífero das Aluviões do Tejo no concelho de Vila Franca de Xira. Na margem esquerda do Tejo, ocorre: (1) o sector oriental do sistema aquífero Aluviões do Tejo, (2) o sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda (o maior aquífero de Portugal) e (3) a Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Sado (correspondendo à área da Serra da Arrábida).

Deste modo, se por um lado, a AML possui um vasto volume de recursos hídricos subterrâneos, estes não estão uniformemente distribuídos ao longo da região, pelo que a sua relevância (e sensibilidade climática) variam de concelho a concelho. A informação do Quadro 3.5 mostra que a margem direita do Tejo possui escassez neste recurso, que serve sobretudo para pequenos abastecimentos locais. As captações têm, de um modo geral, caudal reduzido, podendo contudo ser localmente relevantes para o abastecimento agrícola (ex.: Mafra), doméstico (sistema aquífero Pisões-Atrozela, nos concelhos de Sintra e Cascais) ou mesmo industrial (ex.: captações profundas na zona de Vila Franca de Xira, explorando níveis produtivos da Orla Ocidental Indiferenciada do Tejo). A produtividade destas captações é variável, dependendo das características hidrogeológicas das formações captadas.

A margem esquerda do Tejo tem abundância destes recursos hídricos dado estar inclusa nos sistemas aquíferos Aluviões do Tejo e Tejo/Sado – Margem Esquerda (o maior aquífero de Portugal, em área; cf. Almeida et al., 2000). Por essa razão, a generalidade dos consumos nesta margem é abastecida por origens subterrâneas. Dada a boa permeabilidade e elevada capacidade de armazenamento, o sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda assegura, no seu cômputo global, a satisfação das necessidades actuais de água da região.

Quadro 3.5 – Área, tipo de aquífero e sua produtividade

Sistema aquífero	Localização	Área (km ²)	Natureza do aquífero	Produtividade
Tejo-Sado/Margem Esquerda		6920	Poroso	Muito produtivo
Aluviões do Tejo	Margem Esquerda do Tejo	1090	Poroso	Muito produtivo
Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Sado		72,2	Fracturado/cársico	Pouco produtivo
Tejo-Sado/Margem Direita*		1620	Poroso	Muito produtivo
Pisões-Atrozela		22,1	Cársico	Produtivo
Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo	Margem Direita do Tejo	854,1	Poroso/fracturado	Pouco produtivo
Orla Ocidental Indiferenciada das Bacias das Ribeiras do Oeste		1801	Poroso/fracturado	Pouco produtivo

* Ocupa apenas a zona mais NE da margem direita do Tejo (cf. Figura 2.9 in Novo, 2020)

As Aluviões do Tejo, apesar de serem um sistema aquífero com grande capacidade de armazenamento, são actualmente pouco exploradas pois encontram-se contaminadas por nitratos devido à agricultura intensiva. Por esta razão encontram-se incluídas na Zona Vulnerável do Tejo, a qual aliás abarca também uma significativa área do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda (cf. Portaria 164/2010, de 16 de Março in <https://dre.pt/application/file/611853>). As captações para abastecimento público que atravessam as formações aluvionares, não captam nas Aluviões do Tejo, mas nos níveis aquíferos mais profundos, pertencentes ao sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda que lhe subjaz.

À escala regional da AML, a sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos é controlada pela exposição ao clima – alterações da precipitação e temperatura, que condicionam a recarga – e seus efeitos indirectos (ex.: subida do nível do mar, alteração do coberto vegetal). A sensibilidade climática, porque se manifesta na alteração das disponibilidades hídricas, é ainda controlada pelas características intrínsecas dos aquíferos dimensão do aquífero, sua natureza (poroso, cársico), profundidade do nível produtivo captado, seu grau de confinamento, geometria e tectónica e distância ao litoral (cf. sub-capítulos 3.1 e 3.2). A sensibilidade climática pode ser agravada por sobre-exploração, a qual pode ser devida a estratégias de adaptação com efeitos adversos para estes recursos. Em termos globais as situações que se deparam na AML são as seguintes:

- **Sensibilidade à variação média de longo prazo da precipitação/temperatura e às secas** – a sensibilidade é expressa pela alteração dos níveis de água – em consequência da variação da recarga devido a estas variações de longo prazo – e em consequência na disponibilidade hídrica. A alteração dos níveis de água, que ocorre inicialmente nas zonas aquíferas mais superficiais, pode estender-se aos níveis aquíferos mais profundos caso a resposta a estas

alterações seja um aumento da exploração de água em profundidade. Esta sensibilidade aplica-se a toda a área do aquífero. As seguintes situações ocorrem na AML:

- **Sistemas aquíferos de grandes dimensões** – os sistemas aquíferos de grandes dimensões (Aluviões do Tejo, Tejo/Sado – Margem Esquerda e Tejo/Sado – Margem Direita) são, por todas as razões expostas, pouco sensíveis às variações climáticas, em particular às secas, embora a sua sensibilidade deva ser maior face às alterações de longo prazo. Esta baixa sensibilidade expressa-se pelo rebaixamento moderado dos níveis de água à escala global do aquífero, dada a sua grande capacidade regulatória devida ao elevado volume de água armazenado. No entanto, esta sensibilidade varia para cada um dos níveis produtivos em função da sua profundidade. Assim, os níveis produtivos mais superficiais, porque mais expostos aos factores climáticos, nomeadamente à perda de água por evapotranspiração, são mais sensíveis do que os níveis aquíferos intermédios e profundos, os quais estão protegidos dos efeitos directos das variações climáticas devido à sua natureza semi-confinada a confinada. Esta sensibilidade é expressa por um rebaixamento mais acentuado das piezometrias nos níveis aquíferos superficiais, rebaixamentos esses que podem causar a secagem de poços e nascentes.
- **Aquíferos de pequenas dimensões/cársicos** – nos aquíferos cársicos de curtos tempos de residência das águas, em particular se de reduzida dimensão como é o caso do aquífero Pisões – Atrozela, a resposta à variabilidade climática é rápida e traduz-se por variações acentuadas dos níveis de água. Tal variação impacta o funcionamento de nascentes e galerias de captação, afectando significativamente a disponibilidade e fiabilidade do recurso hídrico subterrâneo. Por estas razões, tais aquíferos têm sensibilidade muito alta às variações do clima, dada a sua reduzida capacidade de auto-regulação.
- **Zonas de fraco potencial aquífero** – nas Orlas Ocidentais Indiferenciadas da Bacia do Tejo, da Bacia do Sado e das Bacias das Ribeiras do Oeste, as zonas produtivas são: (1) unidades aquíferas superficiais de reduzida dimensão, logo muito sensíveis às variações climáticas, por pequenas que sejam, (2) unidades aquíferas mais profundas, e como tal, menos sensíveis. Por esta razão, e apesar do mapa de exposição às secas (cf. Figura 2.6) indicar uma exposição baixa, excepto nas zonas litorais sul e da bordadura com o estuário do Tejo, consideram-se as Orlas Indiferenciadas como de sensibilidade alta à variabilidade climática.
- **Zonas cársicas de fraco potencial aquífero** – correspondem à Orla Indiferenciada da Bacia do Sado, onde ocorrem zonas de natureza porosa e as unidades calcárias mais ou menos carsificadas da Serra da Arrábida. Pelas razões anteriormente expostas, atribuiu-se às zonas de natureza porosa uma sensibilidade alta e muito alta às zonas cársicas desenvolvidas.
- **Sensibilidade à subida do nível do mar** – esta sensibilidade manifesta-se somente nas regiões litorais, incluindo os dos estuários do Tejo e do Sado. Tipicamente esta sensibilidade

refere-se aos aquíferos mais superficiais, mas no caso dos litorais de arriba esta sensibilidade refere-se não aos níveis produtivos mais superficiais mas aos situados na zona do nível do mar. Embora a sensibilidade possa variar em função das características intrínsecas dos aquíferos nas zonas litorais (cf. sub-capítulo 3.2.2), dos regimes de exploração e da taxa de subida local do nível do mar, tende a ser elevada nas zonas sobre-exploradas, em particular em litorais de depósitos bem calibrados (ex.: areias de praia) e/ou em sobre-exploração. Assim, considerou-se uma sensibilidade muito alta para as áreas de Costa da Caparica-Trafaria (cf. sub-capítulo 3.5.3 in Novo, 2020; Ferreira, 2012) e para as zonas sobre-exploradas do litoral do Barreiro (cf. Zeferino, 2016), Margueira a Quinta da Bomba, Setúbal, Praias do Sado, Alverca, Alhandra e Vila Franca de Xira (Mendonça e Silva, 2003; Barreiras, 2009; Partidário et al., 2009; Ferreira, 2012; Zeferino, 2016). A sensibilidade é alta no restante litoral de areia e baixa a média nas zonas de depósitos argilosos, como sejam os litorais de sapal, dependendo a sensibilidade da extensão e espessura dos depósitos de sapal. Nos litorais de arriba, dado o desconhecimento actual da situação, considerou-se uma sensibilidade baixa na generalidade dos casos, alta-muito alta no caso de litorais cársicos e média no caso em que nestes litorais haja sido reportada intrusão salina. Às zonas de litoral afectadas pelas cheias de estuário, porque indiciam áreas que poderão ser parcialmente submersas pela futura subida do nível do mar até ao final do séc. XXI, atribui-se igualmente uma sensibilidade alta, com a excepção para as zonas de sapal, que pela sua natureza litológica deverão possuir sensibilidade média. Estão neste caso as zonas ribeirinhas do Seixal, Barreiro, Moita, Montijo, Alcochete, Palmela e Setúbal.

Também para a intrusão salina se deveria elaborar um mapa de sensibilidade para as unidades aquíferas mais superficiais e um outro para as unidades aquíferas mais profundas, tanto mais que nalguns casos foi referenciada intrusão salina também no aquífero intermédio (ex.: Barreiro, cf. Barreiras, 2009). No entanto, a escassez de dados levou a que se optasse por mapas dos índices de sensibilidade considerando os sistemas aquíferos no seu todo, excluindo as zonas interiores no caso da intrusão salina. Nas Figura 3.3 e Figura 3.4 apresentam-se os mapas de sensibilidade para secas e intrusão salina.

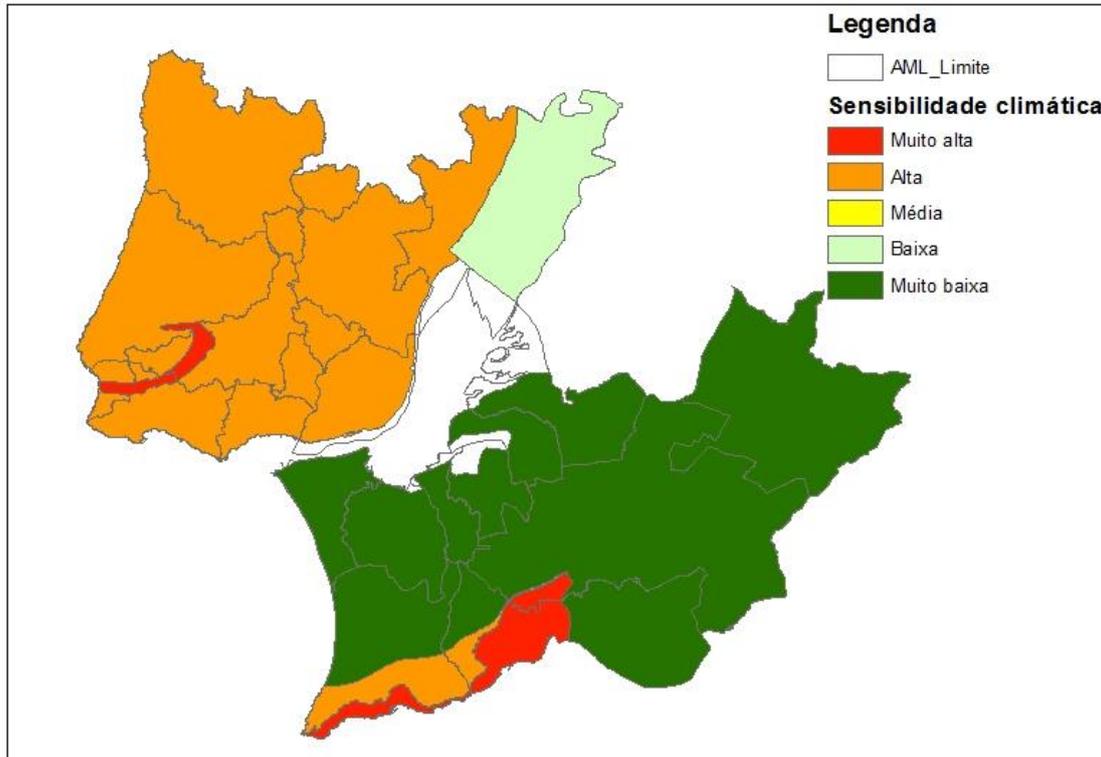


Figura 3.3 – Sensibilidade às secas e variações das médias climáticas da precipitação/temperatura

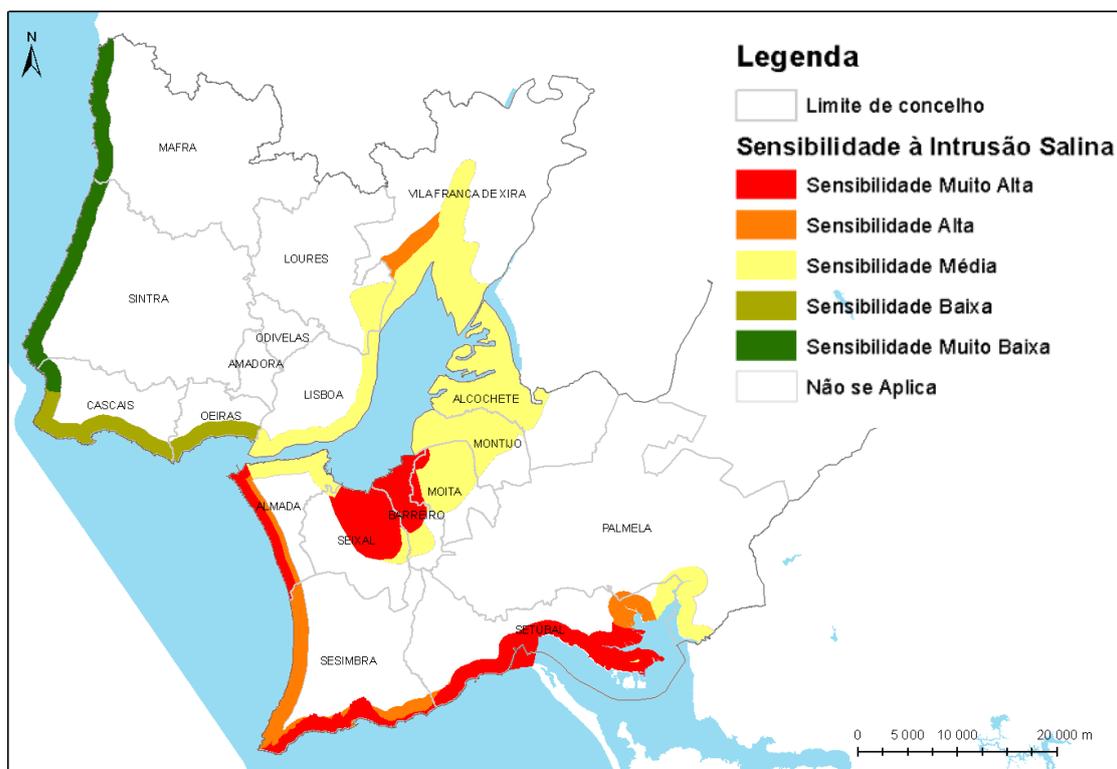


Figura 3.4 – Sensibilidade à intrusão salina

3.4 Análise de sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos por concelho da AML

A análise da sensibilidade por concelho da AML considerou a exposição climática aos eventos extremos e alteração das médias dos parâmetros climáticos, tendo por base a cartografia de indicadores de sensibilidade climática, a cartografia georreferenciada da informação existente (incluindo pontos de captação) e o seu cruzamento com a cartografia de riscos climáticos realizada para o PMAAC-AML (cf. PMAAC-AML, 2018a) referida no capítulo 2 |. Nos quadros que se seguem, a sensibilidade registada para a globalidade da AML (assinalada por ●) refere-se às componentes superficiais e subterrâneas dos recursos hídricos, enquanto a análise por concelho (assinalada por ◆) é avaliada exclusivamente em função das características e funcionamento dos aquíferos.

3.4.1 Alcochete

A sensibilidade ao risco de variação sazonal das temperaturas e da precipitação será média no aquífero superficial e baixa a muito baixa no profundo. Assim, para este concelho, assume-se uma sensibilidade global média do aquífero (Quadro 3.6).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação será média a alta no aquífero superficial e baixa no profundo, uma vez que este risco tem uma tendência de longo prazo e impacta de forma significativa a recarga dos aquíferos. Assim, e para a globalidade do sistema aquífero neste concelho, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.6).

A sensibilidade às secas será média para o aquífero superficial e baixa para o aquífero profundo, devendo aumentar no futuro (o risco futuro de seca prevê-se elevado, cf. Figura 2.10 e Figura 2.11), sobretudo para o aquífero superficial se as secas se tornarem muito mais frequentes, severas e prolongadas. Note-se que neste concelho há um grande número de captações (cf. Figura 3.12 in Novo, 2020) e embora não sejam conhecidas situações de sobre-exploração, nas áreas onde há grande concentração destas (cf. sub-capítulo 3.5.1 in Novo, 2020), a sensibilidade deverá considerar-se mais elevada, em particular no aquífero profundo. Isto porque, em situações de seca, a exploração do aquífero inferior tende a aumentar, podendo causar, localmente, problemas de qualidade ou rebaixamento excessivo dos níveis piezométricos. Deste modo, e considerando o risco actual e futuro de seca, admite-se uma sensibilidade baixa a média para a globalidade do aquífero (Quadro 3.6).

A sensibilidade à subida do nível do mar, dada a provável ocorrência de intrusão salina no aquífero superficial (Simões, 1988; cf. sub-capítulo 3.5.1 in Novo, 2020), deve considerar-se elevada no aquífero superficial e moderada no aquífero profundo. No entanto mesmo zonas mais interiores podem ser sensíveis a este risco – em termos de intrusão salina – como parece ser sugerido pelo significativo teor de cloretos nalguns furos (cf. sub-capítulo 3.5.1 in Novo, 2020), o que pode indiciar a intrusão nestes locais. Se se assumir que as zonas mais próximas do litoral afectadas por inundações costeiras possam ser submersas pela subida do nível do mar, o facto destas áreas terem uma grande dimensão (Figura 2.9) sugere que a extensão da intrusão salina associada será ainda mais significativa, entendendo-se

bem mais para o interior do que actualmente. Para a globalidade do aquífero (na zona costeira) deve considerar-se uma sensibilidade elevada (Quadro 3.6).

Quadro 3.6 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Alcochete

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Aquífero superficial • Captações na zona litoral e no aquífero superficial • Zona litoral 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○ ×				
B. Redução da precipitação		○		◆		
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○ ×				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○			◆	
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○ ×				
I. Gelo/geada/neve		○ ×				
J. Granizo		○ ×				
K. Ventos fortes		○ ×				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○ ×				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML × Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.2 Almada

A sensibilidade aos riscos de modificação sazonal das precipitações e de redução da precipitação será média no aquífero superficial e média a baixa no aquífero profundo. Para a globalidade do sistema aquífero neste concelho, por precaucionaridade, admite-se uma sensibilidade média devido aos

eventuais problemas de sobre-exploração que possam ocorrer nas zonas de maior concentração de captações (Quadro 3.7).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação será média para o aquífero superficial e média a baixa no aquífero profundo. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média que pode, contudo, ser alta nas zonas de eventual sobre-exploração (Quadro 3.7).

A sensibilidade ao risco de seca, que se deverá manter pouco alterada no futuro dado este risco permanecer igual no concelho (cf. Figura 2.17 e Figura 2.18), será média a localmente elevada (nas zonas mais exploradas) para o aquífero superficial e baixa para o aquífero profundo. Globalmente considerou-se uma sensibilidade média, tendo em conta o princípio da precaucionaridade caso as captações do Seixal sejam significativamente impactadas pelas alterações climáticas (Quadro 3.7).

A sensibilidade ao risco de cheias de estuário – o qual apenas ocorre na zona leste do concelho, e é actualmente reduzido, passando a moderado no futuro (Figura 2.12 e Figura 2.13) – será globalmente baixa. Tal resulta do litoral nessa região estar ocupado com estruturas portuárias, estaleiros e estruturas de barreira ao avanço das águas ou ser litoral de arriba. Quanto ao risco de erosão e inundação costeira (cf. Figura 2.14, Figura 2.15 e Figura 2.16), a sensibilidade do litoral ocidental será elevada (Quadro 3.7).

A sensibilidade à subida do nível médio do mar (traduzida pelo avanço da intrusão salina) encontra-se assim distribuída pelo litoral do concelho:

- **Nas zonas onde actualmente ocorre intrusão salina**, a sensibilidade é muito alta no aquífero superficial e moderada a baixa no aquífero profundo. Estão neste caso a zona entre Margueira/Quinta da Bomba e eventualmente a zona da Costa da Caparica/Trafaria (cf. Noronha et al., 2012; Ferreira, 2012).
- **Nas zonas de forte erosão/inundação costeira**, como é o caso da área litoral entre Cova do Vapor e Cabo Espichel, são áreas futuramente sensíveis à intrusão salina, pelo que se atribui sensibilidade média a alta no aquífero superficial e média a baixa no profundo.

Assim, para a globalidade do sistema aquífero na zona litoral, a sensibilidade será a média a alta (Quadro 3.7).

Quadro 3.7 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Almada

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> Zona costeira em particular Cova do Vapor/Cabo Espichel e Margueira/Quinta da Bomba Níveis aquíferos superficiais Captações na zona litoral e no aquífero superficial 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○✕				
B. Redução da precipitação		○		◆		
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○◆*			
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✕				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○			◆	
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✕				
I. Gelo/geada/neve		○✕				
J. Granizo		○✕				
K. Ventos fortes		○✕				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✕				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✕ Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.3 Amadora

Dadas as características da Orla Ocidental indiferenciada da Bacia do Tejo e a localização geográfica deste concelho, os únicos riscos significativos serão a redução da precipitação e a alteração sazonal das precipitações e temperaturas e as secas. A sensibilidade a estes riscos, dadas as reduzidas capacidades de armazenamento e rebaixamentos acentuados em condições de estiagem, será média a alta para os níveis produtivos superficiais e baixa a média nos níveis produtivos mais profundos. Deste modo, e, globalmente, a sensibilidade será média (Quadro 3.8). Contudo esta deverá aumentar

no futuro, em particular para as secas, uma vez que o actual risco baixo (Figura 2.19) se tornará médio a elevado (Figura 2.20).

A sensibilidade à subida do nível do mar não se aplica dado este ser um concelho de interior.

Quadro 3.8 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho da Amadora

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> Níveis aquíferos superficiais Captações nos níveis aquíferos superficiais 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○◆				
B. Redução da precipitação		○◆				
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✘				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar	◆	○				
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✘				
I. Gelo/geada/neve		○✘				
J. Granizo		○✘				
K. Ventos fortes		○✘				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✘				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✘ Não se aplica às águas subterrâneas
◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.4 Barreiro

A sensibilidade aos riscos de (1) variação sazonal das temperaturas e (2) da precipitação será média no aquífero superficial e baixa no profundo, pelo que globalmente se admite uma sensibilidade baixa a média (Quadro 3.9).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação será média a alta no aquífero superficial e média a baixa no profundo, pelo que globalmente se admite uma sensibilidade média (Quadro 3.9). No entanto esta sensibilidade pode ser significativa se se considerar que neste concelho o abastecimento é integralmente suprido por águas subterrâneas, como aliás para a generalidade dos demais concelhos da AML na margem sul do Tejo .

A sensibilidade ao risco de seca média no aquífero superficial é baixa e muito baixa no profundo. Deste modo, globalmente, assume-se uma baixa sensibilidade às secas (Quadro 3.9). Esta sensibilidade deverá manter-se no futuro, dado que o risco de seca permanecerá igual ao actual (cf. Figura 2.23 e Figura 2.24).

A sensibilidade ao risco de subida do nível do mar será alto, tanto mais que já se verificam situações de intrusão salina. Nessas zonas a sensibilidade é muito alta. O aquífero profundo, porque mais protegido dos efeitos da subida do nível do mar, terá uma sensibilidade média a baixa. No entanto, em zonas sobre-exploradas onde já ocorre salinização devido a descargas a partir do aquífero superficial (cf. Zeferino, 2016), a sensibilidade deverá considerar-se média a alta. Assim, globalmente, a sensibilidade a este risco é alta (Quadro 3.9). Esta sensibilidade poderá tornar-se alta a muito alta no futuro, caso parte da zona litoral (onde o risco de inundação estuarina se tornará muito elevado (Figura 2.21 e Figura 2.22)) fique submersa e deste modo a intrusão salina se expanda para o interior.

Quadro 3.9 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho do Barreiro

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Níveis aquíferos superficiais • Zonas litorais • Captações nos níveis aquíferos superficiais 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexis- tente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		⊗				
B. Redução da precipitação		○		◆		
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○	◆		

Sector	Recursos hídricos					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✘				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○			◆	
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✘				
I. Gelo/geada/neve		○✘				
J. Granizo		○✘				
K. Ventos fortes		○✘				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✘				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✘ Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.5 Cascais

A sensibilidade aos riscos de (1) variação sazonal da temperatura e precipitação e (2) redução da precipitação, é muito alta para o sistema aquífero Pisões-Atrozela, o que é ilustrado pelas grandes variações de caudais e níveis de água, com impactos inclusive na sua qualidade. A mesma sensibilidade foi atribuída aos pequenos níveis produtivos da zona da Serra de Sintra, pelas mesmas razões de significativa variação dos caudais em períodos de estiagem. Para as Orlas Indiferenciadas, as unidades mais superficiais terão uma sensibilidade alta a muito alta, e os níveis profundos (que abastecem campos de golfe e indústrias) terão uma sensibilidade baixa a muito baixa, dado o seu carácter confinado. Assim, globalmente, considerou-se uma sensibilidade alta a muito alta (Quadro 3.10).

A sensibilidade ao risco de seca (cf. Figura 2.28 e Figura 2.29) é alta a muito alta para os sistemas aquíferos Pisões-Atrozela e Serra de Sintra, que terão sensibilidade elevada a muito elevada. Nas Orlas Indiferenciadas, as unidades produtivas mais superficiais apresentarão uma sensibilidade média a alta e nas unidades profundas, a sensibilidade será baixa. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade alta (Quadro 3.10).

A sensibilidade à subida do nível do mar será baixa ao longo do litoral de arriba, podendo considerar-se média nas zonas de importante recuo deste litoral, as quais são algo circunscritas, e média na generalidade do litoral arenoso (cf. Figura 2.25, Figura 2.26 e Figura 2.27) visto este ser – com a

excepção da zona do Guincho – constituído por praias relativamente pequenas nas zonas mais abrigadas de falésia, várias delas já actualmente total ou quase totalmente submersas durante a preia-mar. Assim, globalmente, atribuiu-se uma sensibilidade baixa à subida do nível do mar (Quadro 3.10). Esta sensibilidade poderá contudo tornar-se mais relevante em áreas onde ocorra sobre-exploração, dado que favorece o avanço da intrusão salina e sua eventual extensão para níveis mais profundos que estejam sobre-explorados.

Quadro 3.10 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Cascais

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema aquífero Pisões Atrozela • Pequenas unidades produtivas pouco profundas na restante área do concelho • Serra de Sintra • Captações instaladas nestas regiões 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa	○✘					
B. Redução da precipitação	○					◆
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○			◆
D. Secas			○		◆	
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor	○✘					
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	○					◆
G. Nível médio das águas do mar	○		◆			
H. Temperaturas baixas/ondas de frio	○✘					
I. Gelo/geada/neve	○✘					
J. Granizo	○✘					
K. Ventos fortes	○✘					
L. Tempestades/tornados/trovoadas	○✘					

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho
 ✘ Não se aplica às águas subterrâneas

3.4.6 Lisboa

A sensibilidade aos riscos de alterações sazonais da precipitação e temperatura está, no caso do município de Lisboa, fortemente condicionada pela intensa urbanização, que se por um lado reduziu a recarga e a capacidade dos níveis produtivos (Ribeiro et al., 2017), por outro criou condições de confinamento que de alguma forma mais ou menos isolam as unidades aquíferas destes riscos. Por esta razão admite-se uma baixa sensibilidade a estes riscos (Quadro 3.11).

A sensibilidade ao risco de seca, pelas mesmas razões de impermeabilização que confinam a maioria destes níveis produtivos, admite-se baixa a muito baixa, nos níveis aquíferos mais profundos. Assim, globalmente, considera-se uma sensibilidade baixa (Quadro 3.11), que se deverá manter no futuro, dado o risco de seca pouco variar face ao actual (cf. Figura 2.33 vs. Figura 2.34).

Considerando a baixa linha de costa, a influência das marés e zonas salinizadas, as diferentes litologias ao longo da zona ribeirinha e a distribuição das captações (Figura 3.23 in Novo, 2020), a sensibilidade ao risco de subida do nível do mar (que até 2100 poderá ser de 0,26 a 0,38 cm (IPCC, 2013) será alta na zona do Parque das Nações e para a bordadura de aterros na zona de Alcântara-Belém (cf. sub-capítulo 3.5.6 in Novo, 2020); será baixa na restante zona ribeirinha e para as unidades produtivas superficiais. As unidades produtivas profundas, pelo seu confinamento, deverão ter sensibilidade média a baixa. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade baixa a média (Quadro 3.11).

Quadro 3.11 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Lisboa

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> Zona ribeirinha Captações em unidades superficiais, em particular na zona ribeirinha 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○✘				
B. Redução da precipitação		○	◆			
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○◆			
D. Secas			○◆			
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✘				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○	◆			

Sector	Recursos hídricos					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexis- tente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
G. Nível médio das águas do mar		○		◆		
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✘				
I. Gelo/geada/neve		○✘				
J. Granizo		○✘				
K. Ventos fortes		○✘				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✘				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✘ Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.7 Loures

A sensibilidade aos riscos de alterações sazonais da precipitação e temperatura será elevada nos pequenos níveis produtivos superficiais (ex.: depósitos aluvionares) e baixa nos níveis aquíferos mais profundos, que são os mais relevantes em termos de abastecimento dos consumos. Sendo a extensão das unidades superficiais muito reduzida, considerou-se globalmente uma sensibilidade baixa (Quadro 3.12).

Quadro 3.12 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Loures

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Níveis aquíferos superficiais • Zona da Várzea de Loures • Captações nessas regiões/níveis aquíferos 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexis- tente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○✘				
B. Redução da precipitação		○		◆		
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○◆			

Sector	Recursos hídricos					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor	○×					
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	○		◆			
G. Nível médio das águas do mar	○				◆	
H. Temperaturas baixas/ondas de frio	○×					
I. Gelo/geada/neve	○×					
J. Granizo	○×					
K. Ventos fortes	○×					
L. Tempestades/tornados/trovoadas	○×					

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✕ Não se aplica às águas subterrâneas

◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação será elevada a muito elevada nos níveis produtivos superficiais e média a baixa nos níveis aquíferos profundos. Assim, para a globalidade do concelho considerou-se uma sensibilidade climática média (Quadro 3.12).

A sensibilidade às secas será elevada a muito elevada nos níveis produtivos superficiais e baixa para os profundos. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.12). Esta sensibilidade aumentará significativamente no futuro, em particular na zona centro-norte do concelho (Figura 2.37 vs. Figura 2.38), dado o previsto aumento significativo deste risco.

A sensibilidade à subida do nível do mar é considerada média a alta na generalidade da zona ribeirinha (Quadro 3.12), podendo ser muito alta em zonas salinizadas, caso isto se deva a sobre-exploração. Assim, globalmente admitiu-se uma sensibilidade alta. Se se admitir que as zonas de inundação estuarina (Figura 2.35 e Figura 2.36) poderão no futuro ser parcialmente submersas pela subida do nível do mar – levando ao avanço da intrusão salina – é de admitir que esta sensibilidade aumente para uma maior extensão de litoral.

3.4.8 Mafra

A sensibilidade aos riscos de alteração sazonal da precipitação e da temperatura será alta a muito alta para os níveis produtivos mais superficiais (ex.: aluviões), dependendo das suas dimensões, espessuras e características hidráulicas. A sensibilidade será baixa para os níveis profundos. Deste modo, e considerando que os níveis superficiais terão reduzida expressão em área (e também em termos de consumos), admite-se globalmente uma sensibilidade baixa a média (Quadro 3.13).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação será alta a muito alta, nas unidades produtivas superficiais, e média a baixa, nas unidades mais profundas. Assim, globalmente, a sensibilidade será média (Quadro 3.13).

A sensibilidade ao risco de seca é média a alta, para os níveis produtivos mais superficiais, e, baixa, para os profundos. Assim, globalmente, a sensibilidade será baixa a média (Quadro 3.13). No futuro esta sensibilidade deverá tornar-se média a alta ou mesmo muito alta (na zona leste do concelho), dada a evolução prevista do risco de seca (cf. Figura 2.42 e Figura 2.43).

A sensibilidade ao risco de subida do nível do mar para as zonas de litoral de areia com alguma expressão (zona da Ericeira) admite-se como média a alta. No restante litoral de areia, porque acantonado às arribas, atribuiu-se a sensibilidade média do litoral de arriba, tendo em conta o risco de erosão das arribas (Figura 2.39 e Figura 2.41). Assim, globalmente, a sensibilidade será média (Quadro 3.13). Futuramente, e dado o aumento do risco de erosão no litoral norte do concelho (Figura 2.41), projecta-se que esta sensibilidade, nessa região passe a alta.

Quadro 3.13 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Mafra

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades aquíferas produtivas superficiais e pouco profundas (ex.: zonas aluvionares) • Captações nessas unidades 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexis- tente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		⊙ ×				
B. Redução da precipitação		○		◆		
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		⊙ ×				

Sector	Recursos hídricos					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○		◆		
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○ ×				
I. Gelo/geada/neve		○ ×				
J. Granizo		○ ×				
K. Ventos fortes		○ ×				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○ ×				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho
 × Não se aplica às águas subterrâneas

3.4.9 Moita

A sensibilidade aos riscos de variação sazonal da precipitação e temperatura será média a baixa, nos aquíferos superficiais, e, baixa, nos aquíferos profundos, dado estes estarem menos sujeitos a perdas por evapotranspiração. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.14). No entanto, dado o número significativo de captações no aquífero no aquífero superficial (cf. sub-3.5.9. in Novo, 2020), uma variação sazonal acentuada destas normais climáticas pode ter localmente efeitos significativos nestas captações.

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação, entendida como uma tendência de longo prazo, é média a localmente alta, no aquífero superior, e, baixa a média, no aquífero profundo. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média a alta (Quadro 3.14).

Quadro 3.14 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho da Moita

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Aquífero superficial • Zona costeira • Captações nesse aquífero e muito em particular se ocorrentes na zona costeira 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○ ×				
B. Redução da precipitação		○		◆	◆	
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○ ×				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○			◆	
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○ ×				
I. Gelo/geada/neve		○ ×				
J. Granizo		○ ×				
K. Ventos fortes		○ ×				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○ ×				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML × Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

A sensibilidade ao risco de seca (Figura 2.46 e Figura 2.47) é média a alta, no aquífero superficial, e, média a baixa, no profundo. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.14). No entanto esta sensibilidade pode aumentar o futuro, em particular na zona leste do concelho onde o risco de seca se prevê que aumente (Figura 2.47), mormente num quadro admissível de redução da precipitação, que ainda mais agravará esta sensibilidade.

A sensibilidade à subida do nível do mar admite-se como média a alta, para o aquífero superficial, e, baixa a média, para o profundo, excepto no caso em que ocorram rebaixamentos significativos dos seus níveis de água. Com efeito, tal situação potencia a descarga de águas eventualmente salinizadas

a partir do aquífero superficial. Nestes casos a sensibilidade deverá considerar-se alta a muito alta. Assim, globalmente, considera-se uma sensibilidade alta (Quadro 3.14).

3.4.10 Montijo

A sensibilidade aos riscos de variação sazonal da precipitação e temperatura é similar – no sector ocidental deste concelho – à verificada no concelho da Moita tanto para o aquífero superficial como para o profundo. No entanto, para o sector oriental, de maior interioridade, a sensibilidade é média a alta para o aquífero superficial e média para o profundo. Deste modo, globalmente, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.15).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação, no sector ocidental, permanece similar à do concelho da Moita tanto para o aquífero superficial como para o profundo. No sector oriental esta sensibilidade é alta no aquífero superficial e média no aquífero profundo. Assim, e globalmente, admite-se uma sensibilidade alta (Quadro 3.15).

A sensibilidade ao risco de seca é média no aquífero superficial e baixa no profundo, no sector ocidental do concelho. No sector oriental, a sensibilidade é média a alta no superficial e baixa a média no profundo. Assim, globalmente admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.15) que contudo deverá passar a alta no futuro, com particular destaque no sector oriental do concelho, dado o futuro aumento do risco de seca (cf. Figura 2.50 e Figura 2.51).

A sensibilidade à subida do nível do mar é média a alta no aquífero superficial, admitindo-se alta a muito alta nas zonas que actualmente apresentam salinização. No aquífero profundo, admite-se uma sensibilidade média, sendo alta nas zonas subjacentes às áreas salinizadas do aquífero superficial cf. sub-capítulo 3.5.10 in Novo, 2020) que registem, em simultâneo, descidas acentuadas dos níveis de água. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade alta (Quadro 3.15). No sector oriental do concelho este risco não se verifica, dado ser uma região de interior e portanto esta sensibilidade é inexistente. No futuro, se se considerar o risco de inundação estuarina, que afectará uma boa parte do sector ocidental do concelho (Figura 2.48 e Figura 2.49), e se este risco se traduzir por uma submersão permanente de parte destas zonas de risco, então a sensibilidade deverá ser alta para uma maior extensão, potencialmente expressiva, do aquífero superficial. Isto poderá pôr em risco o funcionamento de diversas captações litorais (cf. Figura 3.29 in Novo, 2020), várias das quais poderão ser afectadas pelas futuras inundações estuarinas (Figura 2.48). As captações de abastecimento público, pela sua localização segundo a base de dados PMAAC, não deverão ser afectadas.

Quadro 3.15 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho do Montijo

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas costeiras • Aquífero superficial • Captações no aquífero superficial e, nas zonas costeiras, também no aquífero profundo 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○ ×				
B. Redução da precipitação		○			◆	
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○ ×				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○			◆	
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○ ×				
I. Gelo/geada/neve		○ ×				
J. Granizo		○ ×				
K. Ventos fortes		○ ×				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○ ×				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML × Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.11 Odivelas

A sensibilidade aos riscos de alteração na escala sazonal da precipitação e temperatura, dadas as características hidrogeológicas das formações, será alta nos níveis aquíferos mais superficiais (ex.: aluviões) e média a baixa nas unidades produtivas mais profundas. Assim, globalmente admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.16).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação, dado ser uma alteração de longo prazo com mais impacto no funcionamento do aquífero, assume-se alta a muito alta, nas unidades produtivas

superficiais, e, média a baixa, nas unidades profundas. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média a alta (Quadro 3.16).

A sensibilidade ao risco de secas é média a alta nas unidades produtivas superficiais e média nas profundas. Assim, globalmente, a sensibilidade é média a alta (Quadro 3.16). Considerando a evolução futura do risco de seca (cf. Figura 2.52 e Figura 2.53), a sensibilidade deverá tornar-se alta para a generalidade do conselho, podendo tornar-se alta a muito alta no sector SW.

A sensibilidade ao risco de subida do nível do mar não existe, por o concelho ser interior (Quadro 3.16).

Quadro 3.16 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Odivelas

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> Níveis aquíferos mais superficiais Captações localizadas nesses níveis 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa	○✕					
B. Redução da precipitação	○			◆	◆	
C. Alteração na escala sazonal da precipitação				◆		
D. Secas			○	◆	◆	
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor	○✕					
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	○			◆		
G. Nível médio das águas do mar	○✕					
H. Temperaturas baixas/ondas de frio	○✕					
I. Gelo/geada/neve	○✕					
J. Granizo	○✕					
K. Ventos fortes	○✕					
L. Tempestades/tornados/trovoadas	○✕					

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✕ Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.12 Oeiras

A sensibilidade aos riscos de alteração na escala sazonal da precipitação e temperatura será alta para as pequenas unidades aquíferas superficiais, dadas as suas características hidrogeológicas, e baixa nas unidades profundas. Assim, globalmente, a sensibilidade será baixa (Quadro 3.17), atendendo à limitada extensão dos níveis produtivos superficiais e ao razoável confinamento dos profundos pelo Complexo Vulcânico de Lisboa (cf. http://lxrisk.cm-lisboa.pt/caract_geo_amb.html).

Quadro 3.17 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Oeiras

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Pequenas unidades produtivas superficiais • Zona litoral • Captações de água no litoral e/ou níveis produtivos superficiais 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○✘				
B. Redução da precipitação		○		◆		
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✘				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○	◆			
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✘				
I. Gelo/geada/neve		○✘				
J. Granizo		○✘				
K. Ventos fortes		○✘				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✘				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✘ Não se aplica às águas subterrâneas

◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação, que afecta os valores médios da recarga a longo prazo, admite-se alta a muito alta, nos níveis produtivos superficiais, e baixa a média nos profundos. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.17). No entanto, dada a sugestão de possível sobre-exploração destes recursos, devido à alteração actual da sua qualidade (GPDEIG/CMO, 2013), poderá localmente admitir-se uma sensibilidade alta.

A sensibilidade ao risco de seca é média nas unidades aquíferas superficiais, tornando-se alta na zona sul, e média a baixa para os níveis profundos. Assim, globalmente, a sensibilidade será média (Quadro 3.17). Futuramente, dada a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.56 vs. Figura 2.57), este risco deverá aumentar e tornar-se médio na zona sul do concelho; na zona norte o risco deverá tornar-se alto. De referir que nas zonas onde possa haver sobre-exploração, os impactos das secas serão particularmente sentidos.

A sensibilidade à subida do nível do mar é média a baixa nos níveis produtivos superficiais eventualmente existentes na zona costeira, dadas as estruturas de protecção do litoral existentes limitarem a erosão e avanço do mar e, deste modo, o avanço da intrusão salina. Nos níveis profundos, a sensibilidade será baixa, tanto mais que não se considera que as captações na zona litoral estejam em sobre-exploração (excepto pontualmente, caso abasteçam campos de golfe), situação que poderia promover a intrusão salina em profundidade. Assim, globalmente, a sensibilidade será baixa (Quadro 3.17). No futuro, com o aumento do risco de inundação e galgamento costeiro deverá ter reduzido impacto em termos de avanço do mar – e conseqüentemente a intrusão salina – dadas as estruturas de protecção do litoral que minimizarão, espera-se, tal avanço do oceano.

3.4.13 Palmela

A sensibilidade aos riscos de alteração sazonal da precipitação e temperatura é média a baixa no aquífero superficial e baixa a muito baixa no profundo. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade baixa, mas na eventualidade de ocorrerem áreas em sobre-exploração, estas terão sensibilidade média (Quadro 3.18).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação é média para o aquífero superficial e baixo a médio para o aquífero profundo, eventualmente alto nas zonas de rebaixamento continuado dos níveis de água (cf. sub-capítulo 3.5.13 in Novo, 2020). Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.18) mas zonas de grande densidade de furos (cf. sub-capítulo 3.5.13, Figura 3.37 in Novo, 2020) e/ou rebaixamento continuado dos níveis de água, admite-se sensibilidade alta.

A sensibilidade ao risco de seca é média a alta no aquífero superior e baixa a média no profundo. No entanto, nos locais de grande concentração de captações, o risco deverá ser médio a alto no profundo, dados os efeitos do aumento da exploração durante estes eventos. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média a alta (Quadro 3.18). O agravamento do risco de seca no futuro (cf. Figura 2.58 vs. Figura 2.59) significa que a sensibilidade futura deverá tornar-se globalmente alta e alta a muito alta nas zonas de rebaixamento continuado dos níveis de água e nas de grande concentração de captações.

A sensibilidade à subida do nível do mar tenderá a ser baixa nas zonas de sapal do aquífero superficial e média nas zonas arenosas, tornando-se baixa no profundo. Assim, globalmente, a sensibilidade será baixa (Quadro 3.18). Refira-se a este propósito que as captações para abastecimento doméstico, por se situarem em zonas de interior (cf. sub-capítulo 3.5.13, Figura 3.35 a 3.37 in Novo, 2020), não serão afectadas por este fenómeno.

Quadro 3.18 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Palmela

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Aquífero superficial • Aquífero profundo em zonas de grande densidade de captações • Margens do rio Sado • Captações nessas regiões e aquíferos 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○✘				
B. Redução da precipitação		○		◆		
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○◆			
D. Secas			○	◆	◆	
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✘				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○	◆			
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✘				
I. Gelo/geada/neve		○✘				
J. Granizo		○✘				
K. Ventos fortes		○✘				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✘				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✘ Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.14 Seixal

A sensibilidade aos riscos de alteração sazonal da precipitação e temperatura é média, no aquífero superficial, e média a baixa, no aquífero profundo. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.19).

Quadro 3.19 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho do Seixal

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Zona litoral • Aquífero superficial e zonas de sobre-exploração/rebaixamento das piezometrias no aquífero profundo • Captações localizadas nessas regiões 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○✘				
B. Redução da precipitação		○			◆	
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆		
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✘				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○		◆		
G. Nível médio das águas do mar		○			◆	
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✘				
I. Gelo/geada/neve		○✘				
J. Granizo		○✘				
K. Ventos fortes		○✘				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✘				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✘ Não se aplica às águas subterrâneas
◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação é média a alto no aquífero superficial e média no aquífero profundo, passando a alta nas zonas de eventual sobre-exploração (cf. sub-capítulo 3.5.14 in Novo, 2020). Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade alta (Quadro 3.19).

A sensibilidade ao risco de seca será média no aquífero superficial e baixa a média no profundo, eventualmente alta nas zonas de potencial sobre-exploração (cf. sub-capítulo 3.5.14 in Novo, 2020). Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média (Quadro 3.19). Esta sensibilidade deverá ser similar no futuro, atendendo à evolução do risco de seca (cf. Figura 2.62 vs. Figura 2.63).

A sensibilidade à subida do nível do mar é alta no aquífero superficial, atendendo à localização de diversas captações, algumas delas em zonas de risco actual de inundação estuarina. No aquífero profundo esta sensibilidade será média a baixa, excepto nas zonas litorais onde se verifique sobre-exploração ou condições propícias a esta, onde a sensibilidade será alta. Assim, globalmente a sensibilidade será alta (Quadro 3.19). No futuro, e considerando a evolução do risco de inundação de estuário (Figura 2.60 e Figura 2.61), e se se admitir que as zonas mais ribeirinhas sejam submersas pela subida do nível do mar, a sensibilidade será alta a muito alta (particularmente na zona leste do litoral) no aquífero superficial e alta no profundo, podendo tornar-se muito alta na zona leste, nos locais onde venha a ocorrer sobre-exploração.

3.4.15 Sesimbra

A sensibilidade aos riscos de alteração sazonal da precipitação e temperatura, é média no aquífero superficial e baixa a média no aquífero profundo, sendo a sensibilidade média associada a zonas onde tenha havido um decréscimo de longo prazo dos níveis de água. Assim, globalmente, a sensibilidade será baixa (Quadro 3.20).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação é média a alta no aquífero superficial e baixa a média no profundo. Assim, globalmente, a sensibilidade será média (Quadro 3.20), embora localmente em áreas eventualmente sobre-exploradas (cf. sub-capítulo 3.5.15 in Novo, 2020; Lobo-Ferreira et al., 2011), esta possa tornar-se alta. Note-se que em termos de abastecimento, os impactos devidos à redução da precipitação são sobretudo os registados no concelho do Seixal, de onde provém uma parte significativa do abastecimento.

A sensibilidade ao risco de seca é média a alto no aquífero superficial e baixa no profundo pelo que, globalmente, a sensibilidade será média (Quadro 3.20). Esta sensibilidade deverá manter-se no futuro dada a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.67 vs. Figura 2.68), podendo contudo tornar-se alta na zona da vila de Sesimbra.

A sensibilidade ao risco de subida do nível do mar deverá ser média a baixa no litoral de arriba, e média no litoral de areia (zona de Sesimbra e litoral a norte do Cabo Espichel). Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade média a baixa (Quadro 3.20). No futuro, considerando a evolução do risco de inundação e galgamento costeiro (cf. Figura 2.64 vs. Figura 2.65) e admitindo que a zona mais próxima do mar nestas zonas inundadas venha a ser permanentemente submersa, admite-se uma sensibilidade média a alta no litoral de areia; no litoral de arriba, face ao risco de erosão associado (cf. Figura 2.66), admite-se uma futura sensibilidade média. Contudo esta situação não deverá ter impacto nas captações dado a sua existência na zona litoral ser esparsa e o abastecimento doméstico ser suprido por origens de água no interior do concelho ou no concelho do Seixal (cf. sub-capítulo 3.5.15 in Novo, 2020).

Quadro 3.20 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Sesimbra

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Aquífero superficial • Captações neste aquífero 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa	○✘					
B. Redução da precipitação	○			◆		
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○◆			
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor	○✘					
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	○		◆			
G. Nível médio das águas do mar	○			◆		
H. Temperaturas baixas/ondas de frio	○✘					
I. Gelo/geada/neve	○✘					
J. Granizo	○✘					
K. Ventos fortes	○✘					
L. Tempestades/tornados/trovoadas	○✘					

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✘ Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

3.4.16 Setúbal

A sensibilidade aos riscos climáticos da alteração sazonal da precipitação e temperatura no sistema aquífero Bacia do Tejo/Sado – Margem Esquerda é média no aquífero superficial e baixa a média (em especial em zonas de potencial sobre-exploração; cf. sub-capítulo 3.5.16 in Novo, 2020) no aquífero profundo; no maciço da Serra da Arrábida/S. Luís esta sensibilidade é média a alta. Deste modo, admite-se para a globalidade do concelho uma sensibilidade baixa a média (Quadro 3.21).

Quadro 3.21 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Setúbal

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas de ocorrência de sobre-exploração • Zonas litorais • Maciço calcário da Serra da Arrábida/São Luís, em especial na sua orla litoral • Captações localizadas nestas zonas 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○✘				
B. Redução da precipitação		○			◆	
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○◆	◆		
D. Secas			○		◆	
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✘				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○	◆	◆		
G. Nível médio das águas do mar		○			◆	
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✘				
I. Gelo/geada/neve		○✘				
J. Granizo		○✘				
K. Ventos fortes		○✘				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✘				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho
 ✘ Não se aplica às águas subterrâneas

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação é, no sistema aquífero Bacia do Tejo/Sado – Margem Esquerda, média a alta para o aquífero superficial e baixa no profundo, excepto nas zonas sobre-exploradas (cf. sub-capítulo 3.5.16 in Novo, 2020), onde a sensibilidade será média a alta. Assim, globalmente, a sensibilidade será alta (Quadro 3.21).

A sensibilidade ao risco de seca é média a alta para o aquífero superficial do sistema aquífero Bacia do Tejo/Sado – Margem Esquerda, e média no profundo, tendo em consideração as ocorrências de sobre-exploração. Na Serra da Arrábida/S. Luís, a sensibilidade é alta a muito alta. Assim, globalmente, a sensibilidade será alta (Quadro 3.21). No futuro, e atendendo à evolução do risco de seca (cf. Figura

2.74 vs. Figura 2.75), esta sensibilidade deverá aumentar, podendo admitir-se uma sensibilidade alta a muito alta, em particular nas zonas cársicas e sobre-exploradas.

A sensibilidade à subida do nível do mar tenderá a ser baixa no aquífero superficial ao longo da zona ribeirinha do Sado ocupada por sapal e baixa a muito baixa no profundo. Na Mitrena e outras áreas litorais onde possa ocorrer sobre-exploração, a sensibilidade será alta a muito alta, tanto para o aquífero superficial como para o profundo, dadas as condições favoráveis da migração da intrusão salina para este último. No litoral de arriba, admite-se uma sensibilidade média a baixa, que pode contudo tornar-se alta nas zonas carsificadas. Assim, globalmente, a sensibilidade será alta (Quadro 3.21). Futuramente, face à evolução dos riscos de erosão e recuo das arribas, inundações de estuário e inundação e galgamentos costeiros (cf. Figura 2.69 a Figura 2.73), a sensibilidade deverá aumentar, em especial na zona da Mitrena, podendo aí tornar-se muito alta.

3.4.17 Sintra

A sensibilidade aos riscos de alteração sazonal da precipitação e temperatura será alta nas unidades aquíferas superficiais das Orlas Indiferenciadas do Tejo e Ribeiras do Oeste, tornando-se média a baixa nos níveis profundos⁵. No sistema aquífero Pisões-Atrozela a sensibilidade é muito alta, o que é reflectido pela expressiva variação sazonal das piezometrias (cf. sub-capítulo 3.5.17 in Novo, 2020). Assim, globalmente, a sensibilidade será média a alta (Quadro 3.22).

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação, sendo tendência de longo prazo e com impacto na recarga de aquíferos, é alta a muito alta para a generalidade dos níveis produtivos superficiais e média a baixa nos profundos das Orlas Ocidentais. No sistema aquífero Pisões-Atrozela a sensibilidade é muito alta. Assim, globalmente, admite-se uma sensibilidade muito alta (Quadro 3.22). Isto tem especial relevância para o abastecimento privado, dado que 89,6% das captações no concelho são subterrâneas (Silva Pinto et al., 2011; cf. sub-capítulo 3.5.17 in Novo, 2020).

A sensibilidade ao risco de seca é média nos níveis superficiais e média a baixa nos níveis profundos das Orlas Ocidentais. No sistema aquífero Pisões-Atrozela a sensibilidade é muito alta. Assim, globalmente, a sensibilidade será média a alta (Quadro 3.22). Futuramente, e tendo em conta a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.79 vs. Figura 2.80), a sensibilidade passará a alta nos níveis superficiais das Orlas Ocidentais – com excepção das freguesias de S. João das Lampas/Terrugem, onde não haverá grandes alterações - e o sistema aquífero Pisões-Atrozela terá sensibilidade muito alta.

⁵ À partida, quanto maior a profundidade, menor a sensibilidade.

Quadro 3.22 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Sintra

Sector	Recursos hídricos					
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas de litoral arenoso • Aquíferos superficiais • Captações localizadas nessas zonas 					
Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)						
Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa	○✕					
B. Redução da precipitação	○					◆
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○	◆	◆	
D. Secas			○	◆	◆	
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor	○✕					
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	○				◆	
G. Nível médio das águas do mar	○			◆		
H. Temperaturas baixas/ondas de frio	○✕					
I. Gelo/geada/neve	○✕					
J. Granizo	○✕					
K. Ventos fortes	○✕					
L. Tempestades/tornados/trovoadas	○✕					

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✕ Não se aplica às águas subterrâneas

◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

A sensibilidade ao risco de subida do nível do mar no litoral de arriba é baixa a eventualmente média nas zonas onde haja maior recuo do litoral. No litoral de areia, dada a sua ocupação humana, admite-se uma sensibilidade alta a, localmente, muito alta em zonas onde a evolução da piezometria (cf. Lobo-Ferreira et al., 2011) possa sugerir condições propícias à intrusão salina. Assim, globalmente, e considerando o predomínio do litoral de arriba, a sensibilidade será média (Quadro 3.22). Futuramente, a evolução dos riscos de galgamento e inundação costeira e erosão e recuo de arribas (cf. Figura 2.76, Figura 2.77 e Figura 2.78), e considerando que as zonas na bordadura oceânica das áreas pelas inundações costeiras possam ser parcialmente submersas, esta sensibilidade, globalmente, deverá tornar-se alta.

3.4.18 Vila Franca de Xira

A sensibilidade aos riscos de alteração sazonal da precipitação e temperatura será baixa no aquífero superior e baixa a muito baixa no aquífero profundo do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda, subjacente às Aluviões do Tejo. As Aluviões do Tejo têm sensibilidade média a localmente alta e, na Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo, a sensibilidade é alta nos níveis produtivos superficiais e média nos profundos, passando a alta nas zonas afectadas por sobre-exploração (cf. sub-capítulo 3.5.18 in Novo, 2020). Assim, globalmente, a sensibilidade é baixa (Quadro 3.23), mas nas zonas de concentração industrial na margem direita do Tejo esta tenderá a ser média.

A sensibilidade ao risco de redução da precipitação será baixa a média nas Aluviões do Tejo, baixa no aquífero superior e baixa a muito baixa no aquífero profundo do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda. Na Orla Ocidental Indiferenciada da Bacia do Tejo (sita na margem direita), os níveis produtivos superficiais têm sensibilidade alta, a localmente muito alta, e média nos níveis profundos, podendo tornar-se alta nas zonas sobre-exploradas. Assim, globalmente, a sensibilidade será baixa (Quadro 3.23), passando a alta na margem direita. Esta situação tem relevância no abastecimento à indústria (margem direita do Tejo) assim como para o de pequenos agregados rurais dispersos cujo abastecimento é de origem subterrânea (cf. sub-capítulo 3.5.18 in Novo, 2020).

A sensibilidade ao risco de seca, nas Aluviões do Tejo, é média a localmente alta (ex.: terraços aluvionares), média a baixa no aquífero superior e baixa no aquífero profundo do sistema Tejo/Sado – Margem Direita. Na margem direita do Tejo, a sensibilidade será alta a muito alta nos níveis produtivos superficiais e média nos profundos, passando a alta nas zonas sobre-exploradas. Assim, globalmente, a sensibilidade será média (Quadro 3.23), passando a alta na margem direita. No futuro, atendendo à evolução do risco de seca (cf. Figura 2.83 vs. Figura 2.84), esta sensibilidade tenderá a aumentar, devendo tornar-se média a alta e, localmente (ex.: zonas sobre-exploradas), muito alta.

A sensibilidade à subida do nível do mar será no geral média a alta para os aquíferos superficiais ao longo do rio até cerca de Valada (futuramente assume-se como podendo estender-se até perto do Conchoso), dadas as baixas cotas da região ribeirinha, a ligação hidráulica do aquífero com o rio e a distribuição da salinidade do Tejo. Esta sensibilidade será média a baixa nos aquíferos profundos, podendo tornar-se alta nas zonas de sobre-exploração junto das margens do Tejo. Na zona de sapal na embocadura do estuário, a sensibilidade será alta para os níveis produtivos subjacentes, dada a salinidade dos terrenos de sapal (cf. sub-capítulo 3.5.18 in Novo, 2020), e baixa nos níveis profundos. Assim, globalmente, a sensibilidade será média (Quadro 3.23). Futuramente, atendendo à evolução das inundações estuarinas (cf. Figura 2.81 vs. Figura 2.82) e admitindo que as áreas mais próximas da bordadura do estuário venham a ser permanentemente submersas, a sensibilidade manter-se-á similar à actual, excepto na margem direita, onde tenderá a aumentar.

Quadro 3.23 – Matriz de avaliação da sensibilidade climática dos recursos hídricos subterrâneos no concelho de Vila Franca de Xira

Sector	Recursos hídricos
Principais elementos sensíveis a riscos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Faixa ribeirinha e mouchões • Áreas afectadas por intrusão salina (ex.: Alverca, Alhandra, Vila Franca de Xira) e/ou sobre-exploradas • Captações ocorrentes nesses locais

Sensibilidade climática do sector, na AML e no concelho (escala metropolitana)

Riscos climáticos	Inexistente	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
A. Precipitação intensa		○✘				
B. Redução da precipitação		○	◆		◆	
C. Alteração na escala sazonal da precipitação			○◆	◆		
D. Secas			○	◆		
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor		○✘				
F. Alteração na escala sazonal da temperatura		○	◆	◆		
G. Nível médio das águas do mar		○		◆		
H. Temperaturas baixas/ondas de frio		○✘				
I. Gelo/geada/neve		○✘				
J. Granizo		○✘				
K. Ventos fortes		○✘				
L. Tempestades/tornados/trovoadas		○✘				

Legenda: ○ Nível médio de sensibilidade do sector na AML ✘ Não se aplica às águas subterrâneas
 ◆ Nível médio de sensibilidade do sector no concelho

4 | Impactos das alterações climáticas sobre os recursos hídricos

4.1 Introdução

Os impactos potenciais dos eventos extremos ou, no médio a longo prazo – senão mesmo no curto prazo, se se atender às rápidas modificações que se têm verificado no clima desde o início do século XXI (cf. EEA, 2012; 2017) – resultam da sensibilidade dos sistemas aquíferos e respectiva exposição aos riscos climáticos. A identificação dos impactos é necessária para, em conjunto com a capacidade adaptativa dos sistemas, identificar as vulnerabilidades destes sistemas e, em consequência, definir e hierarquizar as estratégias e acções de adaptação (PMAAC-AML, 2018a).

No caso dos recursos hídricos subterrâneos, a generalidade dos eventos extremos não têm impactos duradouros. A excepção são as secas, se estas forem prolongadas e severas, mas mesmo assim os aquíferos tendem a recuperar rapidamente após uma seca, tudo dependendo do regime de precipitação que se lhes suceda e da gestão da exploração. Terá, contudo, impacto mais significativo a modificação do regime de secas (alteração da duração, frequência e severidade). Com efeito, os aquíferos, por serem sistemas de maior inércia, são afectados sobretudo pelas modificações de longo prazo das variáveis climáticas, ocupação do solo, volumes de captação de água e, no caso dos aquíferos costeiros, o nível do mar.

A análise dos impactos das alterações climáticas para os diversos sectores sócio-económicos fundamentou-se no Perfil dos Impactes Climáticos (PIC). No entanto os PIC registam apenas eventos extremos registados pela protecção civil, nos quais as secas não se incluem por não terem relevância suficiente, ou caírem fora das competências da protecção civil. Assim o único tipo de evento extremo mais relevante, ou seja, as secas, está sub-representado nos PIC, o que, em conjunto com o facto das tendências de mudança de longo prazo serem mais relevantes para os recursos hídricos subterrâneos, levou a que a análise dos impactos se baseasse nos associados a estas tendências. Note-se que as cheias não foram consideradas nessa análise por falta de conhecimento robusto dos impactos sobre os aquíferos, mas alguns estudos (ex.: Wang et al., 2015) sugerem possíveis impactos das cheias na qualidade das águas subterrâneas.

Para o horizonte temporal de 2024, o projecto BINGO avaliou os impactos das variações de longo prazo das normais climáticas (Quadro 4.2) e de eventos de secas plurianuais (Quadro 4.3) nos aquíferos Tejo/Sado – Margem Esquerda, Tejo/Sado – Margem Direita e Aluviões do Tejo na variação das piezometrias (cf. Novo et al., 2020). No Quadro 4.1 apresenta-se a alteração da recarga dos aquíferos para 3 distintos cenários climáticos: (1) R1 = cenário de recarga superior à actual; (2) R3 = cenário de recarga inferior à actual; (2) Ensembles = cenário que resulta da média das recargas para as 10 realizações climáticas realizadas no âmbito do projecto BINGO e que apresenta uma recarga pouco superior à actual.

Quadro 4.1 – Variação da recarga para as 3 realizações climáticas no projecto BINGO

Realizações climáticas	Variação da recarga face aos valores actuais (%)			
	Aquífero Margem Direita	Aquífero Margem Esquerda	Aquífero Aluviões do Tejo	Média de variação para o conjunto dos aquíferos
R1	+49.1	+37.6	+29.4	+38.6
R3	-10.4	-20.6	-11.6	-17.9
Ensembles	+5.4	+4.2	+0.2	+4.0

Fonte: Novo et al. (2020)

Quadro 4.2 – Variação da piezometria para 3 cenários climáticos

Zonas do modelo	Variação dos níveis piezométricos face aos valores actuais (m)		
	R1	R3	Ensembles
Zonas de vale	Subida < 2	Descida < 2	
Zonas de cabeceira	Subida > 5	Descida 2 a ≥ 10	≈ 0
Zonas sensíveis	Subida > 10	Descida > 10	

Fonte: Novo et al. (2020)

Quadro 4.3 – Variação da piezometria para diferentes cenários de seca

Zonas do modelo	Variação dos níveis piezométricos face aos valores actuais (m)			
	Regime transitório			Regime permanente
	1 ano	3 anos	5 anos	
Zonas de vale	Descida < 0.5	Descida ≤ 1	Descida ≤ 2	Descida 10 a 15
Zonas de cabeceira	Descida < 1	Descida 1 a 2	Descida ≥ 2 a 3	Descida ≈ 20
Zonas sensíveis	Descida 1 a 5	Descida 3 a 5	Descida 3 a > 5	Descida 40 a 60

Fonte: Novo et al. (2020)

Os cenários de secas de 3 e 5 anos de duração, embora muito pouco prováveis no curto prazo, têm maior probabilidade de ocorrência no final do século (cf. Guerreiro et al., 2017). O cenário de seca permanente deve ser considerado como um limite extremo de variação e portanto muito improvável.

Embora as variações de recarga da Figura 4.1 para o concelho de Cascais não possam ser directamente comparadas com os resultados dos quadros anteriores, dado que o projecto BINGO usou

o modelo climático MiKlip da Freie Universität Berlin e os cenários definidos pelo IPCC no seu Fifth Assessment Report (AR5), ao passo que os resultados para Cascais são os definidos pelo IPCC no seu Special Report on Emissions Scenarios de 2000, pode verificar-se contudo que quanto maior o intervalo de tempo considerado, maior é a variação das recargas e consequentemente os impactos terão uma natureza incremental ao longo do tempo.

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

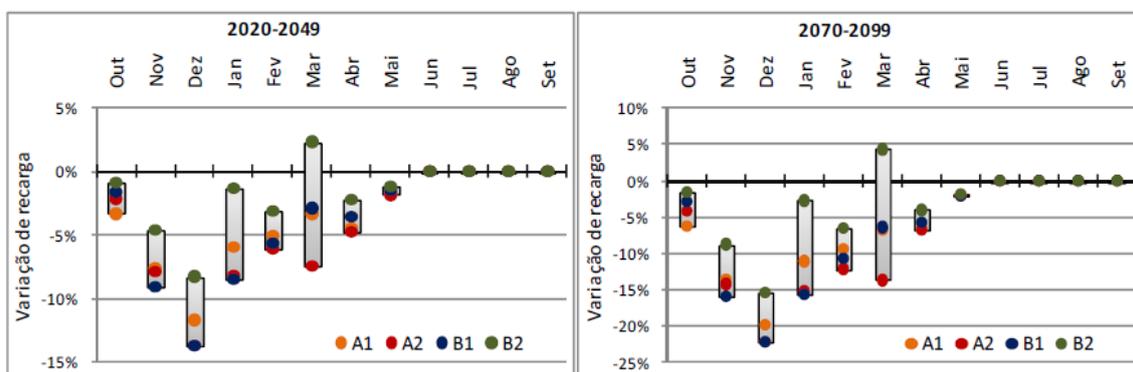


Figura 4.1 – Variação da recarga para os horizontes temporais de 2049 e 2099 no concelho de Cascais

Fonte: Oliveira et al. (2009)

4.2 Impactos actuais

Para as condições actuais, a análise dos impactos foca-se nos eventos extremos, em particular as secas severas e extremas, dado que a análise dos impactos da alteração das variáveis climáticas só faz sentido para o futuro ou para se comparar as condições actuais com as de há 50, 60 ou mais anos atrás e verificar os impactos dessas modificações.

Os impactos mais relevantes das secas são a descida dos níveis piezométricos – podendo levar à secagem de nascentes, poços e galerias ou forçar ao rebaixamento de furos ou pelo menos do material de bombagem – que serão tanto mais acentuados quanto mais severa e prolongada for a seca. Eventos de seca de curta duração, normalmente, não causam impactos significativos nos aquíferos. Impactos na qualidade das águas subterrâneas associados a secas apenas poderão ocorrer, mas de expressão muito local, nas zonas onde por rebaixamento dos níveis piezométricos, massas de água superficiais degradadas passem a descarregar para os aquíferos.

No período de referência (1971-2000) para as várias Unidades Morfoclimáticas (UMC) registaram-se 2 a 5 secas moderadas, 2 a 3 severas e 0 a 2 extremas, o que corresponde a 10 a 14 secas por UMC (PMAAC-AML, 2018b). No Quadro 4.4 estão apresentados os impactos das secas extremas.

Quadro 4.4 – Impactos das secas extremas nos recursos hídricos subterrâneos

Tipologia de Evento	Detalhes	Impactos	Consequências
Secas (2002, 2005-2006, 2017-2018)	Seca severa e extrema	Rebaixamentos acentuados dos níveis piezométricos Redução da qualidade da água	Esgotamento de furos Redução dos períodos de abastecimento Perda de fiabilidade das origens mais pequenas Abastecimento de reservatórios por autotanque

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

A margem sul do Tejo, por ter uma exposição média às secas (cf. Figura 2.6), poderia pensar-se que sofresse maiores impactos dos eventos de seca, relativamente à zona norte e oeste da margem oeste. Contudo tal não acontece – embora localmente, em pequenas unidades aquíferas (ex.: terraços) os impactos possam ser significativos – dada a grande dimensão do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda. Na generalidade das secas os impactos são moderados, ou mesmo baixos nas unidades aquíferas mais profundas, as quais são a origem principal do abastecimento público na região.

Na Margem Norte, embora a exposição às secas seja baixa nas áreas centro-norte e oeste, passando a média na região sul e envolvente do estuário (cf. Figura 2.6), o facto das unidades produtivas superficiais serem de reduzidas dimensões implica que estas sofrem impactos significativos (como a secagem de poços e nascentes) durante eventos de seca. As unidades profundas sofrem impactos mais moderados, se exceptuarmos os advindos do eventual aumento do volume de água captado e consequente rebaixamento dos níveis de água. Na região envolvente do estuário e sul, dadas as características hidrogeológicas serem similares às da zona norte e oeste, os impactos são mais elevados, tornando-se muito elevados no sistema aquífero Pisões-Atrozela. De facto, mesmo em condições normais de estiagem, este aquífero sofre rebaixamentos acentuados dos níveis de água, a eventual secagem de nascentes e a degradação da qualidade da água (Oliveira et al., 2010).

Em termos de abastecimento, estes impactos são em larga medida minorados porque: (1) o abastecimento na Margem Norte tem origens externas à AML e de grande resiliência (ex.: barragem de Castelo do Bode); (2) na Margem Sul, embora o abastecimento provenha de origens subterrâneas normalmente localizadas no próprio concelho, o grande volume de água armazenada é suficiente para não ocorrerem rupturas dos abastecimentos.

Na zona litoral, os impactos devidos à erosão costeira e subida do nível do mar desde o início do séc. XX – expressos na salinização dos aquíferos – estão pouco caracterizados. Na generalidade dos casos, admite-se que acções antrópicas (sobre-exploração actual ou antigas mas das quais o aquífero retenha ainda a memória da perturbação; ex.: zona da fábrica da SPEL) são as principais causadoras de impactos.

4.3 Impactos futuros

Na análise dos impactos futuros usaram-se as projecções climáticas dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 para a Área Metropolitana de Lisboa (AML), nos períodos de 2041-2070 e 2071-2100 (PMAAC-AML, 2018). A análise foi realizada para a alteração das médias dos parâmetros climáticos nestes cenários, alteração da exposição aos eventos extremos e subida associada do nível do mar.

Embora os eventos extremos causem impactos reduzidos (excepção para as secas) no funcionamento dos sistemas aquíferos, em particular no caso dos grandes aquíferos, no caso dos aquíferos cársicos muito desenvolvidos, estes eventos causam impactos visíveis, mesmo se com curta duração temporal. Dada precisamente essa curta duração dos impactos dos eventos extremos, no longo prazo estes eventos são menos relevantes do que a variação das médias dos parâmetros climáticos.

Os **parâmetros climáticos** com maior relevância para esta análise são: diminuição da precipitação média anual (e alterações nos padrões mensais de precipitação); aumento da temperatura média anual. No Quadro 4.5 apresenta-se a variação destes parâmetros para os horizontes temporais de 2070 e 2100. No Quadro 4.6. apresenta-se a evolução dos **eventos extremos de seca** para os mesmos horizontes temporais.

Quadro 4.5 – Variação das médias anuais da precipitação e temperatura para os horizontes temporais de 2070 e 2100 nos cenários RCP 4.5. e 8.5

Horizontes temporais	Precipitação		Temperatura	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
2041-2070	- 5 a - 6%	- 5 a - 6%	+ 1,3 °C	+ 1,8 °C
2070-2100	- 4%	-17%	+ 1,6 °C	+ 3,2 °C

Fonte: Adaptado de PMAAC-AML (2018)

Quadro 4.6 – Variação do índice SPI na AML para os horizontes temporais de 2070 e 2100 nos cenários RCP 4.5. e 8.5

Horizontes temporais	RCP 4.5	RCP 8.5
2041-2070	-0,26	-0,32
2070-2100	-0,20	-0,91

Fonte: Adaptado de PMAAC-AML (2018)

A **subida do nível do mar** poderá chegar até cerca de 1 m em 2100 (cf. PMAAC-AML, 2018), com efeitos não desprezáveis no avanço da intrusão salina e consequentes impactos adversos da qualidade da água e disponibilidades hídricas para o abastecimento.

Embora não considerados na análise de impactos do estudo PMAAC-AML, os impactos indirectos do clima tais como a alteração do coberto vegetal, são também relevantes, dado o seu efeito controlador da recarga. No entanto é difícil distinguir entre as alterações devidas ao clima e as causadas pela acção antrópica, sendo esta última, até ao momento, a mais relevante. A alteração na frequência e intensidade dos fogos são outro dos impactos indirectos das alterações climáticas e que originam alterações, temporárias mas apesar de tudo significativas, na recarga e qualidade da respectiva água. No Quadro 4.7 apresentam-se os impactos potenciais sobre os recursos hídricos subterrâneos e os respectivos eventos geradores.

Quadro 4.7 – Impactos expectáveis nos recursos hídricos subterrâneos na AML

Eventos climáticos geradores de impactos	Impactos potenciais	Impactos positivos directos	Impactos negativos directos
Aumento da temperatura	Redução da recarga (recursos hídricos renováveis) Rebaixamento dos níveis piezométricos	O rebaixamento dos níveis piezométricos pode ser aproveitado para aumentar a recarga artificial de aquíferos	Redução das disponibilidades hídricas subterrâneas
Redução da precipitação		Melhoria do uso eficiente da água	Aumento das taxas de exploração dos aquíferos
Aumento da evapotranspiração		Melhoria das estratégias e práticas de gestão dos recursos hídricos	Esgotamento de furos e danos nos equipamentos de captação por rebaixamento da piezometria
Aumento dos fenómenos extremos de seca			Maiores períodos de redução dos abastecimentos e/ou suspensão das captações
Subida do nível do mar	Avanço da interface água salgada/doce para o interior do continente	Implementação de planos de optimização dos regimes das captações	Redução da qualidade da água por salinização dos aquíferos Abandono dos furos de captação nas zonas costeiras/estuarinas afectadas
Alteração do coberto vegetal	Alteração dos volumes de recarga		Alteração da piezometria e dos volumes de recursos hídricos renováveis
Aumento da frequência e intensidade dos fogos florestais e rurais	Alteração dos volumes de recarga	Substituir zonas florestais de monocultura por mosaicos de autóctones	Redução temporária dos volumes de água captados
	Alteração na qualidade das águas de recarga	Tornar eficazes as estratégias de prevenção e fogos rurais e florestais Implementação no campo de estratégias de redução da erosão antes e pós-fogo	Abandono temporário de captações por questões de qualidade

Analisando sob a perspectiva dos abastecimentos, em cenários de redução da precipitação e aumento conjugado da temperatura, além da redução da recarga e disponibilidades hídricas, tenderá a haver um aumento dos consumos. A consequência é um agravamento das descidas dos níveis de água e condições mais generalizadas de sobre-exploração. A sobre-exploração, por sua vez, poderá promover situações de degradação da qualidade das águas, comprometendo ainda mais o abastecimento. Isto torna-se especialmente problemático no caso de consumos que recorram às águas subterrâneas em zonas de baixa produtividade aquífera (Orlas Ocidentais do Tejo, Ribeiras do Oeste e Sado), em particular se recorrerem às pequenas unidades aquíferas superficiais, facilmente esgotáveis dado o seu reduzido volume de armazenamento; se recorrerem aos níveis produtivos mais profundos, estes impactos tenderão a ser minorados mas podem ainda assim ser significativos.

A avaliação da relevância dos impactos dos riscos climáticos futuros para os recursos hídricos baseou-se nos impactos expectáveis de cada risco climático futuro (cf. capítulo 2)⁶ e considerou 3 classes de risco: baixo, moderado e alto. Os resultados apresentam-se no Quadro 4.8 e na Figura 4.2. Os eventos

⁶ Avaliação realizada por F. Rocha da equipa do LNEC (cf. PMAAC-AML, 2018b) para a globalidade dos recursos hídricos.

extremos de temperatura têm um impacto irrelevante dada a sua curta duração temporal e as ocorrências de gelo e neve não são significativos na AML.

Quadro 4.8 – Matriz de avaliação da relevância dos impactos dos riscos climáticos para os recursos hídricos subterrâneos

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
A. Precipitação excessiva	IRR	IRR	IRR	IRR
B. Redução da precipitação	1	2	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	3	↑→
E. Temperaturas elevadas/ondas de calor	IRR	IRR	IRR	IRR
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	2	→
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑
H. Temperaturas baixas/ondas de frio	IRR	IRR	IRR	IRR
I. Gelo/geada/neve	IRR	IRR	IRR	IRR
J. Granizo	IRR	IRR	IRR	IRR
K. Ventos fortes	IRR	IRR	IRR	IRR
L. Tempestades/tornados/trovoadas	IRR	IRR	IRR	IRR

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto IRR = risco irrelevante para os recursos hídricos subterrâneos

↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco IRR - risco irrelevante para os recursos hídricos subterrâneos

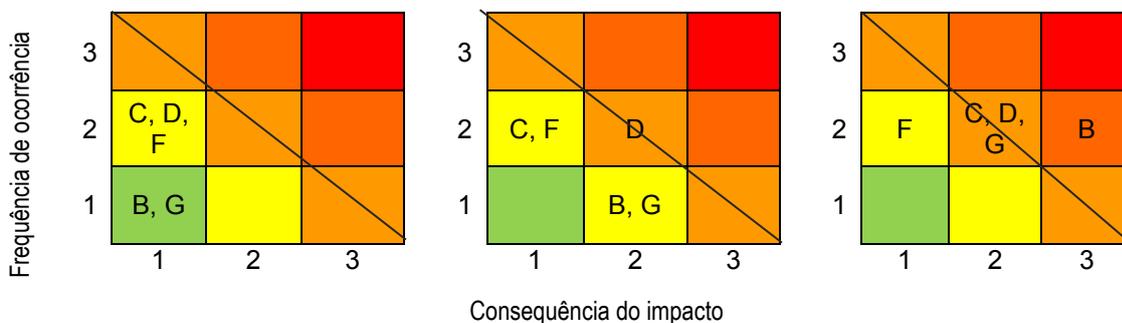


Figura 4.2 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos para os recursos hídricos subterrâneos

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4 Impactos futuros por concelho da Área Metropolitana de Lisboa (AML)

Os impactos climáticos variarão por concelho conforme a sua localização geográfica, exposição aos riscos climáticos, características hidrogeológicas dos terrenos e taxas de exploração dos recursos hídricos subterrâneos. Isto significa que, pelo referido nos capítulos anteriores, a margem esquerda do Tejo é, do ponto de vista dos impactos sobre os aquíferos sem considerar a sua exploração, mais resiliente do que a margem direita. No entanto, do ponto de vista do abastecimento, a margem direita, cujas origens de água são predominantemente de origem superficial da zona de Castelo do Bode e Valada, tem uma resiliência elevada.

Quanto ao risco da subida do nível do mar e consequente avanço da intrusão salina, este é irrelevante para os concelhos de interior e nos demais, só a zona costeira – e as captações aí localizadas – sofrem os impactos deste tipo de risco. Na margem direita, dada a reduzida exploração aquífera da zona costeira, os impactos serão muito menos evidentes em termos de consumos do que na margem sul, onde ocorrem zonas de sobre-exploração (passada ou presente), nalgumas das quais já actualmente se regista salinização por intrusão salina. Esta questão torna-se especialmente problemática para o aquífero intermédio/profundo, onde os casos de salinização resultem da drenância do aquífero superficial afectado pela intrusão salina (Ribeiro, 1998 in Nascimento et al., 2004).

4.4.1 Alcochete

Os impactos da expectável **subida da temperatura e redução da precipitação** são a diminuição da recarga e em consequência o rebaixamento dos níveis piezométricos. A unidade aquífera mais impactada será o aquífero superficial. A ocorrência de sobre-exploração resultante do aumento das necessidades de consumos por efeito das alterações climáticas, com consequentes rebaixamentos dos níveis de água no aquífero intermédio/profundo, pode originar a degradação da qualidade da água, por infiltração de água de outros aquíferos com pior qualidade. O mesmo tipo de impactos é expectável para as **secas**, sendo que neste caso deverá haver um agravamento face às condições actuais, dado a alteração dos parâmetros climáticos médios – nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 - conduzir a uma redução da recarga média. Aquíferos com recargas médias mais reduzidas, sofrerão mais com os impactos das secas. Como o risco de seca aumentará no futuro (Figura 2.10 e Figura 2.11), este agravamento será ainda mais pronunciado. Os impactos da **subida do nível do mar** são a salinização dos aquíferos e inutilização consequente das captações, devido ao avanço da intrusão salina. Estes poderão ser significativos pois a topografia da ampla zona ribeirinha baixa predispõe a um aumento da área litoral submersa e consequente avanço da intrusão salina. A subida da interface água doce/salgada (cf. Figura 3.8 in Novo, 2020) poderá salinizar zonas do aquífero actualmente com águas de boa qualidade. Os impactos serão especialmente relevantes em áreas litorais sobre-exploradas e onde haja ligação hidráulica entre o aquífero superficial e o subjacente, explorado para abastecimento. No Quadro 4.9 e Figura 4.3 apresenta-se relevância destes impactos.

Quadro 4.9 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Alcochete

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	3	↑→
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	3	3	↑→
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	3	3	↑→
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

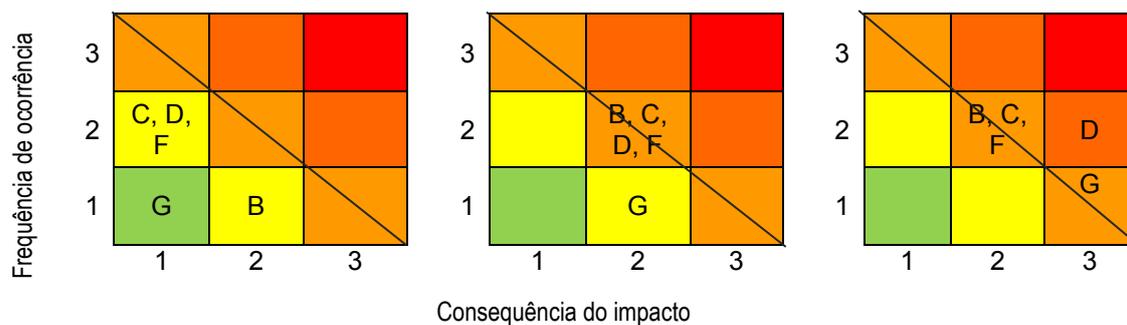


Figura 4.3 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Alcochete

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.2 Almada

A **alteração da temperatura e da precipitação** (sazonal e médias) induz a redução da recarga e consequente o rebaixamento dos níveis piezométricos, o qual tenderá a ser agravado com o aumento dos consumos. Tais impactos são mais significativos na unidade aquífera superficial, devido à sua maior exposição às perdas por evapotranspiração. Estes impactos têm especial relevância num concelho onde o abastecimento fosse providenciado por captações circunscritas ao mesmo, podendo-se gerar uma situação generalizada de sobre-exploração (cf. sub-capítulo 3.5.2 in Novo, 2020). Como 93% dos consumos na rede pública é suprido por captações no concelho do Seixal (cf. Cised Consultores et al., 2003), os impactos que afectem este último concelho – assim como a influência que as captações do Seixal e Sesimbra possam ter sobre as captações de Almada (http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/230_Almada_9gh6omvms7.pdf) – far-se-ão sentir no abastecimento ao concelho de Almada.

Impactos indirectos são a possibilidade de infiltração de águas de má qualidade a partir do aquífero superficial, por rebaixamento dos níveis piezométricos nas áreas de captação, e a eventual competição dos 3 concelhos por este recurso. Similares impactos ocorrem para as **secas**. Como o risco de seca actual e futuro permanece igual (cf. Figura 2.17 e Figura 2.18), admite-se que estes impactos sejam apenas levemente agravados face à actualidade, e motivados sobretudo porque as secas ocorrerão em condições de normal climática mais seca face à normal climática actual. Os impactos da **subida do nível do mar** – avanço da intrusão salina – serão variáveis ao longo da extensa margem litoral e ribeirinha do concelho, em função do tipo de litoral (de arriba ou arenoso) e da sua ocupação humana (devido às obras de modificação/protecção do litoral). Na zona de arriba admitem-se impactos pouco relevantes, podendo vir a ser salinizados os furos captando a menos de 40 m na vertical acima da interface água doce/salgada. No litoral arenoso atlântico, sendo que se projecta um avanço de cerca 20 m da intrusão salina para o interior para uma subida de 1,5 m do nível do mar (Ferreira, 2012), serão afectadas as captações localizadas até 70 m da costa. No Quadro 4.10 e Figura 4.4 apresenta-se a análise de relevância destes impactos.

Quadro 4.10 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Almada

3Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	3	↑→
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	2	3	→↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	3	3	↑→
G. Nível médio das águas do mar	1	3	4	↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

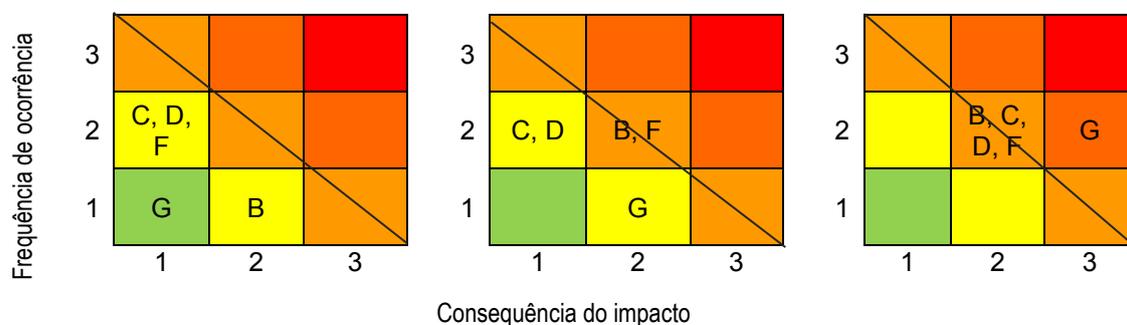


Figura 4.4 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Almada

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.3 Amadora

Os impactos da **alteração da temperatura e da precipitação** (sazonal e médias) consistem na redução da recarga e serão significativos nas unidades produtivas superficiais, dado serem de unidades de reduzida extensão, logo com pouca capacidade de armazenamento, e onde o rebaixamento dos níveis de água será significativo. Unidades aquíferas profundas são pouco impactadas visto serem unidades confinadas e com exploração limitada. Do ponto de vista do consumidor, os impactos serão reduzidos dado que as origens do abastecimento (externas ao concelho e em larga medida à AML) têm significativa resiliência. Apenas o pequeno regadio poderá sofrer impactos adversos mais significativos.

Os impactos das **secas** (redução temporária da recarga e descida dos níveis piezométricos), serão muito significativos nas unidades produtivas superficiais pelas razões acima enunciadas; serão pouco significativos nas unidades profundas dada a sua reduzida exploração. A evolução do risco de seca (Figura 2.19 e Figura 2.20) sugere que tais impactos se agravarão no futuro.

Por este ser um concelho de interior, não sofrerá impactos da **subida do nível do mar**. No Quadro 4.11 e Figura 4.5 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.11 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho da Amadora

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	3	3	↑
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	3	4	↑
G. Nível médio das águas do mar	IRR	IRR	IRR	IRR

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto
 ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco
 IRR = risco irrelevante para os recursos hídricos subterrâneos

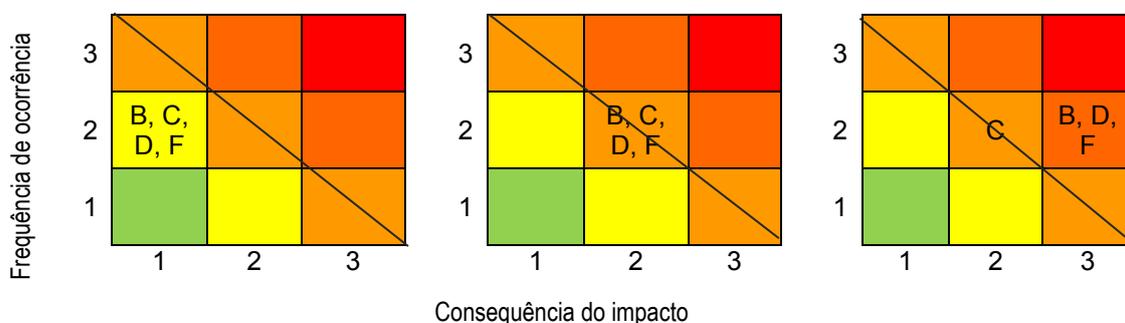


Figura 4.5 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho da Amadora

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.4 Barreiro

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos), são maiores no aquífero superficial do que no profundo. As áreas sobre-exploradas serão mais afectadas, sofrendo ainda o impacto indirecto da degradação da qualidade das águas, por infiltração a partir de unidades aquíferas contaminadas (cf. Zeferino, 2016). Estes impactos serão agravados nas zonas ribeirinhas sobre-exploradas, devido à conjugação com os impactos da subida do nível do mar. Os impactos das **secas** (descida temporária dos níveis piezométricos e consequente secagem temporária de nascentes, poços e furos pouco profundos) tendem a afectar mais intensamente o aquífero superficial mas os impactos indirectos – aumento da exploração e potencial ocorrência de casos de sobre-exploração – são especialmente sentidos nos aquíferos intermédio e profundo. A sobre-exploração pode induzir problemas de qualidade da água por transferência de poluentes do aquífero superior. Apesar da exposição ao risco moderado de seca se manter para o futuro (cf. Figura 2.23 e Figura 2.24), é de admitir um agravamento destes impactos, por as condições climáticas médias se tornarem mais secas. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) afectarão os furos de captação a menos de 40 m verticais da interface água doce/salgada e nas zonas futuramente projectadas como bordadura das áreas submersas. Embora afectando particularmente o aquífero superficial, pode também afectar o aquífero subjacente nas áreas ribeirinhas sobre-exploradas actuais ou passadas ainda não recuperadas (cf. Zeferino, 2016). No Quadro 4.12 e Figura 4.6 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.12 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Barreiro

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	3	↑→
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	↑
D. Secas	2	2	3	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	3	3	↑→
G. Nível médio das águas do mar	2	3	4	↑

Legenda: Nível de risco:  Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

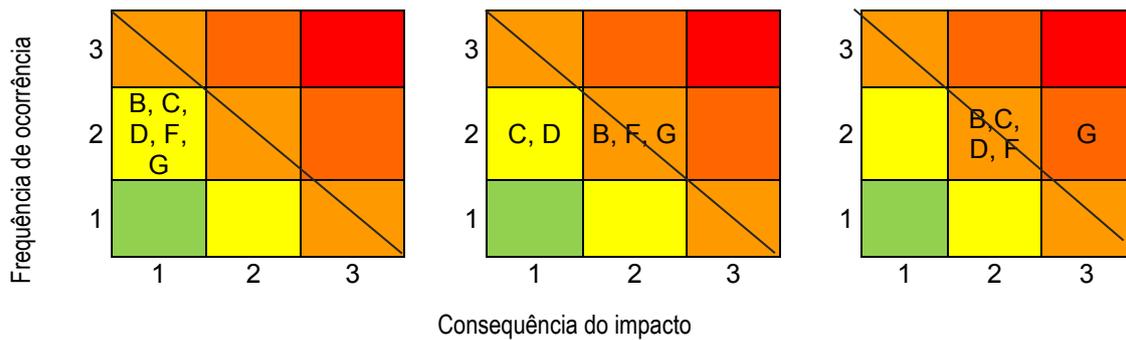


Figura 4.6 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Barreiro

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.5 Cascais

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** na recarga para o concelho de Cascais são apresentados na Figura 4.7 para os cenários climáticos A2, B1 e B2 do IPCC⁷. Tal alteração conduzirá a uma importante redução dos recursos disponíveis nas unidades produtivas mais superficiais; esta redução será muito menos significativa nas unidades mais profundas. No sistema aquífero Pisões-Atrozela, e dada a resposta actual face às alterações sazonais de recarga, tais valores de redução (cf. Oliveira et al., 2010; Figura 4.7) traduzem-se numa diminuição recurso disponível de cerca 1,67 hm³ e 1,16 hm³ (na área deste sistema aquífero pertencente ao concelho de Cascais) em respectivamente 2050 e 2100. Do ponto de vista do abastecimento, somente os consumos abastecidos pelo sistema aquífero Pisões-Atrozela terão impactos significativos, com a eventual ocorrência de situações de ruptura que terão de ser colmatadas com recurso às origens externas ao concelho.

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 4.7 – Variação da recarga em cenários de alteração climática a) valores médios anuais, b) valores médios mensais

Fonte: Oliveira et al. (2010)

Os consumos abastecidos nos níveis profundos das Orlas Ocidentais (ex.: campos de golfe) sofrerão impactos moderados visto na sua generalidade captarem unidades produtivas profundas. Os impactos das **secas** (redução temporária da recarga e descida dos níveis piezométricos) serão muito significativos – secagem de poços, nascentes e minas – nas pequenas unidades aquíferas superficiais e muito significativas no sistema aquífero Pisões-Atrozela (que pode incluir a paragem temporária dos pontos de captação); nas unidades produtivas profundas os impactos serão pouco significativos. Os impactos indirectos nas unidades produtivas profundas (descida acentuada dos níveis piezométricos)

⁷ Actuais valores de 630 mm/ano de precipitação, reduzem-se para 530-600 mm/ano em 2050 e 420-580 mm/ano em 2100; concentração da precipitação no Inverno; aumento da temperatura de 1,3 °C até 2050.

poderão ocorrer caso surjam situações de sobre-exploração. No caso do aquífero Pisões-Atrozela, estes impactos indirectos relacionam-se também com a degradação da qualidade da água, o que já actualmente se verifica nos períodos de estiagem, levando à suspensão do funcionamento das captações. A evolução do risco de seca (cf. Figura 2.28 e Figura 2.29), sugere que estes impactos se agravarão na zona norte do concelho, e em particular no aquífero Pisões-Atrozela.

Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina e consequente abandono das captações afectadas), para um cenário de subida de 0,5 a 1,4 m em 2100 face aos valores de 1990 (Taborda et al., 2010), afectarão as captações a menos de 56 m na vertical da actual interface água/doce salgada (cenário de 1,4 m) ou, no caso do cenário intermédio (1m) as sitas a menos de 40 m na vertical desta interface. No entanto, dada a heterogeneidade litológica da zona litoral, tais distâncias poderão ser bastante diferentes de local para local, o que dificulta a exacta definição das áreas afectadas. No Quadro 4.13 e Figura 4.8 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.13 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Cascais

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	3	4	↑
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

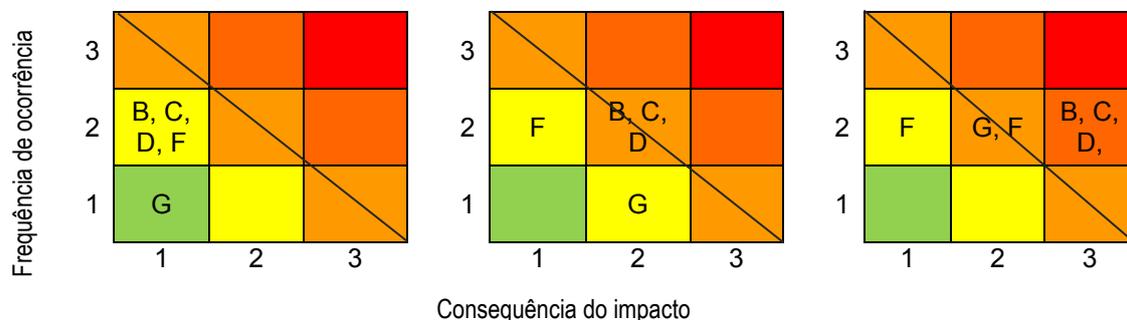


Figura 4.8 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Cascais

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.6 Lisboa

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) tenderão a ser moderados a baixos nos níveis aquíferos profundos. Nos níveis produtivos superficiais, o impacto decorrente da impermeabilização dos terrenos é muito mais significativo do que a alteração da recarga. No entanto, sendo que a redução de precipitação pode chegar aos 51% em 2100 para o cenário RCP 8,5 (CM Lisboa, 2016) e considerando as reduzidas áreas remanescentes de recarga, os impactos deverão assumir-se elevados. Os impactos nos consumos deverão ser pouco significativos visto a generalidade dos abastecimentos provir de origens resilientes externas ao concelho. Como a maior parte dos consumos abastecidos por furos neste concelho capta nos aquíferos profundos, os impactos deverão ser moderados a baixos. Os impactos das **secas** (temporário rebaixamento dos níveis piezométricos e secagem de poços e furos pouco profundos) serão pouco significativos nos níveis aquíferos profundos; serão moderados a baixos nos níveis superficiais, dada a grande impermeabilização dos terrenos que impede perdas por evapotranspiração. Considerando a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.33 vs. Figura 2.34) admite-se um leve agravamento destes impactos decorrente do facto das secas virem a ocorrer em condições de normal climática mais seca do que a actual. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) em princípio afectarão as captações da zona ribeirinha (cf. Figura 3.23 in Novo, 2020) que captem a menos de 40 m na vertical da actual interface água doce/salgada. No entanto, dada a heterogeneidade litológica desta zona, esta distância poderá ser bastante diferente de local para local. Em termos de consumos, desconhecendo-se quais destes pontos estão em captação, não é possível identificar impactos. No Quadro 4.14 e Figura 4.9 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.14 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Lisboa

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	1	2	3	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	2	3	→↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	2	→
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑

Legenda: Nível de risco:  Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

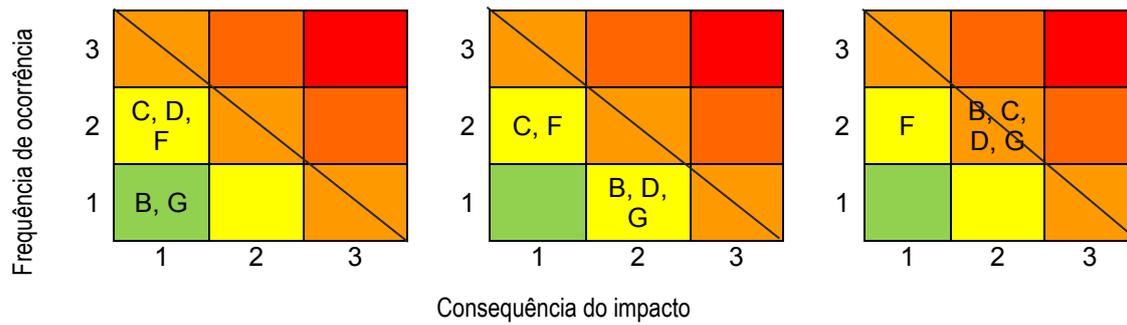


Figura 4.9 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Lisboa

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.7 Loures

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão mais acentuados nas unidades aquíferas superficiais – podendo levar ao abandono de captações – do que nas profundas. Os impactos indirectos devidos à eventual sobre-exploração, por efeito das alterações climáticas, admite-se que possam ser maiores nos níveis profundos dado muitas das captações os explorarem, incluindo para a indústria, por vezes em sobre-exploração (cf. Lobo-Ferreira et al., 2012). Os impactos nos consumos abastecidos pela rede pública deverão ser pouco significativos dado as origens do abastecimento serem resilientes. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão significativos nos níveis aquíferos superficiais e menor nos profundos, levando à eventual desactivação de captações nos níveis produtivos superficiais. No entanto os impactos indirectos advindos do aumento das extracções nos níveis profundos poderão sobrepor-se aos impactos directos, daí resultando maiores impactos globais do que nos níveis superficiais. Dada a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.37 vs. Figura 2.38) e o facto de no futuro estas ocorrerem num clima mais seco, os impactos deverão agravar-se significativamente nas zonas centro-norte e ocidental do concelho. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) afectarão as captações na zona ribeirinha que captem a menos de 40 m na vertical da actual interface água doce/salgada podendo levar ao abandono das mesmas. A várzea de Loures será uma zona especialmente crítica atendendo à actual salinização das captações, que tenderá a ser agravada. No Quadro 4.15 e Figura 4.10 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.15 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Loures

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

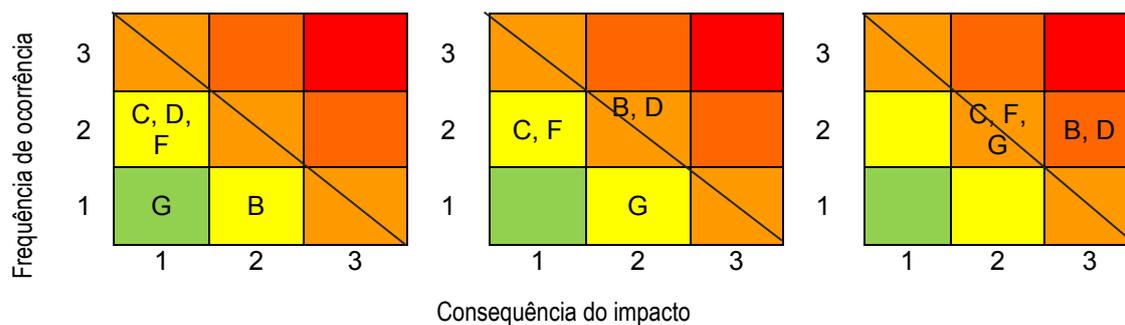


Figura 4.10 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Loures

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.8 Mafra

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão especialmente relevantes nas unidades produtivas superficiais, dada a sua reduzida dimensão, e moderados a pouco significativos nas unidades produtivas profundas. Como impactos indirectos poderá ocorrer o abandono das captações mais superficiais por secagem das mesmas e sobre-exploração das unidades produtivas profundas, nas zonas de forte actividade agrícola. Os impactos nos consumos supridos pela rede pública deverão ser pouco relevantes dado as origens do abastecimento serem resilientes. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) são significativos nas unidades aquíferas superficiais e reduzidos nos níveis profundos. No entanto os impactos indirectos, advindos de eventuais sobre-explorações, poderão ser importantes nestes níveis profundos. Considerando a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.42 e Figura 2.43) admite-se que estes impactos aumentem dado estas passarem a ocorrer em clima mais seco, sendo este aumento moderado no sector ocidental mas elevado no sector

oriental, em particular na freguesia de Milharado e sector norte de Venda do Pinheiro. Os impactos poderão ser significativos nos consumos para agricultura e outros pequenos abastecimentos locais mas não se esperam relevantes nos consumos suprido pela rede pública, dado esta ser abastecida por origens resilientes. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) em princípio seriam sentidos pelos eventuais furos de captação que se situem a menos de 40 m na vertical da interface água doce/salgada. Porém, dada a heterogeneidade litológica da zona litoral, tais distâncias poderão ser bastante diferentes de local para local, o que dificulta a exacta definição das áreas afectadas. No entanto em termos de consumos, estes impactos serão reduzidos, dado a generalidade do abastecimento à zona litoral ser suprido pela rede pública (cf. <http://www.smas-mafra.pt/pages/1217>), do que resulta que os eventuais furos existentes são pouco significativos em termos de consumos. No Quadro 4.16 e Figura 4.11 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.16 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Mafra

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	3	3	↑→
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	3	3	↑→
G. Nível médio das águas do mar	1	1	2	→↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

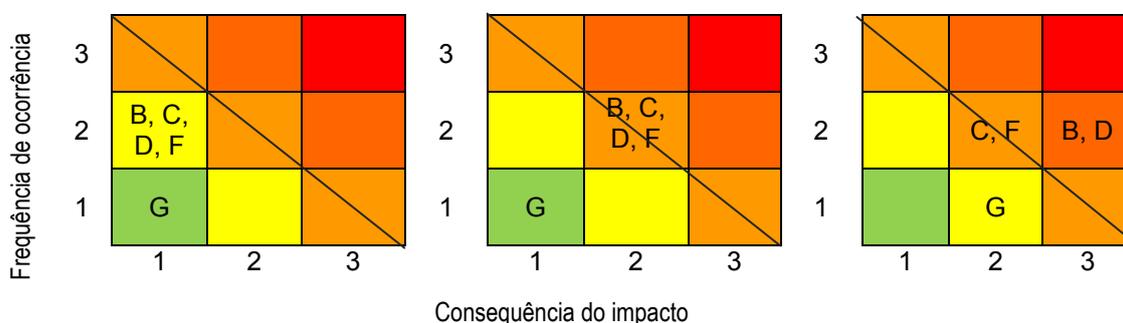


Figura 4.11 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Mafra

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.9 Moita

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão moderados no aquífero superficial e pouco significativos no profundo. No entanto os impactos indirectos advindos de um potencial aumento das extracções no aquífero profundo, devido às maiores necessidades hídricas dos vários sectores sócio-económicos, pode levar a problemas locais de sobre-exploração e à degradação da qualidade da água, especialmente nas zonas litorais. Em termos de consumos, os impactos poderão ter alguma relevância dado o abastecimento da rede pública ter origem sobretudo no aquífero intermédio e profundo. Os consumos abastecidos pelo aquífero superficial (sobretudo hortas) sofrerão impactos mais significativos e poderão levar ao seu abandono em favor de captações nos aquíferos mais profundos. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos), que podem ser localmente significativos no aquífero superficial, são normalmente moderados no aquífero intermédio e profundo mas tenderão a agravar-se dado as secas virem a ocorrer em condições de clima mais seco. No aquífero intermédio/profundo, estes impactos estarão sobretudo associados ao aumento temporário da exploração para fazer face à seca. Com efeito, considerando a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.46 vs. Figura 2.47), é de admitir que os impactos das secas venham a ser elevados na zona leste do concelho. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) tenderão a afectar uma área significativa do concelho, dada a sua extensa área ribeirinha. Serão afectadas nesta área e zonas circum-vizinhas as captações que actualmente captem a menos de 40 m na vertical da actual interface água doce/salgada. Se o abandono destas captações promover zonas de sobre-exploração no aquífero intermédio/profundo, poderá ocorrer o impacto indirecto da salinização deste aquífero por infiltração a partir do aquífero superficial. No Quadro 4.17 e Figura 4.12 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.17 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho da Moita

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	3	↑→
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	3	↑→
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	3	4	↑

Legenda: Nível de risco:  Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

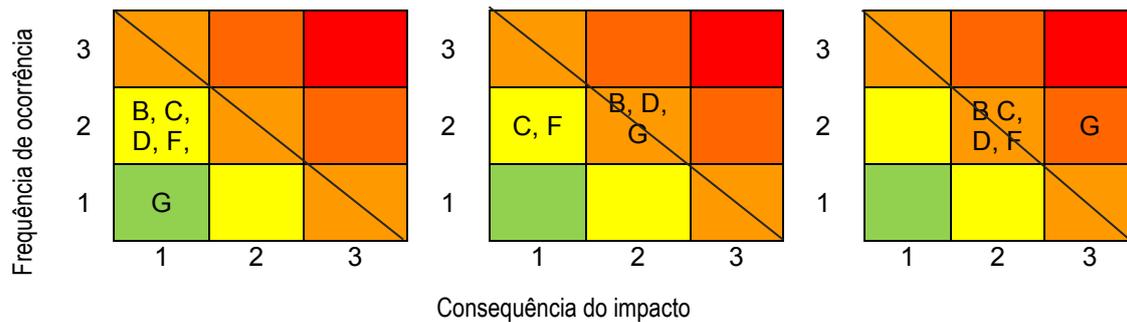


Figura 4.12 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho da Moita

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.10 Montijo

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão moderados no aquífero superficial e baixo no profundo no sector ocidental; no sector oriental esperam-se impactos moderados a altos no aquífero superficial e baixos a moderados no profundo. Os impactos indirectos – sobre-exploração devido ao aumento das extracções e degradação da qualidade da água por percolação a partir do aquífero superficial (cf. Zeferino, 2016) – poderão contudo ser maiores no sector ocidental dada a distribuição dos pontos de captação (cf. Figura 3.29 in Novo, 2020); a degradação da qualidade da água poderá tornar-se muito relevante na zona ribeirinha. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos), no sector ocidental, tenderão a ser mais marcados do que actualmente, dado as secas passarem a ocorrer em condições de clima mais árido. Assim, e atendendo à evolução do risco de seca (cf. Figura 2.50 e Figura 2.51), os impactos deverão tornar-se moderados a altos no sector ocidental para o aquífero superficial e moderados a baixos no profundo; no sector oriental deverão tornar-se altos no superficial e moderados no profundo. No entanto os impactos indirectos advindos da sobre-exploração (rebaixamento acentuado dos níveis piezométricos e degradação da qualidade das águas) deverão, em ambos os sectores serem mais sentidos no aquífero intermédio/profundo visto ser neste que a maioria dos furos faz extracção. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) não ocorrem no sector oriental dado este estar numa região de interior. No sector ocidental espera-se que sejam afectados pela intrusão salina os furos que actualmente se situem até 40 m acima da actual interface água doce/salgada. Considerando o significativo número de captações, os impactos indirectos devidos à exploração e eventual sobre-exploração e conseqüente salinização dos aquíferos por infiltração a partir de zonas do aquífero superior afectadas por intrusão salina poderão vir a ser relevantes. No Quadro 4.18 e Figura 4.13 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.18 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Montijo

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

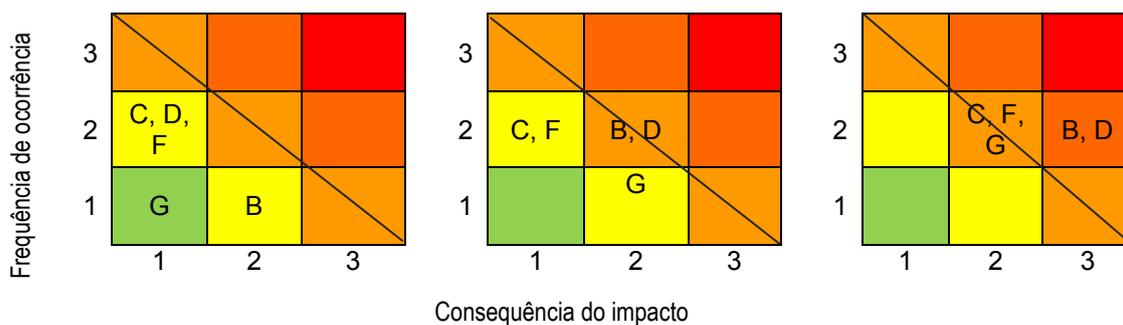


Figura 4.13 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Montijo

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.11 Odivelas

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão elevados nas pequenas unidades aquíferas superficiais (ex.: aluviões) e moderados nas unidades produtivas profundas, dado estarem protegidos das perdas por descargas para linhas de água ou evapotranspiração. Os impactos indirectos devidos à sobre-exploração tenderão a afectar sobretudo as unidades produtivas profundas, embora se admita que venham a ser pouco relevantes, dada a sua reduzida exploração. Assim, os pequenos consumos eventualmente abastecidos pelas unidades superficiais sofrerão impactos significativos, podendo obrigar à adopção de outras origens de água, nomeadamente as unidades aquíferas mais profundas. Os consumos abastecidos pela rede pública deverão sofrer impactos moderados visto as origens de água, sitas fora do concelho, serem resilientes. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão maiores do que os registados actualmente, dado as futuras secas ocorrerem em condições climáticas de maior aridez. A evolução do risco de seca (Figura 2.52 vs. Figura

2.53) indica um geral agravamento destes impactos, que será especialmente significativo na zona sul do concelho. Assim, esperam-se impactos elevados (a muito elevados na zona sul) nas unidades produtivas superficiais, muito susceptíveis às estiagens, e moderados nas unidades profundas. Por este ser um concelho de interior, da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) não se verificam. No Quadro 4.19 e Figura 4.14 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.19 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Odivelas

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	3	3	↑→
G. Nível médio das águas do mar	IRR	IRR	IRR	IRR

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto

↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco
IRR = risco irrelevante para os recursos hídricos subterrâneos

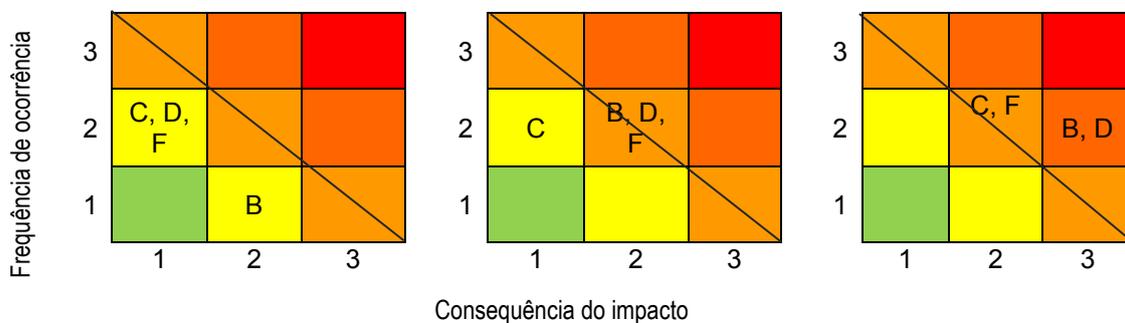


Figura 4.14 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Odivelas

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.12 Oeiras

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) nas unidades aquíferas superficiais, pela sua em regra pequena dimensão, serão moderados a altos e as unidades aquíferas profundas terão, na sua generalidade, impactos moderados. Os impactos indirectos (sobre-exploração, da qual já existem indícios de ocorrência – cf. sub-capítulo 3.5.12 in Novo (2020) – e eventual degradação da qualidade da água) poderão aumentar, por aumento da exploração para os abastecimentos locais privados. Os impactos nos consumos da rede pública deverão ser moderados, pois o abastecimento é feito a partir de origens resilientes sitas fora do

concelho. As captações para consumo privado que estejam em actividade deverão contudo sofrer impactos relevantes, se captarem as unidades aquíferas mais superficiais. Isto porque a redução da recarga poderá levar a rebaixamentos significativos dos níveis de água, tornando a sua exploração pouco viável. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) tenderão a aumentar visto as secas passarem a ocorrer em condições climáticas de maior aridez. As unidades aquíferas superficiais terão impactos elevados e as unidades profundas baixos a médios, caso ocorra sobre-exploração. Dada a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.56 e Figura 2.57), a zona norte do concelho terá um agravamento destes impactos face à zona sul. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) tenderão a afectar todas as captações que actualmente se situem a menos de 40 m da actual interface água doce/salgada, podendo haver algumas diferenças neste valor em função das litologias atravessadas. Com efeito, dada a natureza heterogénea e multicamada deste litoral, é de admitir uma interface muito mais complexa (cf. Figura 3.6 in Novo, 2020). As distâncias acima referidas poderão ser bastante diferentes de local para local, o que dificulta a exacta definição das áreas afectadas. Considerando o significativo número de captações na zona litoral (cf. Figura 3.33 in Novo, 2020), os consumos bastecidos pelas que estejam activas, deverão sofrer impactos por vezes significativos. No Quadro 4.20 e Figura 4.15 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.20 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Oeiras

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	3	3	↑→
D. Secas	2	3	4	↑→
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑

Legenda: Nível de risco:  Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

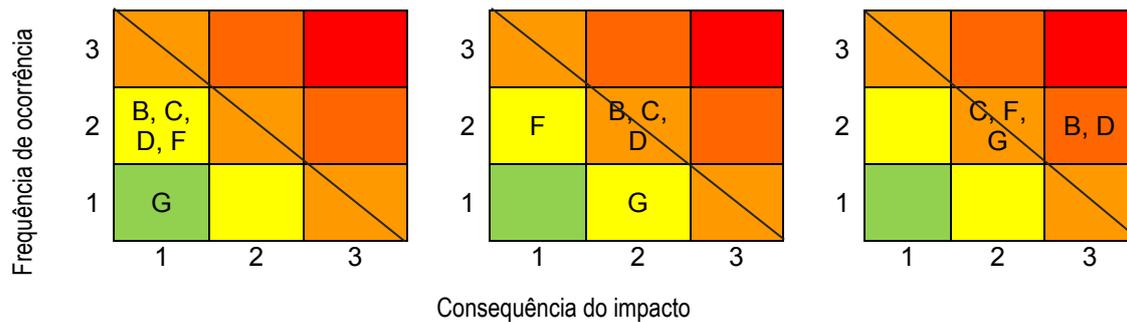


Figura 4.15 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Oeiras

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.13 Palmela

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão moderados no aquífero superficial e moderados a baixos no profundo. Contudo nas zonas de grande concentração de captações, os impactos indirectos (sobre-exploração e degradação da qualidade da água) podem tornar-se significativos e tenderão a afectar mais o aquífero intermédio/profundo (captado para abastecimento público) devido ao aumento dos consumos. A questão da degradação da qualidade das águas pode tornar-se relevante em condições de sobre-exploração, permitindo a percolação dos poluentes para o aquífero intermédio/profundo dado o concelho de Palmela pertencer à Zona Vulnerável do Tejo. Os impactos nos consumos serão moderados para os abastecidos pela rede pública, excepto se nos pólos de captações ocorrer sobre-exploração. Os abastecimentos privados a partir do aquífero superficial sofrerão impactos significativos, em particular se as captações forem muito pouco profundas (ex.: poços). Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão mais elevados dado ocorrerem em condições climáticas de maior aridez. Considerando a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.58 e Figura 2.59) admitem-se impactos moderados a altos no aquífero superficial e moderados no intermédio/profundo. Os impactos indirectos deverão contudo ser mais relevantes no aquífero intermédio/profundo devido à potencial ocorrência de sobre-exploração nos pólos com grande número de furos. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) afectarão em princípio todas as captações que actualmente se situem a cerca de menos 40 m da vertical da actual interface água doce/salgada embora este valor possa variar consoante a permeabilidade de cada local. Em termos de consumos, não se esperam impactos na generalidade dos pólos de captação para abastecimento público, por estes se situarem no interior do concelho. Os eventuais consumos associados à agricultura na zona ribeirinha do Sado deverão sofrer impactos significativos caso as profundidades das captações se situem na área afectada pela intrusão salina (ver acima). Isto pode dar origem à transferência de captações para o aquífero mais profundo o que poderá originar impactos indirectos, como a degradação da qualidade das águas, caso se verifiquem situações de sobre-exploração. No Quadro 4.21 e Figura 4.16 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.21 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Palmela

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	3	↑→
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

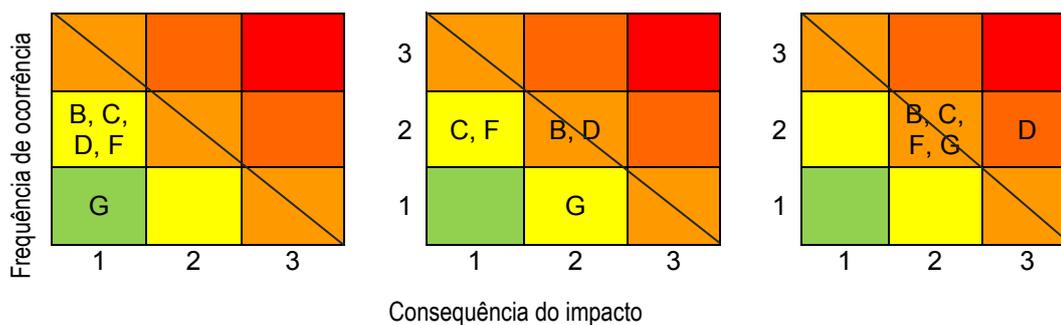


Figura 4.16 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Palmela

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.14 Seixal

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) tenderão a ser moderados no aquífero superficial e moderados a baixos no aquífero intermédio/profundo. Os impactos indirectos (sobre-exploração e degradação da qualidade da água) serão contudo mais relevantes no aquífero intermédio/profundo, pois num clima mais árido e quente haverá maiores consumos. Isto é particularmente relevante pois os consumos da rede pública dos concelhos de Almada, Seixal e Sesimbra são abastecidos por captações neste concelho. A área de Corroios/Santa Marta do Pinhal poderá ser especialmente impactada, dado o número de captações aí existentes (cf. Figura 3.38 in Novo, 2020). Assim, os impactos nos consumos abastecidos no aquífero superficial tenderão a ser médios e embora na generalidade devam ser médios a baixos para os consumos abastecidos pelo aquífero intermédio/profundo, estes poderão tornar-se significativos caso ocorra sobre-exploração, muito em particular em captações próximas do litoral ou junto de áreas poluídas. Casos de contaminação por sobre-exploração já se registaram na área da SPEL (cf. Amaral

et al., 2009). Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos), apesar da evolução dos riscos de seca apontarem para a sua estabilidade (Figura 2.62 e Figura 2.63), serão mais significativos por ocorrerem em condições climáticas mais áridas. Assim admite-se que os impactos sejam moderados a altos no aquífero superficial e moderados no intermédio/profundo. No entanto, em zonas de eventual sobre-exploração, estes poderão tornar-se significativos neste último aquífero. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) afectarão especialmente as captações sitas a 40 m na vertical da actual interface água doce/salgada. O aquífero superficial tenderá a ter impactos significativos mas o aquífero intermédio/profundo, em situações de sobre-exploração, poderá ser igualmente afectado. Este será um problema relevante para o concelho dado o grande número de captações próximas do litoral (cf. Figura 3.38 in Novo, 2020), o que poderá pôr em causa algum do abastecimento público. No Quadro 4.22 e Figura 4.17 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.22 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Seixal

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	3	↑→
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	3	↑→
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	3	4	↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

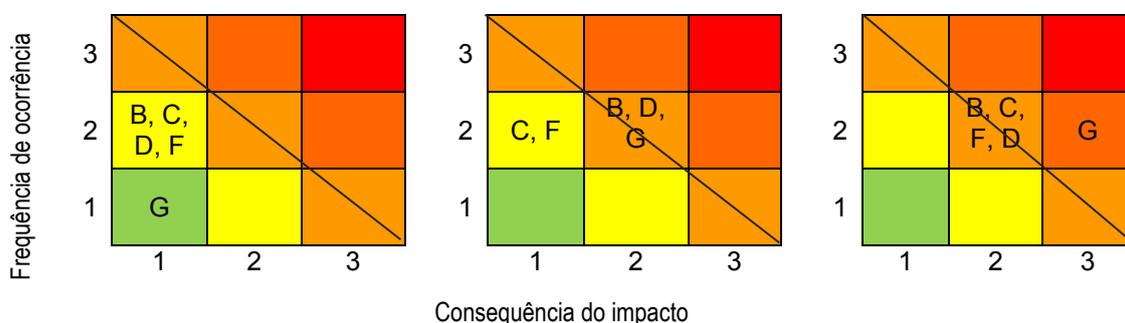


Figura 4.17 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho do Seixal

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.15 Sesimbra

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) tenderão, na área do sistema aquífero Tejo/Sado Margem Esquerda, a ser moderados no aquífero superficial e moderados a baixos no aquífero intermédio/profundo; na Orla Ocidental do Sado (Cabo Espichel/Sera da Arrábida), os impactos serão médios a elevados, em especial nas zonas cársticas. Os impactos indirectos (sobre-exploração e degradação da qualidade da água) poderão ser mais relevantes no aquífero intermédio/profundo, por ser o mais captado para abastecimento público. Os impactos nos consumos abastecidos no aquífero superficial serão moderados a eventualmente altos e moderados para os consumos baseados no aquífero intermédio/profundo. Além disso deve também ter-se em consideração os impactos que possam ocorrer nas captações do Seixal. Os consumos abastecidos pela Serra da Arrábida admite-se que sofrerão impactos significativos. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos), apesar da evolução do risco de seca apontar para a sua manutenção (Figura 2.67 e Figura 2.68), serão maiores dado as secas virem a ocorrer em condições climáticas de maior aridez. Na zona sul do concelho, ocupada pela Orla Ocidental do Sado, os impactos serão elevados nas pequenas unidades produtivas superficiais e unidades carsificadas; na restante área do concelho os impactos serão moderados no aquífero superior e moderados a baixos no aquífero intermédio/profundo. Os impactos indirectos devidos a situações de sobre-exploração tenderão a ser mais relevantes no aquífero intermédio/inferior. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina), deverão ser moderados excepto eventualmente nas áreas de recuo acentuado das arribas. No entanto dada a dada a natureza heterogénea e multicamada deste litoral o avanço da intrusão salina é de difícil previsão, admitindo-se que possa ser significativo nas zonas de grutas e fracturas limpas das rochas. Apenas nas pequenas áreas de litoral de areia (ex.: zona de Sesimbra) se poderá projectar a ocorrência de impactos significativos nas captações que eventualmente se situem a menos de 40 m na vertical da interface água doce/salgada. A generalidade dos consumos deverá sofrer impactos reduzidos – exceto os eventualmente ocorrentes nas captações do Seixal – o reduzido volume captado nas zonas litorais. No Quadro 4.23 e Figura 4.18 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.23 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Sesimbra

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	3	↑→
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	2	2	↑→

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

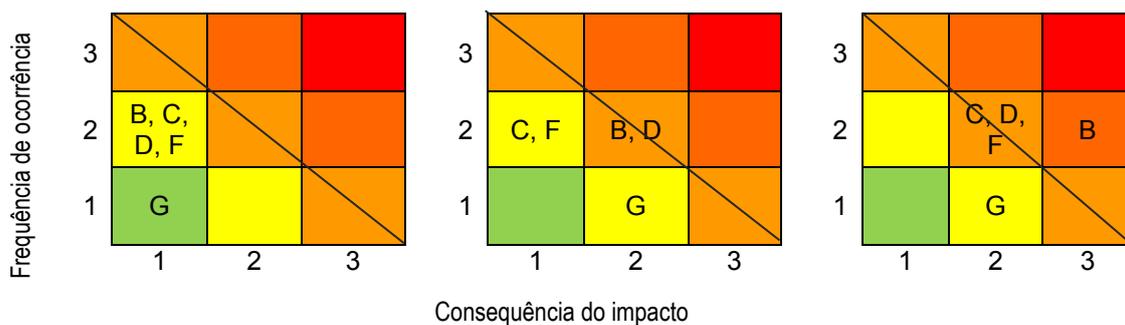


Figura 4.18 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Sesimbra

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.16 Setúbal

Tal como para o concelho de Sesimbra, os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) na área do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda serão moderados no aquífero superficial e moderados a baixos no aquífero intermédio/profundo; na Orla Ocidental do Sado é de admitir impactos médios a elevados, em especial nas zonas cársicas da Serra da Arrábida. Os impactos indirectos (sobre-exploração e degradação da qualidade da água) poderão ser relevantes nas áreas do concelho onde se verifique grande concentração de captações, afectando sobretudo o aquífero intermédio/inferior do sistema Tejo/Sado – Margem Esquerda, situação que será potenciada pelo aumento das necessidades hídricas. Note-se a este propósito que no concelho têm ocorrido casos de sobre-exploração (cf. Barreiras, 2009) e estes fenómenos tendem a causar efeitos prolongados no tempo (cf. Amaral et al., 2009). O pólo decaptação da Secil pode vir a tornar-se uma destas áreas afectadas. Os impactos nos consumos serão moderados a baixos no caso dos consumos abastecidos pelo aquífero intermédio/profundo do sistema aquífero

Tejo/Sado Margem Esquerda e moderados para os consumos abastecidos pelo aquífero superficial deste sistema. Por seu turno, os consumos eventualmente abastecidos pela Orla Ocidental do Sado deverá sofrer impactos significativos, em particular devido aos consumos que recorram às zonas cársicas da Serra da Arrábida. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) tenderão a ser mais elevados no futuro dado as secas virem a ocorrer num enquadramento climático de maior aridez, a que se associa o aumento previsto do risco de seca (cf. Figura 2.74 e Figura 2.75). Assim, esperam-se impactos elevados nas formações da Orla ocidental do Sado, em especial nas formações cársicas. Os impactos serão moderados a localmente altos no aquífero superficial do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda e moderados no aquífero intermédio/profundo. No caso de ocorrerem situações de sobre-exploração, a degradação da qualidade da água pode ocorrer, o que poderá ter impactos significativos nos consumos. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) admitem-se moderados ao longo do litoral de arriba, com a eventual excepção das zonas cársicas onde este avanço deverá ser significativo ao longo das condutas e fracturas sem preenchimento. A zona da Secil poderá ser uma área particularmente sensível caso existam conexões hidráulicas entre os níveis captados e a zona litoral. Dada a complexidade em termos de geometria e distribuição de permeabilidades não é possível, no estado actual dos conhecimentos para o litoral de arriba, definir as áreas que poderão ser mais afectadas. No litoral de areia admite-se que as captações sitas a menos de 40 m da vertical da actual interface água doce/salgada venham a ser afectadas. Dado o historial de sobre-exploração, a região da Mitrena poderá ser uma área especialmente impactada. Os impactos sobre os consumos da rede pública deverão ser inexistentes dado as captações se situarem no interior do concelho. No Quadro 4.24 e Figura 4.19 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.24 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Setúbal

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	2	3	→↑
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	2	4	↑

Legenda: Nível de risco:  Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

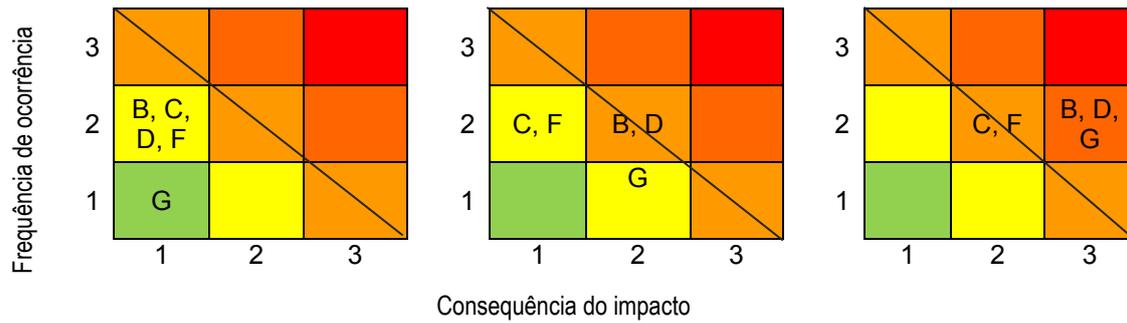


Figura 4.19 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Setúbal

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.17 Sintra

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) serão elevados nas unidades produtivas superficiais das Orlas ocidentais, dado o seu reduzido volume de armazenamento; nos níveis produtivos profundos admitem-se impactos moderados a eventualmente baixos. No sistema aquífero Pisões-Atrozela, os impactos serão elevados. Os impactos indirectos (sobre-exploração e degradação da qualidade da água) poderão tornar-se elevados a muito elevados no sistema aquífero Pisões-Atrozela e unidades produtivas superficiais das Orlas Ocidentais, caso se verifique um aumento da sua exploração. Contudo é de admitir que, no caso das Orlas, haja uma transferência das captações para o aquífero profundo, que deverá assim sofrer impactos moderados a a localmente altos. Os impactos nos consumos da rede pública deverão ser moderados, dado mais de 90% ser suprido por origens resilientes externas ao concelho. Os consumos supridos pelas unidades produtivas superficiais serão elevados. Os consumos da rede pública supridos pelo sistema aquífero Pisões-Atrozela provavelmente passarão a basear-se em origens externas ao concelho, pelo que os impactos, que seriam significativos, não deverão ocorrer. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos), agravar-se-ão por as secas passarem a ocorrerem em condições climáticas médias de maior aridez, ainda mais potenciadas pela evolução do risco de seca na generalidade do concelho (cf. Figura 2.79 e Figura 2.80), sendo as S. João das Lampas/Terrugem as que sofrerão menores impactos. Estes impactos serão elevados no sistema aquífero Pisões-Atrozela e pequenas unidades produtivas superficiais das Orlas Ocidentais. Nas unidades produtivas profundas destas Orlas, os impactos serão moderados, mas os impactos indirectos devidos a sobre-exploração poderão tornar-se significativos. Os impactos nos consumos serão elevados a muito elevados para os que se abastecem nas unidades aquíferas superficiais das Orlas Ocidentais e sistema aquífero Pisões-Atrozela, e moderados (pontualmente elevados em situações localizadas de sobre-exploração) nos que se abastecem nas unidades aquíferas profundas. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina) deverão ser modoados na generalidade do litoral de arriba, embora dada a heterogeneidade litológica da zona litoral, seja difícil definir, no estado actual dos conhecimentos, a dimensão e localização das áreas a serem mais afectadas. Nos pequenos litorais de praia estes impactos doce/salgada – que poderão afectar uma área até 40 m na vertical da actual interface – deverá ser pouco relevante em termos de consumos, excepto

eventualmente algumas instalações de praia com captações próprias. Neste caso os impactos poderão ser significativos. Impactos significativos poderão também ocorrer no litoral do sistema aquífero Pisões-Atrozela, caso ocorram condutas cársticas de dimensões significativas. Em termos de consumos, os impactos deverão ser muito pouco significativos, dada a reduzida expressão de captações na zona litoral. No Quadro 4.25 e Figura 4.20 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.25 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Sintra

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	3	4	↑
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	1	2	→↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

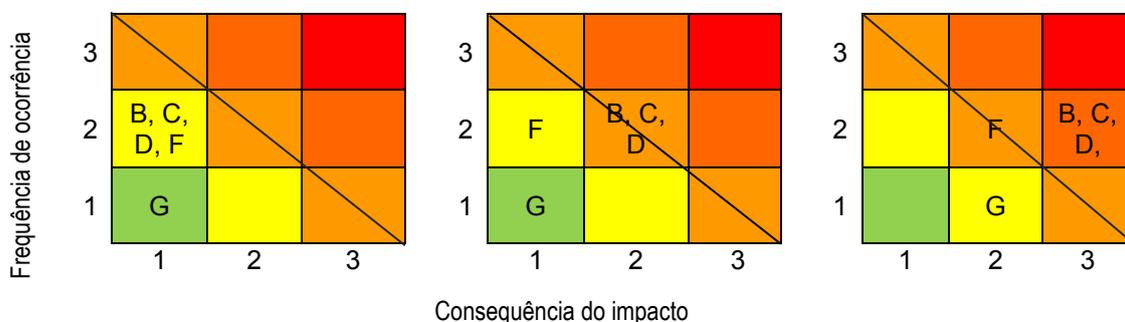


Figura 4.20 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Sintra

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

4.4.18 Vila Franca de Xira

Os impactos da **alteração da precipitação e temperatura** (redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) tenderão a ser moderadas nas unidades aquíferas superficiais do sistema aquífero Aluviões do Tejo e baixas nos aquíferos intermédios e profundos (sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda). Na Orla Ocidental do Tejo, as unidades produtivas superficiais deverão sofrer impactos médios a elevados e as unidades aquíferas profundas impactos moderados. Os impactos indirectos (sobre-exploração e degradação da qualidade da água) deverão ser moderados a altos nos níveis produtivos profundos da Orla Ocidental do Tejo, dado serem muito explorados para o

abastecimento à indústria e ao historial de sobre-exploração (cf. Lobo-Ferreira et al., 2012). Estes mesmos impactos poderão ser pontualmente significativos no sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda, dado a maioria das captações, em particular para abastecimento público, nele captarem. Este problema pode tornar-se relevante caso ocorram infiltrações ao longo das zonas ribeirinhas salinizadas, em particular num cenário de avanço da intrusão salina ao longo do rio Tejo (cf. Figura 3.44 in Novo, 2020). Os impactos nos consumos da rede pública serão pouco significativos dado o abastecimento ser suprido essencialmente por origens resilientes externas ao concelho. Os impactos poderão contudo ser significativos para os consumos bastecidos na Orla Ocidental do Tejo e nos aquíferos superficiais das Aluviões do Tejo. Os impactos das **secas** (temporária redução da recarga e rebaixamento dos níveis piezométricos) tenderão a ser mais significativos, dado ocorrerem num clima de maior aridez e a evolução do risco de seca (cf. Figura 2.83 e Figura 2.84) apontar para um agravamento em todo o concelho com a excepção das freguesias de Vialonga, Póvoa de Santa Iria e Forte da Casa. Assim, admitem-se impactos elevados nas unidades produtivas superficiais e moderados nas unidades profundas da Orla Ocidental do Tejo. Os impactos serão médios no sistema aquífero das Aluviões do Tejo, podendo tornar-se elevados nos níveis de terraços. Nas unidades do sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda admitem-se impactos baixos a moderados (cf. Luís, 2016). Os impactos indirectos por sobre-exploração poderão tornar-se moderados no sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda a localmente altos nas unidades profundas da Orla Ocidental do Tejo. Com a excepção dos consumos abastecidos pelas unidades aquíferas superficiais da Orla Ocidental e nas unidades de menor dimensão das Aluviões do Tejo (ex.: terraços), que deverão sofrer impactos elevados, a generalidade dos restantes consumos tenderão a sofrer impactos moderados. Os impactos da **subida do nível do mar** (avanço da intrusão salina nos aquíferos e rio Tejo) poderão ser significativos nas captações nas Aluviões do Tejo que actualmente se situem a menos de 40 m na vertical da interface água doce/salgada, estendendo-se ao longo da zona ribeirinha até à zona de Valada, que é apontada como o limite para a intrusão salina no Tejo em 2100 (cf. Carmona Rodrigues, 2013). No sistema aquífero Tejo/Sado – Margem Esquerda apenas poderão ocorrer impactos caso haja percolação de águas salinizadas a partir das Aluviões do Tejo. Esta percolação poderá ser incrementada por efeitos da sobre-exploração se as captações afectadas por intrusão salina nos níveis produtivos superficiais forem deslocizadas para os níveis profundos e registarem um significativo aumento do caudal. Na Orla Ocidental do Tejo, a grande heterogeneidade dos terrenos torna difícil a definição do avanço da intrusão salina, no estado actual dos conhecimentos; as áreas já afectadas por intrusão salina (ex.: Vila Franca de Xira, Alhandra; cf. Simões, 1998) deverão ver um agravamento dos impactos. Em termos de consumos os impactos deverão moderados, excepto no caso dos abastecidos nos níveis aquíferos superficiais, em que deverão tornar-se elevados. No Quadro 4.26 e Figura 4.21 apresenta-se a análise da relevância destes impactos.

Quadro 4.26 – Matriz de relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Vila Franca de Xira

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2100)	
B. Redução da precipitação	2	3	4	↑
C. Alteração na escala sazonal da precipitação	2	3	3	↑→
D. Secas	2	3	4	↑
F. Alteração na escala sazonal da temperatura	2	2	3	→↑
G. Nível médio das águas do mar	1	2	3	↑

Legenda: Nível de risco: Baixo Moderado Alto ↑ Aumento do Risco → Manutenção do Risco ↓ Diminuição do Risco

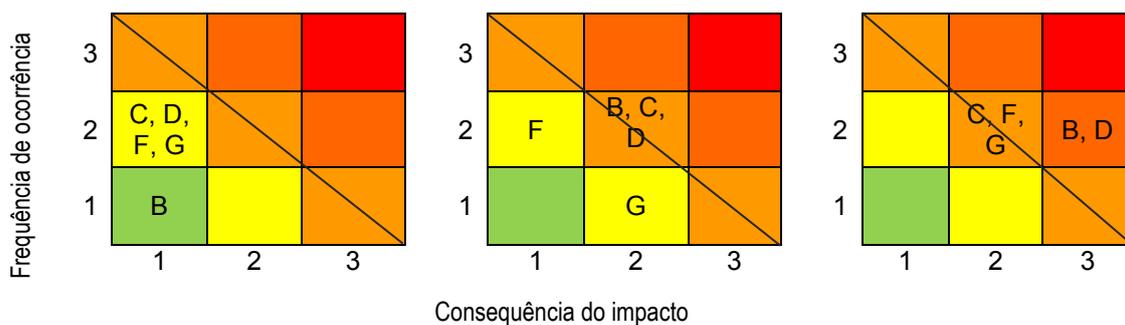


Figura 4.21 – Evolução da relevância dos impactos dos riscos climáticos no concelho de Vila Franca de Xira

Fonte: adaptada de PMAAC-AML (2018b)

5 | Vulnerabilidades actuais e futuras dos recursos hídricos subterrâneos na AML

A vulnerabilidade climática de um território resulta da conjugação dos riscos climáticos a que está exposto, a sua sensibilidade climática, os impactos sofridos pelos eventos climáticos extremos e as alterações de longo prazo do clima, conjugado com a capacidade de se adaptar⁸ a estas alterações (cf. Figura 2.8 in Novo, 2020). A avaliação da vulnerabilidade climática actual e futura nos concelhos da AML para os consumos humanos baseou-se na construção de índices de vulnerabilidade, agregados para cada tipo de risco climático, com base em 3 factores determinantes (PMAAC-AML, 2018b):

- **Exposição aos riscos climáticos**
- **Sensibilidade aos riscos climáticos**
- **Capacidade adaptativa aos riscos climáticos**

Assim, o Projecto PMAAC estabeleceu a vulnerabilidade territorial aos diferentes riscos climáticos, apresentando-se no Quadro 5.1 a vulnerabilidade às secas, cuja distribuição territorial é ilustrada em Anexo. No entanto esta vulnerabilidade territorial, porque agrega os diferentes sectores sócio-económicos, pode não ser a dos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos. Tanto mais que para os recursos hídricos subterrâneos outros factores de vulnerabilidade são mais significativos do que os eventos extremos, como foi sendo referido ao longo do presente relatório. Deste modo, para definir a vulnerabilidade natural dos recursos hídricos subterrâneos, e mais especificamente a vulnerabilidade natural intrínseca dos sistemas aquíferos, a metodologia terá de ser algo distinta. Esta será a *incapacidade para manter o funcionamento dos sistemas aquíferos no período de referência e em consequência a quantidade e qualidade dos respectivos recursos* (adaptado de Nicholls, 1998 e Novo, 2009), entendida como a incapacidade do sistema em se acomodar às alterações climáticas, independentemente das acções antrópicas. Isto é relevante porque se um sistema natural for de per si muito vulnerável, a capacidade adaptativa da sociedade a explorar sustentavelmente esse recurso poderá nem sequer existir.

Assim, a **vulnerabilidade natural de um aquífero** às alterações climáticas deve considerar (1) a vulnerabilidade a tendências de evolução das normais climáticas, o que na prática corresponde às alterações de longo prazo da recarga, (2) a vulnerabilidade à intrusão salina, devido à subida do nível do mar, (3) vulnerabilidade a eventos extremos e (4) vulnerabilidade à poluição.

⁸ A caracterização da capacidade adaptativa dos diferentes concelhos da AML, para os recursos hídricos, foi elaborada por Rocha e pode ser consultada em PMAAC-AML (2018b).

Quadro 5.1 – Vulnerabilidade dos concelhos aos eventos extremos de seca nos consumos humanos dos concelhos da AML

Concelhos	Vulnerabilidade	
	Actual	Futura
Alcochete	Média; baixa em algumas zonas	Alta; baixa em algumas zonas
Almada	Baixa	Baixa
Amadora	Muito baixa	Muito baixa; baixa em algumas zonas
Barreiro	Baixa	Baixa
Cascais	Muito baixa a baixa	Muito baixa a baixa
Lisboa	Muito baixa	Muito baixa
Loures	Muito baixa a baixa	Média a baixa
Mafra	Muito baixa	Muito baixa a baixa; alta em algumas zonas
Moita	Baixa	Baixa a média
Montijo	Baixa no sector ocidental; média no sector oriental	Baixa a média no sector ocidental; alta no sector oriental
Odivelas	Muito baixa	Baixa a média
Oeiras	Muito baixa	Muito baixa
Palmela	Média	Alta
Seixal	Baixa	Baixa
Sesimbra	Média; baixa em algumas zonas	Média; baixa em algumas zonas
Setúbal	Baixa: muito baixa em algumas zonas	Média; baixa em algumas zonas
Sintra	Muito baixa	Baixa; muito baixa na zona NW
Vila Franca de Xira	Alta; muito baixa na zona oeste	Muito alta; alta na zona oeste; muito baixa na zona SW

A **vulnerabilidade a tendências de evolução das normais climáticas**, depende da dimensão, natureza e grau de confinamento do aquífero, conjugadas com as taxas de exploração. Deste modo os aquíferos superficiais de pequena dimensão – que não só têm reduzida capacidade de armazenamento como perdem facilmente água por evapotranspiração e descargas para ribeiras e nascentes – terão

vulnerabilidade elevada, que se tornará muito elevada no caso destes serem de natureza cársica. Nos aquíferos profundos de menor dimensão, a vulnerabilidade tende a ser moderada a baixa (dependendo das taxas de exploração). Nos aquíferos de grandes dimensões a vulnerabilidade tende a ser moderada, se estes forem superficiais e baixa a muito baixa se forem profundos. Deste modo, na AML, esta vulnerabilidade será baixa para os sistemas aquíferos Tejo/Sado – Margem Esquerda (muito baixa para as unidades profundas e moderada a baixa nas unidades superficiais), e moderada a baixa no sistema aquífero Aluviões do Tejo. Na zona onde as Aluviões do Tejo cobrem o Tejo/Sado – Margem Esquerda, este último terá vulnerabilidade muito baixa. Os aquíferos superficiais das Orlas Ocidentais terão vulnerabilidade elevada e os terrenos cársicos da Serra da Arrábida e sistema aquífero Pisões-Atrozela terão vulnerabilidade muito elevada, especialmente neste último devido à admissivelmente maior taxa de exploração face à da Serra da Arrábida. Daqui resulta que a margem esquerda do Tejo tem, na sua generalidade uma vulnerabilidade moderada a baixa, embora localmente, nas zonas sobre-exploradas, esta seja média a elevada, dependendo da profundidade do aquífero e taxa de sobre-exploração. Na margem direita do Tejo, a vulnerabilidade será elevada a muito elevada nos aquíferos superficiais, e moderada nos profundos, podendo nestes últimos ser elevada nas zonas de sobre-exploração. Note-se que nos cenários climáticos previstos, que apontam para maiores temperaturas e menores precipitações (favorecendo a redução da recarga), o aumento expectável dos consumos tenderá a incrementar as situações de sobre-exploração.

A **vulnerabilidade à intrusão salina**, depende da estrutura litológica (sucessões litológicas complexas geram interfaces complexas, não raro com zonas preferenciais de avanço das mesmas), tipo de litoral (litorais de areia tenderão a ser mais afectados porque a sua submersão parcial potencia um maior avanço desta intrusão), profundidade do aquífero (aquíferos profundos tenderão a estar mais protegidos, caso se situem abaixo da interface água doce/salgada) e taxa de redução da recarga. Com efeito mesmo se o nível do mar se mantivesse, a redução da recarga promoveria o avanço da intrusão salina, devido ao rebaixamento dos níveis piezométricos. Similar efeito tem a sobre-exploração. Deste modo considera-se que o litoral de arriba tem baixa vulnerabilidade, com excepção dos litorais de arriba cársicos, que apresentarão vulnerabilidade alta, podendo tornar-se muito alta nas áreas litorais onde sejam explorados. O litoral de areia tem vulnerabilidade média a alta, dependendo da granulometria e heterogeneidade dos depósitos (assim como da sua taxa de exploração). Nas zonas estuarinas a vulnerabilidade poderá ser moderada a baixa caso o litoral seja de vasa argilosa e lodos e os níveis aquíferos subjacentes se localizem abaixo da interface água doce/salgada; no litoral de areia, esta vulnerabilidade será média a alta nas unidades aquíferas superficiais e baixa nas unidades subjacentes, excepto em zonas com conexão com os níveis aquíferos superficiais: neste último caso a vulnerabilidade será, no mínimo, média. Nas zonas ribeirinhas, além do avanço da intrusão salina no aquífero deve considerar-se também o avanço da intrusão salina nos rios, que expõem novas áreas ribeirinhas a este fenómeno. Na margem direita do Tejo, dominada pelo litoral de arriba, a vulnerabilidade à subida do nível do mar será baixa em toda a zona costeira, com excepção da zona de afloramento do sistema aquífero Pisões-Atrozela, onde será elevada a muito elevada; na zona ribeirinha desta mesma margem, a vulnerabilidade será moderada podendo tornar-se, em zonas de sobre-exploração, alta nas unidades produtivas superficiais e moderada a alta nas unidades profundas.

Um caso particular é a zona ribeirinha de Loures, que apresenta salinização de origem desconhecida; neste caso, pelo princípio da precaução, a vulnerabilidade será alta. Na margem esquerda do Tejo, os litorais de arriba têm vulnerabilidade baixa, excepto na zona litoral da Serra da Arrábida, em que a vulnerabilidade será alta (muito alta nas zonas com exploração); no litoral arenoso a vulnerabilidade será média (alta em zonas muito exploradas ou onde já ocorram processos de intrusão salina); nas zonas ribeirinhas do Tejo e Sado a vulnerabilidade será média no aquífero superficial e baixa no profundo, excepto em zonas de solos salinizados onde a vulnerabilidade será alta (incluído no aquífero profundo caso este tenha ligação com o aquífero superficial); nas zonas estuarinas de litoral de vasa argilosa, a vulnerabilidade será baixa no aquífero superficial e muito baixa no profundo; nas zonas estuarinas de litoral de areia a vulnerabilidade será alta no aquífero superficial e média no profundo, tornando-se alta nas zonas de sobre-exploração presente ou passada (litoral do Barreiro, Mitrena e, eventualmente, zonas de grande densidade de captações; ex.: Seixal).

A **vulnerabilidade a eventos extremos** depende dos mesmos factores da vulnerabilidade à evolução das normais climáticas, do tipo de evento extremo, sua intensidade e duração. Por via de regra, grandes sistemas aquíferos são menos vulneráveis a secas do que pequenos aquíferos ou aquíferos cársicos. Com efeito, enquanto os primeiros tendem a ser algo vulneráveis somente a eventos severos e de longa duração, o mesmo acontecendo para os aquíferos profundos, nos aquíferos pequenos e cársicos esta vulnerabilidade será alta a muito alta mesmo em secas mais moderadas. No futuro esta vulnerabilidade será mais elevada dado as secas virem a ocorrer em condições de normal climática mais árida. A vulnerabilidade às cheias é ainda mal conhecida, pelo que não foi analisada.

A **vulnerabilidade à poluição** (natural ou antrópica) provocada pelas alterações climáticas refere-se à degradação da qualidade da água por processos que não os da intrusão salina, podendo ocorrer tanto no litoral como nas regiões interiores. Um exemplo de degradação da qualidade por processos naturais é a que tenderá a ocorrer por aumento do CO₂ dissolvido na água de infiltração em sistemas cársicos⁹, o que conduz a maior dureza da água (Oliveira, 2011). Ao mesmo tempo, por efeito desta mesma dissolução, a infiltração de poluentes é facilitada. Outros processos que possam potenciar uma maior vulnerabilidade do aquífero são ainda mal conhecidos mas deverão ocorrer, podendo afectar a adsorção/desadsorção dos poluentes pelos materiais do aquífero. A adaptação poderá também causar problemas de poluição, por exemplo por alteração das espécies cultivadas e combate a pragas emergentes. Este aspecto está também muito pouco estudado. Assim a vulnerabilidade foi considerada (1) muito alta – zonas cársicas (sistema aquífero Pisões-Atrozela e Serra da Arrábida-Serra de S. Luís), (2) alta – zonas de sobre-exploração significativa e concentração agrícola ou industrial (ex.: Vialonga-Alverca, região da Mitrena), (3) média a alta – Zona Vulnerável do Tejo (sistemas aquíferos Aluviões do Tejo e parte do Tejo-Sado/Margem Esquerda) ou de grande concentração de captações mas sem sobre-exploração conhecida, (4) baixa – aquíferos intermédios e profundos excepto áreas de sobre-exploradas. No Quadro 5.2 apresenta-se a vulnerabilidade global dos sistemas aquíferos às alterações climáticas. O facto de localmente esta vulnerabilidade poder ser diferente da vulnerabilidade atribuída

⁹ Aumento este provocado pela subida da concentração de CO₂ atmosférico devido às emissões de gases de efeito de estufa.

ao sistema aquífero no seu todo, afecta a vulnerabilidade das captações. Assim, para cenarizar estratégias de adaptação ao nível local é necessário conhecer adequadamente a situação à escala local, conhecimento que com muita frequência não está estabelecido.

Quadro 5.2 – Vulnerabilidade dos sistemas aquíferos às alterações climáticas

Sistema aquífero	Processos	Vulnerabilidade	
		Actual	Futura
Tejo/Sado – Margem Esquerda (agrega na classificação de vulnerabilidade o aquífero superficial e o intermédio/profundo)	Alteração da recarga	Baixa a muito baixa	Moderada
	Alteração da qualidade	Baixa a localmente alta	Moderada a localmente alta
	Sobre-exploração	Baixa a moderada, localmente alta	Moderada a localmente alta
	Intrusão salina	Média a localmente alta	Alta a localmente muito alta
	Secas (severas)	Muito baixa a baixa	Baixa a média
Aluviões do Tejo	Alteração da recarga	Moderada a baixa	Moderada
	Alteração da qualidade	Alta	Alta a muito alta
	Sobre-exploração	Média a Baixa	Média a Alta
	Intrusão salina	Média a alta	Alta a muito alta
	Secas (severas)	Baixa a moderada	Moderada
Pisões-Atrozela	Alteração da recarga	Alta a Muito alta	Muito alta
	Alteração da qualidade	Alta a muito alta	Muito alta
	Sobre-exploração	Alta	Alta a muito alta
	Intrusão salina	Média	Alta a muito alta
	Secas (severas)	Muito alta	Muito alta

Sistema aquífero	Processos	Vulnerabilidade	
		Actual	Futura
Orla Ocidental das Ribeiras do Oeste	Alteração da recarga	Média a alta	Alta a localmente muito alta
	Alteração da qualidade	Média a localmente alta	Média a alta
	Sobre-exploração	Média a alta	Alta
	Intrusão salina	Baixa a localmente alta	Baixa a localmente muito alta
	Secas (severas)	Alta	Alta a muito alta
Orla Ocidental do Tejo	Alteração da recarga	Média a alta	Alta a a localmente muito alta
	Alteração da qualidade	Média a localmente alta	Média a alta
	Sobre-exploração	Média a alta	Alta a localmente muito alta
	Intrusão salina	Baixa a Média, localmente alta	Média a localmente alta
	Secas (severas)	Alta	Alta a muito alta
Orla Ocidental do Sado	Alteração da recarga	Alta a muito alta	Muito alta
	Alteração da qualidade	Alta a muito alta	Muito alta
	Sobre-exploração	Média a alta	Alta a localmente muito alta
	Intrusão salina	Alta	Alta a localmente muito alta
	Secas (severas)	Alta a muito alta	Muito alta

6 | Considerações finais

O presente relatório é uma versão não resumida da análise da sensibilidade climática e impactos decorrentes das alterações climáticas para o sector dos Recursos Hídricos, na sua componente subterrânea, apresentada no Vol. II do Plano de Adaptação às Alterações Climáticas da Área Metropolitana de Lisboa (PMAAC-AML, 2018b) e aí integrada com similar análise para os recursos hídricos superficiais.

Lisboa, LNEC, Dezembro de 2020

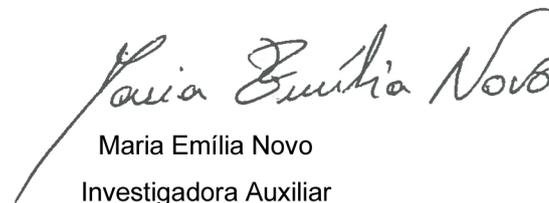
VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



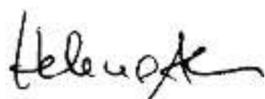
Maria Teresa Viseu

AUTORIA



Maria Emília Novo
Investigadora Auxiliar

A Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente



Helena Alegre

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, C.; MENDONÇA, J.; JESUS, M.; GOMES, A., 2000 – **Sistemas Aquíferos de Portugal Continental**. Instituto da Água, Portugal.
- AMARAL, H.I.F.; FERNANDES, J.; BERG, M.; SCHWARZENBACH, R.P.; KIPFER, R., 2009 – **A contaminação por TNT e DNT das águas subterrâneas do Seixal**. Seminário sobre os Sistemas Aquíferos da Bacia do Baixo Tejo.
- AUS DER BEEK, T., E. ALVES, R. BECKER, T. A. BRUGGEMAN, A.B. FORTUNATO, P. FREIRE, A. GRAGNE, M.H.J. VAN HUIJGEVOORT, A. IACOVIDES, I. IACOVIDES, E. KRISTVIK, L. LOCATELLI, P.LORZA, M. MOUSKOUNDIS, T. MUTHANNA, M. NOTTEBOHM, E. NOVO, M. OLIVEIRA, S. RIJPKEMA, M. RODRIGUES, B. RUSSO, M. SCHEIBEL, D. SUNYER, E. TENEKETZI, P. VAYANOU, T. VISEU, B.R. VOORTMAN, J.P.M. WITTE, 2018 – **D3.4 Model Results for Water and Land Use Scenarios Completed and Analysed. Projecto BINGO**, In: http://www.projectbingo.eu/downloads/BINGO_Deliverable3.4_final.pdf.
- BARREIRAS, N.M., 2009 – **Contribuição para a Caracterização e Modelação Hidrogeológica do Concelho do Seixal**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Geológica (Georrecursos), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Ciências da Terra, Monte da Caparica.
- CARMONA RODRIGUES, A., 2013 – **Modelação do Estuário do Tejo: Intrusão Salina em cenários de alterações climáticas**. Projecto ADAPTACLIMA-EPAL.
- CISED CONSULTORES; SULPLANO, CEDRU, 2003 – **Revisão do Plano Director Municipal do Seixal. Fase 1**, Volume II – Caracterização e Diagnóstico Prospectivo. Seixal.
- CM BARREIRO, 2016 – **Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas – Município do Barreiro**. Projecto ClimAdaPT.Local, Barreiro.
- CM MAFRA, 2016 – **Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas – Município da Vila de Mafra**. Projecto ClimAdaPT.Local, Mafra.
- CM LISBOA, 2016 – **Projeto de Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas**. Projecto ClimAdaPT.Local Lisboa.
- EEA, 2012 – **Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012: an indicator-based report**. European Environment Agency Report N° 12/2012, ISSN 1725-9177, doi: [10.2800/66071](https://doi.org/10.2800/66071).
- EEA, 2017 – **Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe: enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices**. European Environment Agency Report N° 15/2017, ISSN 1977-8449, doi: [10.2800/938195](https://doi.org/10.2800/938195).
- FERREIRA, F., 2012 – **Avaliação dos Impactos das Alterações Climáticas nos Aquíferos Costeiros do Concelho de Almada**. Mestrado em Geologia Aplicada, Especialização em Hidrogeologia. FCUL, Lisboa.

- GUERREIRO, S.B.; KILSBY, C.; FOWLER, H.J., 2017 – **Assessing the threat of future megadrought in Iberia**. International Journal of Climatology Volume 37, Issue 15, December 2017, doi: [10.1002/joc.5140](https://doi.org/10.1002/joc.5140).
- GHAZAVI, R.; VALI, A.B.; ESLAMIAN, S., 2021 – **Impact of flood spreading on groundwater level variation and groundwater quality in an arid environment**. Water Resources Management, April 2012, Volume 26, Issue 6. In: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-012-9977-4>. Consultado a 14/12/2017.
- GPDEIG/CMO, 2013 – **Plano Director Municipal de Oeiras. Revisão. Relatório de Caracterização e Diagnóstico. Concelho de Oeiras**, Volume I. Câmara Municipal de Oeiras, Oeiras.
- ICNF, 1996 – **Relatório de Síntese do Plano de Ordenamento da Arrábida. Fase 1 – Relatório Síntese de Caracterização**.
- IPCC, 2007 – **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. In: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>
- IPCC, 2013 – **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. In: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- KOENIGER, P.; LEIBUNDGUT, C., 2000 – **Study of river water impacts on groundwater during floods in a dry flood plain of the upper Rhine Valley**. Institute of Hydrology, Freiburg University, pp. 6. In: http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/hartheim/Koe_gwecol.pdf. Consultado a 14/ 12/2017.
- LOBO-FERREIRA, J.P.; NOVO, M.E.; OLIVEIRA, M.M.; LARANJEIRA, I.; LEITÃO, T.E.; HENRIQUES, M.J.; MARTINHO, N., 2009 – **Avaliação do Impacte de Fogos Florestais nos Recursos Hídricos Subterrâneos. Relatório Final**. Lisboa, LNEC - Proc. 0607/14/15798, Relatório 351/2009-NAS.
- LOBO-FERREIRA, J.P.; PINTO, I.V.; MONTEIRO, J.P.; OLIVEIRA, M.M.; LEITÃO, T.E.; NUNES, L.; NOVO, M.E.; SALVADOR, N.; NUNES, J.F.; POMBO, S.; SILVA, M.F.; IGREJA, A.; HENRIQUES, M.J.; SILVA, D.; OLIVEIRA, L.; MARTINS, T.; MARTINS, J.; BRACEIRO, A.; HENRIQUES, R.S.; MARTINS, R., 2011 – **Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica do Tejo – Lote 2, Recursos Hídricos Subterrâneos**, 1ª Fase, segunda versão dos conteúdos do PGRH, Versão 2, 28 Fevereiro, 2011, LNEC, Lisboa.
- LOBO-FERREIRA, J.P.; OLIVEIRA, L.S.; HELENO, S., 2012 – **Subsidência de Terrenos Devido à Extracção de Água Subterrânea**. Jornadas LNEC – Engenharia para a Sociedade, Investigação e Inovação: Cidades e Desenvolvimento, 18 – 20 Junho 2012, LNEC, Lisboa.

- In: https://www.researchgate.net/publication/267556453_SUBSIDENCIA_DE_TERRE_NOS_DEVIDO_A_EXTRACAO_DE_AGUA_SUBTERRANEA. Consultado 5/8/2018.
- LUÍS, A.M. 2016 – **ADAPTA CLIMA – EPAL**, VII Jornadas de Engenharia. In: http://www.adp.pt/pt/profissoes-da-agua/jornadas-de-engenharia/apresentacoes---faca-aqui-o-download/downloads/file126_pt.pdf. Consultado a 25/3/2019.
- MAGALHÃES, P.; MADUREIRA, N.; RUSSO, C.; PAIS, G.; BORGES, C.; CASTANHEIRA, M.; MESTRE, P.; NOGUEIRA, L.; MESTRE, A.C.; BATISTA, A.L.; FONSECA, T.; MOREIRA, I.; FIGUEIREDO, J.; CHANOCA, J., 2013 – **Plano Director Municipal do Seixal. Revisão – Proposta de Plano**. Proposta de Delimitação da Reserva Ecológica Nacional. Seixal, CM Seixal.
- MENDONÇA, J.J.L.; SILVA, M.O., 2003 – **Identification of Saline Contaminations by Water Logging in Wells Located in the Area around the Estuary of the Sado River (Portugal)**. Tecnología de la Intrusión de Agua de Mar en Acuíferos Costeros: Países Mediterráneos ©IGME. Madrid 2003. ISBN. 84-7840-470-8.
- NASCIMENTO, J.; RIBEIRO, L.; VIEGA DA CUNHA, L.; OLIVEIRA, R., 2004 – **Impacto das Alterações Climáticas nos recursos Hídricos Subterrâneos de Portugal Continental. Alguns Resultados Preliminares**. 7º Congresso da Água, APRH, pp. 15. In: http://www.aprh.pt/congressoagua_2004/PDF/89.PDF. Consultado a 26/7/2018.
- NICHOLLS, R.J., 1998 – **Coastal Vulnerability Assessment for Sea-Level Rise: Evaluation and Selection of Methodologies for Implementation**. Technical Report TR 98002. Caribbean Planning for Adaptation to Global Climate Change (CPACC) Project. Component 6: Coastal Vulnerability and Risk Assessment.
- NORONHA, V.; PACHECO, P.; GUERREIRO, M.; RIBEIRO, L.; DIAS, C.; BARREIROS, C.; PITÉ, C.; MATOS, A.; PEREIRA, A., 2012 – **Perfil Ambiental Região de Lisboa e Vale do Tejo**. Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo, IP, Lisboa, pp. 235.
- NOVO, M.E., 2009 – **Alterações Climáticas e seus Impactos nos Recursos Hídricos em Ilhas de Pequena Dimensão: Caso de Estudo – Ilha Terceira**. Tese de Doutoramento, Série LNEC Teses e Programas de Investigação, Lisboa.
- NOVO, M.E., 2020 – **Impactos e adaptação às Alterações Climáticas dos recursos hídricos Subterrâneos da Área Metropolitana de Lisboa**. Participação do LNEC no Projecto PMAAC-AML (Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas) na Componente Águas Subterrâneas e Reflexões à Posteriori – Caracterização da Situação de Referência.
- NOVO, M.E.; OLIVEIRA, M.M.; MARTINS, T., 2018 – **PROJECTO BINGO: Impactos das Alterações Climáticas nos Aquíferos do Baixo Tejo**. 18.º ENASB/18.º SILUBESA, Porto, 10 - 12 Outubro 2018.
- NOVO, M.E.; MARTINS, T.; HENRIQUES, M.J., 2020 – **BINGO Project: Impacts of Climate Change in Groundwater in the Lower Tagus; Coupling outputs from climate and recharge models with aquifer modelling**. LNEC – Proc. 0605/111/1911002, Relatório 245/2020 – DHA/NRE.

- OLIVEIRA, J.M.S., 2011 – **Impacto das Alterações Climáticas na qualidade das águas subterrâneas de aquíferos carbonatados em Portugal**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Geológica e de Minas, IST.
- OLIVEIRA, R.; RIBEIRO, L.; MENDES, M.P.; NASCIMENTO, J., 2009 – **Plano Estratégico do Concelho de Sintra face às Alterações Climáticas**. Alterações Climáticas no Município de Sintra. Recursos Hídricos. Projecto SIAM – Sintra. Sintra.
- OLIVEIRA, R.; RIBEIRO, L.; MENDES, M.P.; NASCIMENTO, J., 2010 – **Plano Estratégico de Cascais Face às Alterações Climáticas – Sector Recursos Hídricos**. IST, Lisboa.
- PARTIDÁRIO, M.R.; VICENTE, G.; SOARES, R.B., 2009 – **Avaliação Ambiental Estratégica PDM Vila Franca de Xira**. Relatório Ambiental. Elaborado em Junho de 2008. Revisto em Maio de 2009. IST, CM VF Xira.
- PMAAC-AML, 2018 – **PMAAC – Plano metropolitano de adaptação às alterações climáticas. Volume I - Definição do cenário base de adaptação para a AML (Área Metropolitana de Lisboa)**. Lisboa, 31 Julho 2018.
- PMAAC-AML, (2018a) – **PMAAC – Plano metropolitano de adaptação às alterações climáticas - Avaliação de impactes e vulnerabilidades. Guião metodológico para especialistas sectoriais**. Lisboa, 2 Outubro 2018.
- PMAAC-AML, (2018b) – **PMAAC – Plano metropolitano de adaptação às alterações climáticas. Volume II - Avaliação de impactes e de vulnerabilidades**. Lisboa, 21 Dezembro 2018.
- RIBEIRO, L.F.T. (coord.); Condesso de Melo, M.T.; Miguéns, F., 2017 – **Estudo do Descritor Hidrogeologia para a Construção dos Túneis do Monsanto/Sta. Apolónia e Chelas/Beato, no Âmbito do Plano Geral de Drenagem de Lisboa**. WaterWays.
- SILVA PINTO, C.M.; ALVES, D.; JUDAS, E.T.; HENRIQUES, I.; BARREIRA, S.; LEMOS, S.; LOPES, V.; RODRIGUES, F.; SEQUEIRA, M.J.; VENTURA, P.; ALVES, P.; ARRUDA, P.; AFONSO, C., 2011 – **PDM – Sintra. Revisão. Relatório Fundamentado de Avaliação da Execução do Plano Director Municipal de Sintra**. CM Sintra, Sintra.
- SIMÕES, M.M.M., 1998 – **Contribuição para o Conhecimento Hidrogeológico do Cenozóico na Bacia do Baixo Tejo**. Dissertação apresentada à Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Hidrogeologia. Monte da Caparica.
- SUN, R.; AN, D.; LU, W.; SHI, Y.; WANG, L.; ZHANG, C.; ZHANG, P.; QI, H.; WANG, Q., 2016 – **Impacts of a flash flood on drinking water quality: case study of areas most affected by the 2012 Beijing flood**. Heliyon, Volume 2, Issue 2, February 2016, pp. 14. doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00071.
- TABORDA, R.; ANDRADE, C.; MARQUES, F.; FREITAS, M.C.; RODRIGUES, R.; ANTUNES, C.; PÓLVORA, C., 2010 – **Plano Estratégico de Cascais Face às Alterações Climáticas – Sector Zonas Costeiras**. Universidade de Lisboa, Lisboa.
- WANG, X.; ZHANG, G.; XU, Y.J., 2015 – **Impacts of the 2013 Extreme Flood in Northeast China on Regional Groundwater Depth and Quality**. Water, 2015, Vol., 7, pp. 4575 – 4592. doi: [10.3390/w7084575](https://doi.org/10.3390/w7084575).

ZEFERINO, J.F.C., 2016 – **Modelação numérica (FEFLOW) e contaminação por intrusão salina do sistema aquífero Mio-Pliocénico do Tejo, na frente ribeirinha do Barreiro.**
Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Geológica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Internet sites

<https://dre.pt/application/file/611853>. Consultado a 25/6/2018.

http://lxrisk.cm-lisboa.pt/caract_geo_amb.html. Consultado a 20/7/2020.

<http://portaldoclima.pt/en/> – Portal do Clima. Consultado a 10/7/2018.

http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/230_Almada_9gh6omvms7.pdf. Consultado a 17/7/2018.

<http://www.smas-mafra.pt/pages/1217>. Consultado a 22/7/2018.

ANEXO

Vulnerabilidade territorial actual e futura às secas na Área Metropolitana de Lisboa

Vulnerabilidade territorial actual e futura às secas na Área Metropolitana de Lisboa

Os mapas abaixo (PMAAC-AML, 2018) representam a vulnerabilidade do território – e não apenas dos recursos hídricos nesse território – considerando todos os aspectos sócio-económicos presentes, incluindo os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

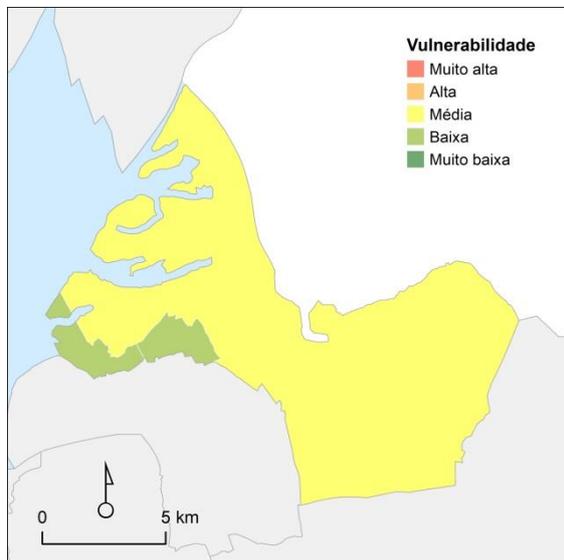


Figura A.1 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Alcochete

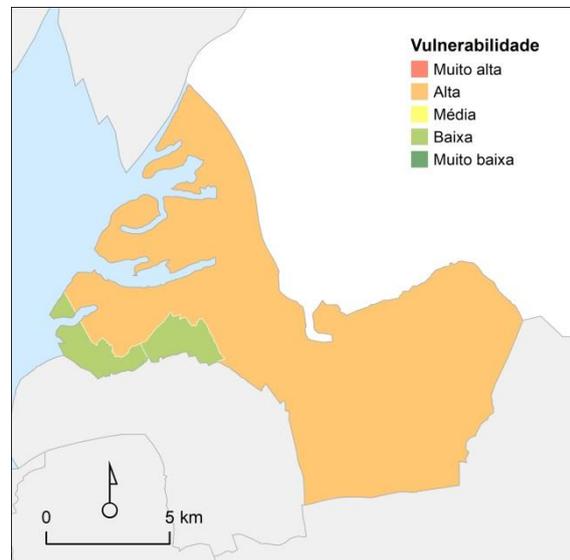


Figura A.2 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Alcochete

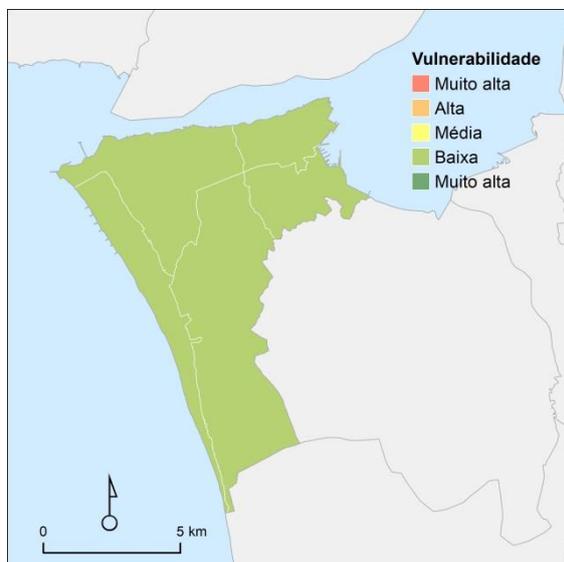


Figura A.3 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Almada

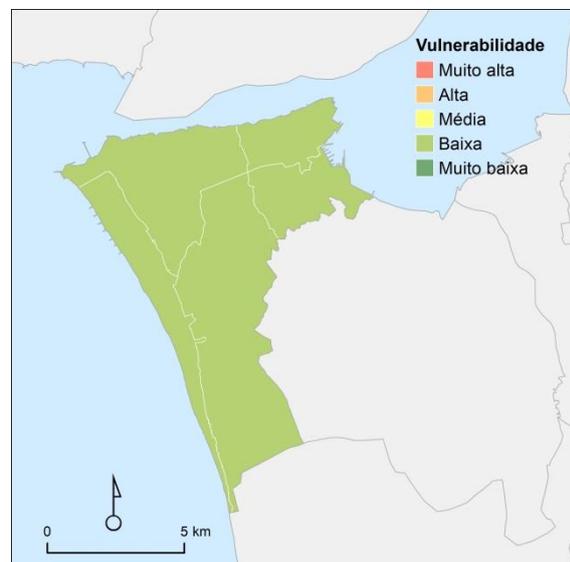


Figura A.4 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Almada

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

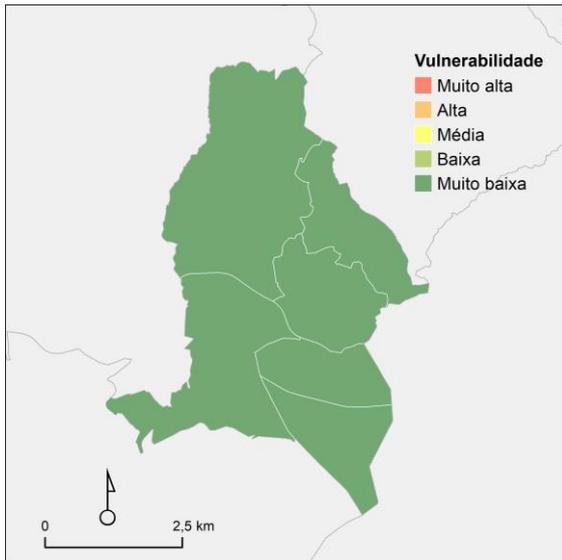


Figura A.5 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho da Amadora

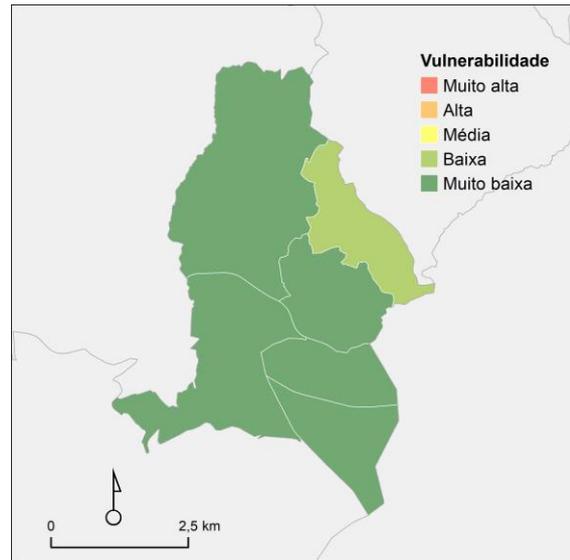


Figura A.6 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho da Amadora

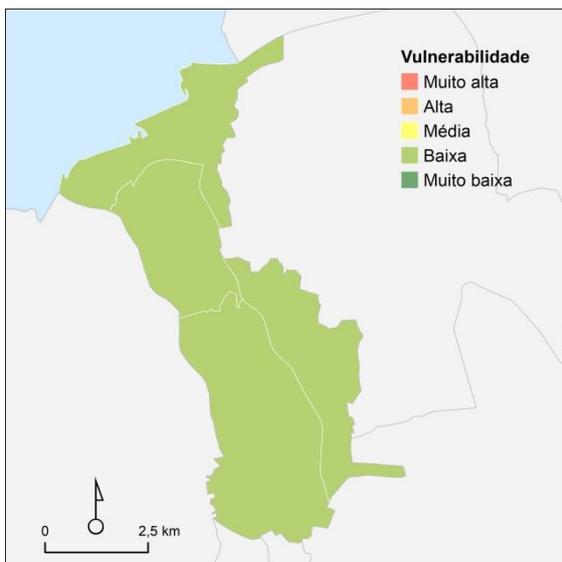


Figura A.7 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho do Barreiro

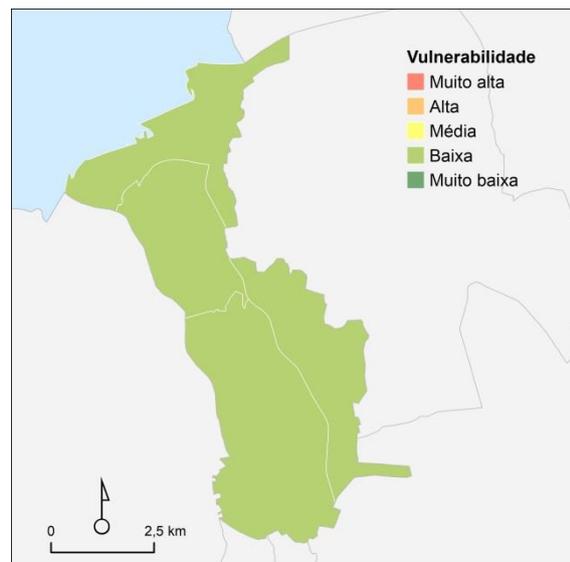


Figura A.8 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho do Barreiro

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

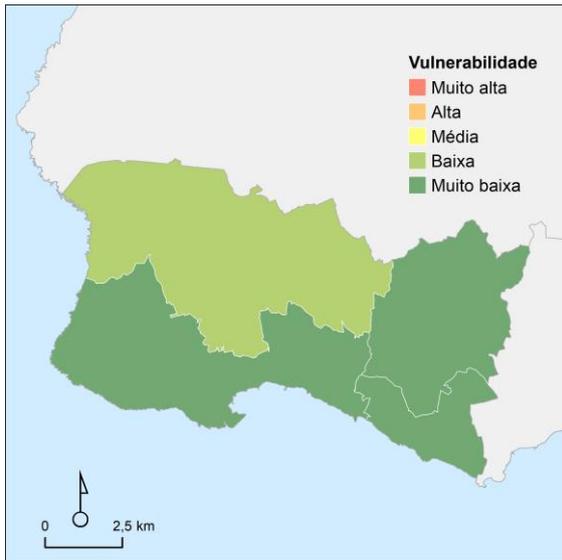


Figura A.9 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Cascais



Figura A.10 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Cascais



Figura A.11 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Lisboa



Figura A.12 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Lisboa

Fonte: PMAAC-AML (2018b)



Figura A.13 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Loures



Figura A.14 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Loures

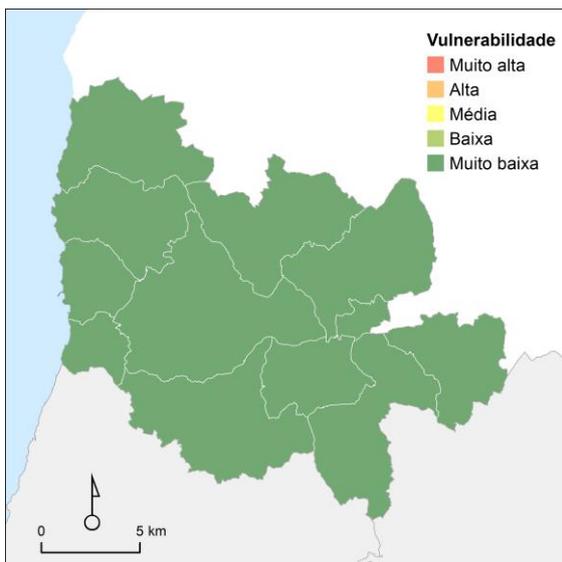


Figura A.15 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Mafra

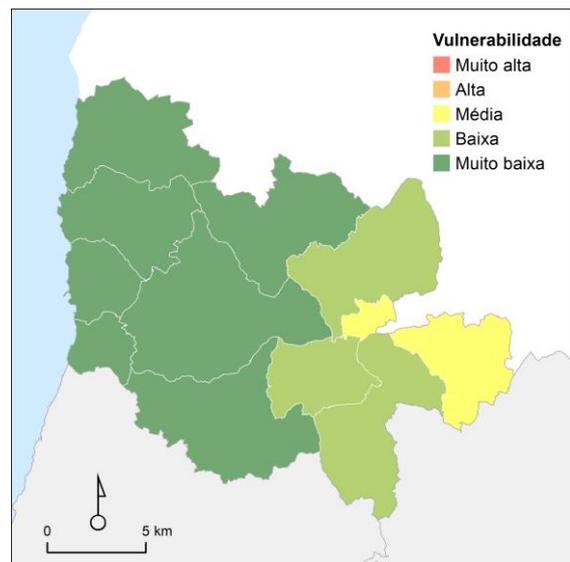


Figura A.16 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Mafra

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

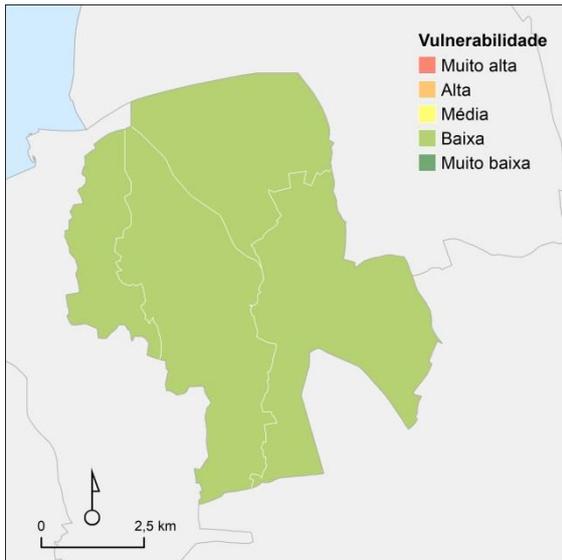


Figura A.17 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho da Moita

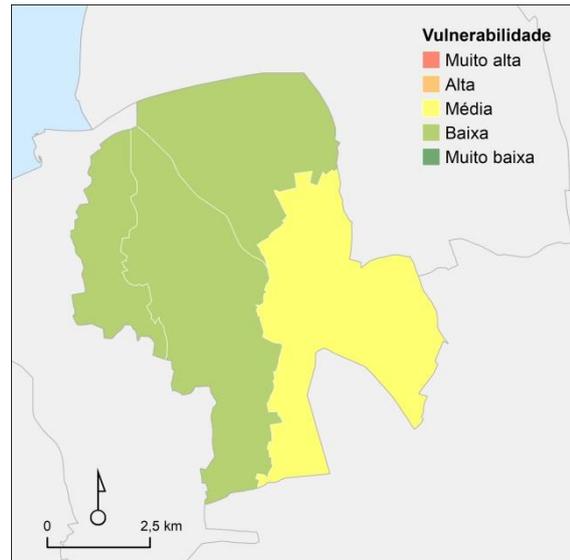


Figura A.18 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho da Moita

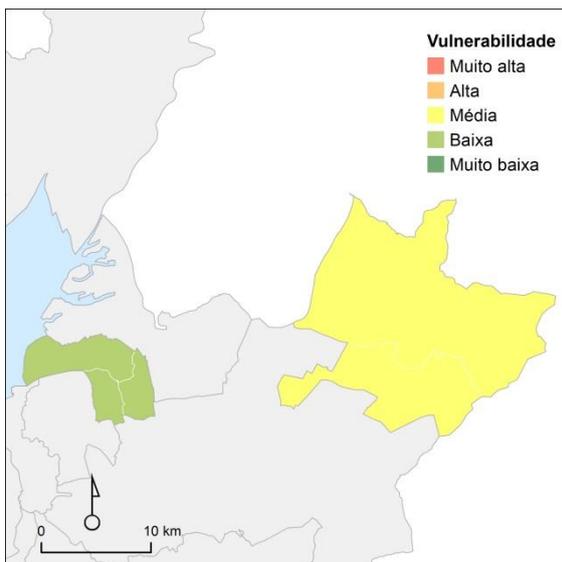


Figura A.19 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho do Montijo

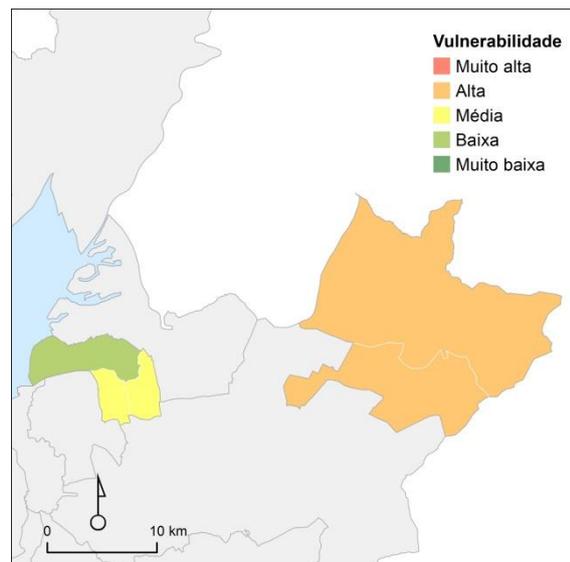


Figura A.20 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho do Montijo

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

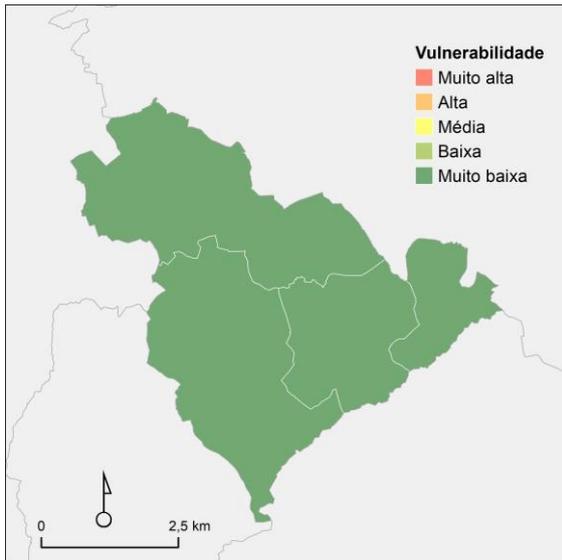


Figura A.21 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Odivelas

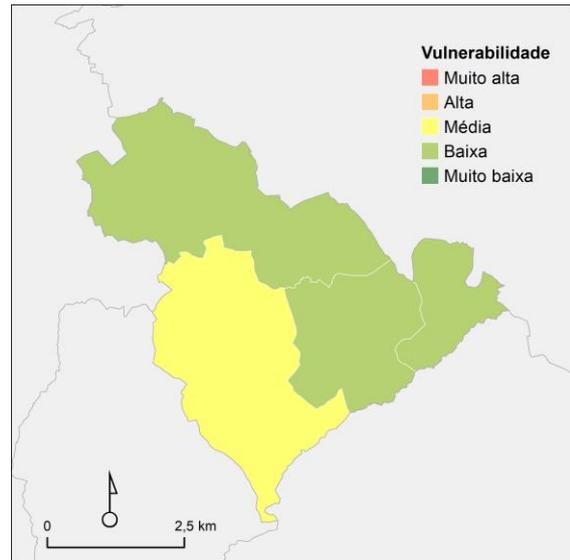


Figura A.22 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Odivelas



Figura A.23 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Oeiras



Figura A.24 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Oeiras

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

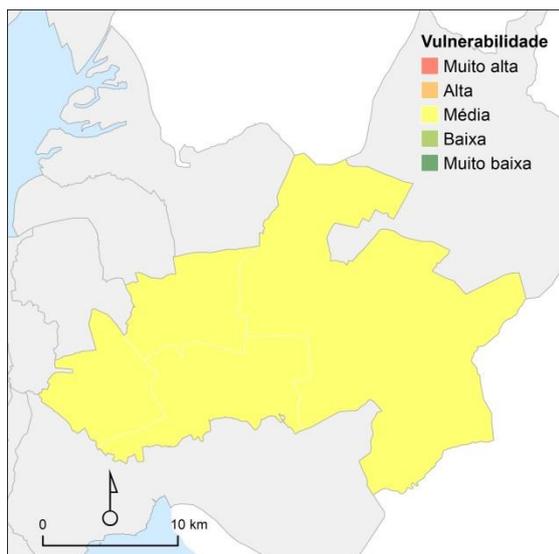


Figura A.25 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Palmela



Figura A.26 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Palmela

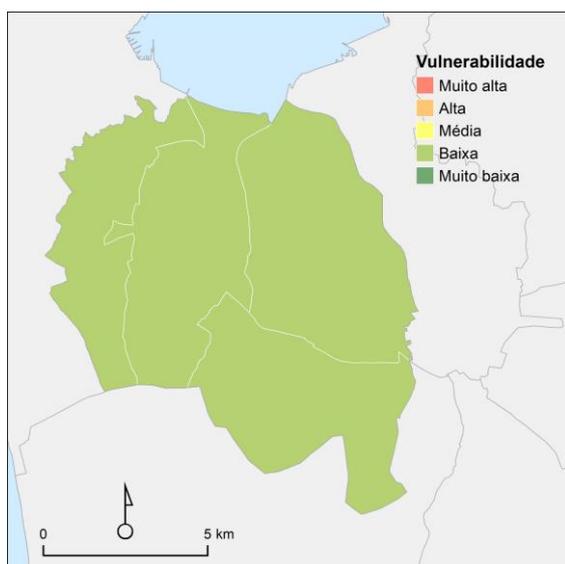


Figura A.27 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho do Seixal

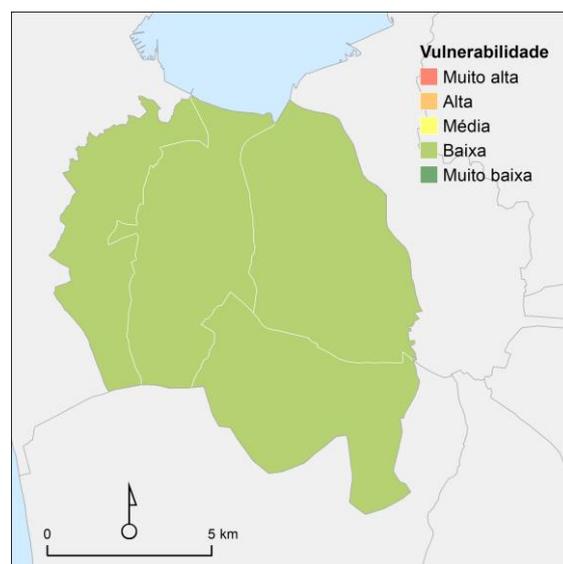


Figura A.28 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho do Seixal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)



Figura A.29 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Sesimbra

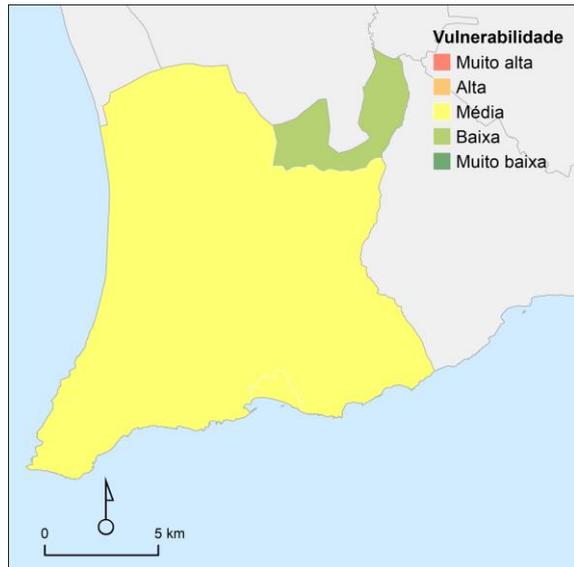


Figura A.30 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Sesimbra

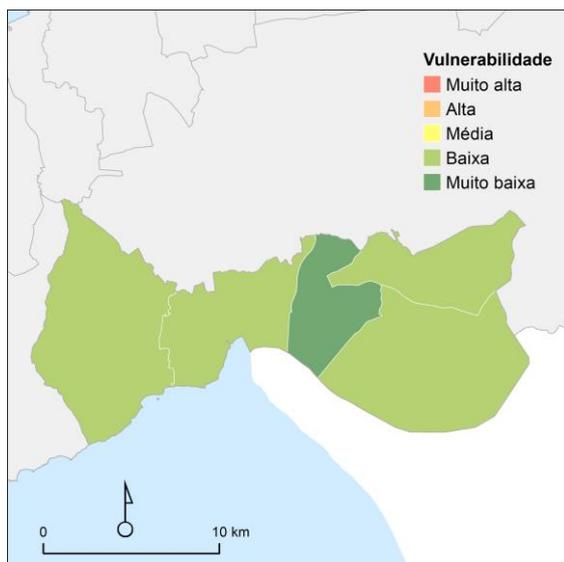


Figura A.31 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Setúbal

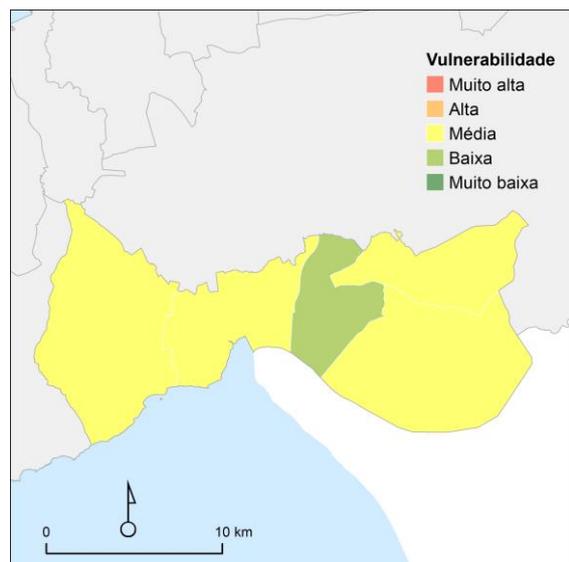


Figura A.32 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Setúbal

Fonte: PMAAC-AML (2018b)



Figura A.33 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Sintra

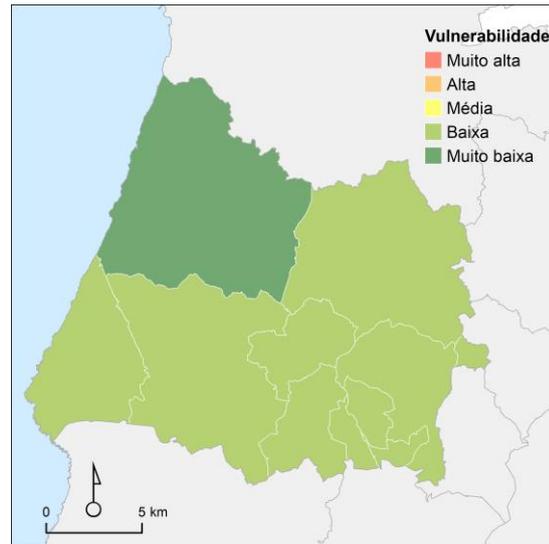


Figura A.34 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Sintra

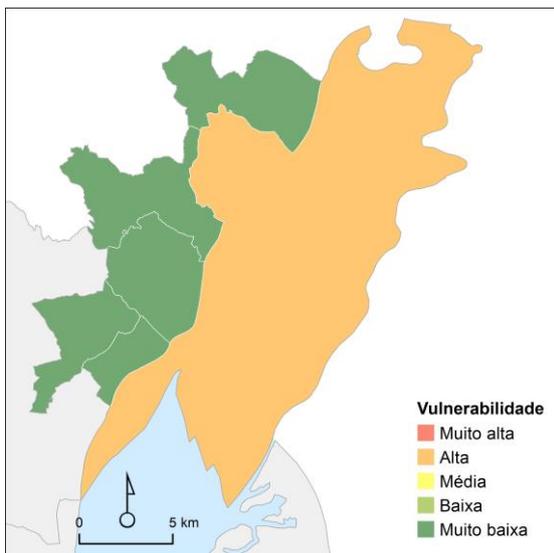


Figura A.35 – Índice de vulnerabilidade actual a seca meteorológica no concelho de Vila Franca de Xira

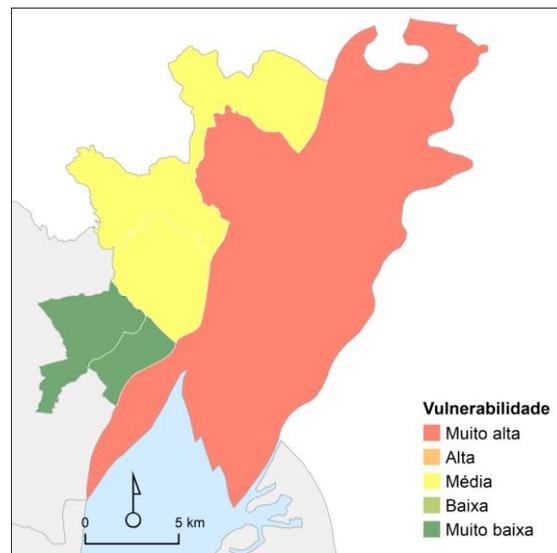


Figura A.36 – Índice de vulnerabilidade futura a seca meteorológica no concelho de Vila Franca de Xira

Fonte: PMAAC-AML (2018b)

