



## Relatório de Vulnerabilidades Climáticas Futuras

Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Alto  
Tâmega  
(PIAAC\_AT)



## Índice

Lista de tabelas.....	5
Lista de figuras.....	10
1. Introdução .....	17
1.1 Contextualização estratégica.....	17
1.2 Estrutura do Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Alto Tâmega (PIAAC-AT).....	23
1.3 Objetivos do PIAAC-AT .....	24
2. Metodologia.....	26
2.1 Projeções climáticas .....	26
2.1.1 Modelos de Circulação Geral (MCG) e os Modelos Climáticos Regionais (MCR).....	26
2.1.2 Cenários .....	28
2.1.3 Ajustamento Quantil-Quantil (Q-Q).....	29
2.1.4 Limitações.....	32
2.2 Avaliação de risco e priorização .....	34
3. Projeções climáticas.....	35
3.1 Clima atual - análise regional.....	35
3.2 Clima atual - análise local .....	37
3.2.1 Climógrafos .....	37
3.2.2 Regimes médios anuais .....	38
3.2.2.1 Boticas.....	40
3.2.2.2 Chaves .....	42
3.2.2.3 Montalegre.....	44
3.2.2.4 Ribeira de Pena .....	46
3.2.2.5 Valpaços.....	48
3.2.2.6 Vila Pouca de Aguiar.....	50
3.2.2.7 Síntese .....	51
3.2.3 Regimes sazonais .....	52
3.2.4 Índices climáticos .....	60
3.3 Clima futuro .....	62
3.3.1 Clima futuro – análise regional .....	62
3.3.2 Clima futuro – análise local.....	68
3.3.2.1 Climógrafos.....	69
3.3.2.2 Regimes médios anuais.....	71

3.3.2.3 Regimes sazonais.....	79
3.3.2.3.1 Inverno (dezembro a fevereiro).....	80
3.3.2.3.2 Primavera (março a maio).....	87
3.3.2.3.3 Verão (junho a agosto).....	95
3.3.2.3.4 Outono (setembro a novembro).....	103
3.3.2.4 Índices climáticos.....	110
3.3.2.5 Principais conclusões.....	122
<b>4. Vulnerabilidades futuras.....</b>	<b>126</b>
<b>4.1 Cenarização das alterações climáticas.....</b>	<b>126</b>
<b>4.2 Riscos naturais e tecnológicos e Segurança de Pessoas.....</b>	<b>134</b>
4.2.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras.....	134
4.2.2 Avaliação do risco climático setorial.....	141
4.2.3 Priorização dos riscos climáticos.....	144
4.2.4 Principais conclusões.....	145
<b>4.3 Ordenamento de território, cidade e vulnerabilidades urbanas.....</b>	<b>154</b>
4.3.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras.....	154
4.3.2 Avaliação do risco climático setorial.....	158
4.3.3 Priorização dos riscos climáticos.....	159
4.3.4 Principais conclusões.....	161
<b>4.4 Agricultura.....</b>	<b>165</b>
4.4.1 Sistemas agrícolas.....	165
4.4.1.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras.....	165
4.4.1.1.1 Índices bioclimáticos.....	165
4.4.1.1.2 Avaliações qualitativas.....	167
4.4.1.1.3 Desafios abióticos.....	168
4.4.1.1.4 Desafios bióticos.....	175
4.4.1.1.5 Desafios antropogénicos.....	179
4.4.1.1.6 Síntese dos impactes e vulnerabilidades futuras.....	179
4.4.1.2 Avaliação do risco climático setorial.....	181
4.4.1.3 Priorização dos riscos climáticos.....	182
4.4.2 Sistemas pecuários.....	183
4.4.2.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras.....	184
4.4.2.1.1 Desafios abióticos.....	184
4.4.2.1.2 Desafios bióticos.....	185
4.4.2.1.3 Desafios antropogénicos.....	187
4.4.2.1.4 Síntese dos impactes e vulnerabilidades futuras.....	187

4.4.2.2 Avaliação do risco climático setorial .....	188
4.4.2.3 Priorização dos riscos climáticos .....	189
4.5. Biodiversidade .....	191
4.5.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras .....	193
4.5.1.1 Desafios abióticos e bióticos .....	193
4.5.1.2 Desafios antropogénicos.....	198
4.5.1.3 Síntese dos impactes e vulnerabilidades futuras .....	199
4.5.2. Avaliação do risco climático setorial.....	201
4.5.3 Priorização dos riscos climáticos .....	202
4.6 Florestas .....	203
4.6.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras .....	203
4.6.1.1 Ciclos climáticos e espécies florestais.....	204
4.6.1.3 Risco de ocorrência de incêndios rurais/florestais.....	207
4.6.1.4 Suscetibilidade a pragas e doenças.....	209
4.6.1.5 Proliferação de plantas lenhosas infestantes .....	210
4.6.1.6 Gestão futura do território.....	212
4.6.1.7 Síntese dos impactes.....	212
4.6.2 Avaliação do risco climático setorial.....	214
4.6.4 Considerações Finais .....	216
4.7 Recursos Hídricos.....	217
4.7.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras .....	217
4.7.1.1 Recursos hídricos superficiais .....	217
4.7.1.1.1 Aspetos quantitativos relacionados com escassez hídrica .....	217
4.7.1.1.2 Aspetos quantitativos relacionados com excesso de água .....	217
4.7.1.1.3 Qualidade das águas superficiais, relacionado com escassez hídrica .....	218
4.7.1.1.4 Qualidade das águas superficiais, relacionado com excesso de água .....	218
4.7.1.2 Recursos hídricos subterrâneos .....	219
4.7.1.2.1 Aspetos quantitativos relacionados com escassez hídrica .....	219
4.7.1.2.2 Aspetos quantitativos relacionados com excesso de água .....	220
4.7.1.2.3 Qualidade das águas subterrâneas, relacionados com escassez hídrica .....	220
4.7.1.2.4 Qualidade das águas subterrâneas, relacionados com excesso de água .....	221
4.7.1.2.5 Qualidade das águas subterrâneas, relacionados com o aumento da temperatura média.....	221

4.7.1.3 Síntese dos impactes e vulnerabilidades futuras .....	222
4.7.2 Avaliação do risco climático setorial.....	223
.....	224
4.7.3 Priorização dos riscos climáticos .....	224
4.7.4 Principais conclusões .....	225
4.8 Socioeconomia .....	226
4.8.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras .....	226
4.8.2 Avaliação do risco climático setorial.....	227
4.8.2.1 Setor primário .....	228
4.8.2.2 Setor secundário.....	229
4.8.2.3 Setor terciário .....	231
4.8.3 Principais conclusões .....	233
5. Bibliografia .....	234

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1-</b> Estrutura resumida de trabalhos e documentos principais a entregar .....	24
<b>Tabela 2-</b> Probabilidade de ocorrência de um determinado resultado .....	39
<b>Tabela 3-</b> Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Boticas .....	41
<b>Tabela 4-</b> Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Chaves .....	43
<b>Tabela 5-</b> Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Montalegre .....	45
<b>Tabela 6-</b> Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Ribeira de Pena.....	47
<b>Tabela 7-</b> Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Valpaços .....	49
<b>Tabela 8-</b> Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Vila Pouca de Aguiar .....	51
<b>Tabela 9-</b> Taxa média de mudança por década e probabilidade de ocorrência em cada estação do ano, para cada uma das variáveis: temperatura máxima, média e mínima, precipitação média e vento médio máximo.....	58
<b>Tabela 10-</b> Número médio anual de dias de índices climáticos, para cada município, no período 1989-2018.....	61
<b>Tabela 11-</b> Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas. ....	76
<b>Tabela 12-</b> Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves.....	76
<b>Tabela 13-</b> Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre. ....	77
<b>Tabela 14-</b> Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena.....	77
<b>Tabela 15-</b> Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços.....	78
<b>Tabela 16-</b> Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar .....	78
<b>Tabela 17-</b> Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas .....	84

<b>Tabela 18-</b> Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves.....	84
<b>Tabela 19-</b> Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre .....	85
<b>Tabela 20-</b> Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena.....	85
<b>Tabela 21-</b> Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços.....	86
<b>Tabela 22-</b> Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar .....	86
<b>Tabela 23-</b> Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas .....	91
<b>Tabela 24-</b> Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves.....	91
<b>Tabela 25-</b> Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre .....	92
<b>Tabela 26-</b> Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena.....	92
<b>Tabela 27-</b> Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços.....	93
<b>Tabela 28-</b> Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar .....	93
<b>Tabela 29-</b> Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas .....	99
<b>Tabela 30-</b> Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves.....	99
<b>Tabela 31-</b> Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre .....	100
<b>Tabela 32-</b> Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena.....	100
<b>Tabela 33-</b> Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços.....	101
<b>Tabela 34-</b> Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar .....	101
<b>Tabela 35-</b> Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas .....	107

<b>Tabela 36-</b> Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves.....	107
<b>Tabela 37-</b> Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre .....	108
<b>Tabela 38-</b> Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena.....	108
<b>Tabela 39-</b> Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços.....	109
<b>Tabela 40-</b> Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar .....	109
<b>Tabela 41-</b> Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Boticas .....	119
<b>Tabela 42-</b> Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Chaves.....	119
<b>Tabela 43-</b> Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Montalegre .....	120
<b>Tabela 44-</b> Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Ribeira de Pena.....	120
<b>Tabela 45-</b> Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Valpaços.....	121
<b>Tabela 46-</b> Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Vila Pouca de Aguiar.....	121
<b>Tabela 47-</b> Projeção das temperaturas no regime anual, CIM-AT (2040-69 e 2070-99).....	127
<b>Tabela 48-</b> Projeção das temperaturas no regime anual e regime de inverno e acréscimos estimados de temperatura, CIM-AT (2040-69 e 2070-99).....	128
<b>Tabela 49-</b> Projeção do número de dias de verão com temperaturas máximas (Tmax) quentes ( $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ), muito quentes ( $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ) e ondas de calor, CIM-AT (2040-69 e 2070-99).....	130
<b>Tabela 50-</b> Projeção da variação do número de dias de verão com temperaturas máximas (Tmax) quentes ( $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ), muito quentes ( $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ) e ondas de calor, CIM-AT (2040-69 e 2070-99).....	131
<b>Tabela 51-</b> Resumo da projeção das anomalias dos indicadores e índices extremos para a temperatura, CIM-AT (2040-69 e 2070-99).....	132
<b>Tabela 52-</b> Projeção da variação (mm) da precipitação média anual, CIM-AT (2040-69 e 2070-99).....	133
<b>Tabela 53-</b> Síntese dos principais impactes futuros – Setor Segurança de Pessoas e Bens .....	137



<b>Tabela 54-</b> Avaliação do risco climático – Setor Segurança de Pessoas e Bens .....	143
<b>Tabela 55-</b> Ficha síntese do município de Boticas.....	147
<b>Tabela 56-</b> Ficha síntese do município de Chaves .....	148
<b>Tabela 57-</b> Ficha síntese do município de Montalegre.....	149
<b>Tabela 58-</b> Ficha síntese do município de Ribeira de Pena .....	150
<b>Tabela 59-</b> Ficha síntese do município de Valpaços .....	151
<b>Tabela 60-</b> Ficha síntese do município de Vila Pouca de Aguiar.....	152
<b>Tabela 61-</b> Síntese dos principais impactes futuros - ordenamento de território, cidades e vulnerabilidades urbanas .....	155
<b>Tabela 62-</b> Avaliação do risco climático – ordenamento de território, cidades e vulnerabilidades urbanas .....	158
<b>Tabela 63-</b> Missões de colheita de germoplasma vegetal efetuadas pelo Banco Português de Germoplasma Vegetal (BPGV) entre 1970 e 2010 nos municípios integrantes da CIM-AT. Dados gentilmente cedidos pelo Banco Português de Germoplasma Vegetal em junho de 2020. ....	168
<b>Tabela 64-</b> Número de horas de frio (> 7,2°C) para quebrar a dormência em árvores de fruto relevantes na região da CIM-AT (valores indicativos para regiões de climas temperados. A necessidade em horas de frio depende de variedade para variedade). ....	174
<b>Tabela 65-</b> Agentes bióticos nocivos implantados na região da CIM-AT. ....	176
<b>Tabela 66-</b> Síntese dos principais impactes futuros dos sistemas agrícolas.....	179
<b>Tabela 67-</b> Avaliação de Riscos associados às projeções climáticas – Produção Agrícola Considera-se que as projeções de longo prazo consideram a progressão a partir da projeção considerada para o período anterior. ....	181
<b>Tabela 68-</b> Estão definidas doenças e pragas de declaração obrigatória em Portugal (DGAV, 2019 e DGAV, 2016) .....	185
<b>Tabela 69-</b> Síntese dos principais impactes futuros do sistema pecuário.....	187
<b>Tabela 70-</b> Avaliação de Riscos associados às projeções climáticas – Produção Pecuária. Considera-se que as projeções de longo prazo consideram a progressão a partir da projeção considerada para o período anterior. ....	189
<b>Tabela 71-</b> Síntese dos principais impactes futuros na Biodiversidade.....	199
<b>Tabela 72-</b> Avaliação de Riscos associados às projeções climáticas – Biodiversidade. Considera-se que as projeções de longo prazo consideram a progressão a partir da projeção considerada para o período anterior .....	201
<b>Tabela 73-</b> Síntese dos principais resultados da análise climática, a médio e longo prazo, nos municípios do Alto Tâmega. Fonte: Salado, et al. (2020).....	204

<b>Tabela 74-</b> Evolução do Índice de Termicidade (IT) e respetivos pisos bioclimáticos, na região do Alto Tâmega, para o cenário climático RCP 4.5. Fonte: Portal do Clima ( <a href="http://portaldoclima.pt/pt/">http://portaldoclima.pt/pt/</a> ).....	206
<b>Tabela 75-</b> Distribuição dos municípios do Alto Tâmega por regime simplificado de fogo. Fonte: ICNF (2018a, 2018b). .....	209
<b>Tabela 76-</b> Síntese dos principais impactes climáticos futuros nas florestas da região do Alto Tâmega.....	213
<b>Tabela 77-</b> Avaliação do risco climático futuro nas florestas da região do Alto Tâmega.....	215
<b>Tabela 78-</b> Síntese dos principais impactes futuros.....	222
<b>Tabela 79-</b> Avaliação de Riscos associados às projeções climáticas.....	224
<b>Tabela 77 -</b> Síntese dos principais impactes futuros do setor primário / VV e CP* .....	228
<b>Tabela 78-</b> Síntese dos principais impactes futuros do setor secundário / VV e CP* .....	230
<b>Tabela 79-</b> Síntese dos principais impactes futuros do setor terciário / VV e CP* .....	232

## Lista de figuras

Figura 1- Incidência territorial dos principais perigos na Região Norte (PNPOT 2006).....	19
Figura 2- Mudanças críticas, segundo o PNPOT 2019.....	20
Figura 3- Integração de Políticas de Ordenamento do Território e Proteção Civil .....	21
Figura 4- Concelhos que integram a Comunidade Intermunicipal do Alto Tâmega .....	23
Figura 5- Concentrações de gases de efeito estufa para quatro vias de emissão diferentes. .....	29
Figura 6- Aplicação do ajustamento quantil-quantil: função de distribuição cumulativa (FDC) das temperaturas a) mínima e b) máxima, c) precipitação e d) velocidade do vento. Neste exemplo, o método foi aplicado a Palma de Maiorca, Espanha. ....	31
Figura 7- Representação da matriz de risco e o nível de prioridade.....	34
Figura 8- Mapas dos valores médios de temperatura média (canto superior esquerdo), máxima (canto superior direito) e mínima (centro esquerdo), de precipitação acumulada anual (centro direito) e vento máximo (inferior), no período histórico de 1989-2018.....	35
Figura 9- Climógrafos dos seis municípios que apresentam a temperatura média mensal e a precipitação média mensal acumulada, no período histórico 1989-2018 .....	37
Figura 10- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Boticas. ....	40
Figura 11- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Chaves.....	42
Figura 12- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Montalegre. ....	44

Figura 13- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Ribeira de Pena.....	46
Figura 14- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Valpaços. ....	48
Figura 15- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Vila Pouca de Aguiar .....	50
Figura 16- Tendências observadas para a variável temperatura máxima, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.....	53
Figura 17- Tendências observadas para a variável temperatura média, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.....	54
Figura 18- Tendências observadas para a variável temperatura mínima, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.....	55
Figura 19- Tendências observadas para a variável precipitação, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios. ....	56
Figura 20- Tendências observadas para a variável vento médio máximo, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.....	57
Figura 21- Temperatura média durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da temperatura média nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099). ....	63
Figura 22- Temperatura máxima durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da temperatura média máxima nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	64
Figura 23- Temperatura mínima durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da temperatura média mínima nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	65

Figura 24- Precipitação média durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da precipitação média nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	66
Figura 25- Vento médio máximo durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da vento médio máximo nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	67
Figura 26- Climógrafos de Boticas, Chaves e Montalegre, apresentando a temperatura média mensal e a precipitação mensal acumulada durante o período histórico (1989-2018) e nos cenários RCP 4.5 (azul claro e laranja) e RCP 8.5 (azul e vermelho), nos períodos de médio prazo (2040-2069) e de longo prazo (2070-2099).....	69
Figura 27- Climógrafos de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, apresentando a temperatura média mensal e a precipitação mensal acumulada durante o período histórico (1989-2018) e nos cenários RCP 4.5 (azul claro e laranja) e RCP 8.5 (azul e vermelho), nos períodos de médio prazo (2040-2069) e de longo prazo (2070-2099).....	70
Figura 28- Regimes médios anuais para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, para o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	72
Figura 29- Regimes médios anuais para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, para o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	73
Figura 30- Regimes médios anuais para a precipitação média, para o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	74
Figura 31- Regimes médios anuais para o vento médio máximo, para o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	75

Figura 32- Regimes médios de inverno para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	80
Figura 33- Regimes médios de inverno para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	81
Figura 34- Regimes médios de inverno para a precipitação, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	82
Figura 35- Regimes médios de inverno para o vento médio máximo, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	83
Figura 36- Regimes médios de primavera para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	87
Figura 37- Regimes médios de primavera para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	88
Figura 38- Regimes médios de primavera para a precipitação, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	89
Figura 39- Regimes médios de primavera para o vento médio máximo, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	90

Figura 40- Regimes médios de verão para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	95
Figura 41- Regimes médios de verão para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	96
Figura 42- Regimes médios de verão para a precipitação, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	97
Figura 43- Regimes médios de verão para o vento médio máximo, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	98
Figura 44- Regimes médios de outono para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	103
Figura 45- Regimes médios de outono para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	104
Figura 46- Regimes médios de outono para a precipitação, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	105
Figura 47- Regimes médios de outono para o vento médio máximo, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).....	106

Figura 48- Dias de geada, noites tropicais e dias de verão $\geq 35^{\circ}\text{C}$ , para os municípios de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	111
Figura 49- Dias de geada, noites tropicais e dias de verão $\geq 35^{\circ}\text{C}$ para os municípios de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	112
Figura 50- Dias de verão $\geq 25^{\circ}\text{C}$ para os municípios de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	113
Figura 51- Dias de verão $\geq 25^{\circ}\text{C}$ para os municípios de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	114
Figura 52- Ondas de calor >90th percentil, para os municípios de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .	115
Figura 53- Ondas de calor >90th percentil, para os municípios de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	116
Figura 54- Dias de precipitação >1mm, durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	117
Figura 55- Dias de vento >30Km/h, durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099) .....	118



Figura 56- Projeção da variação (°C) das temperaturas médias anuais, CIM-AT (2040-69 e 2070-99). Elaborado a partir dos dados presentes na seção 3. ....	129
Figura 57- Projeção da variação (%) da precipitação média anual, CIM-AT (2040-69 e 2070-99). Elaborado a partir dos dados presentes na seção 3. ....	133
Figura 58- Matriz de risco .....	145
Figura 59- Matriz de risco.....	160
Figura 60- Precipitação ( $\Delta\%$ ) projetada para os municípios da CIM-AT. A variação reporta ao histórico para cada município (1989-2018). Elaborado a partir dos dados presentes na secção 3.....	170
Figura 61- Matriz de risco para a atividade agrícola.....	182
Figura 62- Matriz de risco para a atividade pecuária .....	190
Figura 63- Matriz de risco .....	202
Figura 64- Matriz de risco .....	225

## 1. Introdução

O Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Alto Tâmega (PIAAC-AT) promovido pela Comunidade Intermunicipal do Alto Tâmega (CIM-AT) e realizado numa parceria entre a Ecovisão e Abreu Advogados, visa fomentar a incorporação da adaptação às alterações climáticas no planeamento municipal e intermunicipal e, assim, fomentar uma cultura de adaptação transversal aos vários setores e atores, fortalecendo a resiliência territorial, e dotando-os dos instrumentos necessários para enfrentar os desafios correntes e futuros inerentes às mudanças em curso no clima.

A União Europeia (EU) tem vindo a promover a adaptação às alterações climáticas (AC), visando, não só criar condições para que as comunidades lidem com o tendencial agravamento dos riscos climáticos, mas também preparar as comunidades locais e regionais para as futuras ameaças e oportunidades, em particular nos territórios cujas economias dependem de setores sensíveis ao clima, como a agricultura, as florestas, o solo ou a água. O PIAAC-AT visa ser, assim, um instrumento fundamental para preparar a comunidade do Alto Tâmega para o percurso adaptativo que é necessário desencadear, começando por identificar a variabilidade e vulnerabilidade climáticas de curto prazo, antecipando e preparando-se para os eventos extremos que já afetam esta região com consequências gravosas, como se verificou entre novembro de 2019 e fevereiro de 2010 com o Tâmega a galgar as margens diversas vezes em Chaves, episódio que se repetiu em finais de dezembro de 2019. O passo seguinte, será promover a adaptação necessária com vista a reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas a médio e longo prazo.

Por outro lado, o PIAAC-AT será, também, um instrumento precioso para integrar a estratégia europeia e nacional de adaptação às AC, estabelecendo as condições para a sua operacionalização à escala sub-regional e definindo uma abordagem estratégica comum que fomente sinergias no estudo das vulnerabilidades e estabelecimento de opções de adaptação e mitigação.

### 1.1 Contextualização estratégica

As alterações climáticas constituem uma das maiores ameaças ambientais, com consequências profundas e transversais no mundo contemporâneo.

Portugal encontra-se entre os países europeus com maior vulnerabilidade relativamente aos impactes das alterações climáticas nas pessoas, na sociedade, na economia e nos ecossistemas<sup>1</sup>.

A problemática das alterações climáticas é, normalmente, vista sobre duas perspetivas de atuação: a mitigação e a adaptação. A mitigação visa, na sua essência, atuar nos processos indutores das AC, como por exemplo a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Por seu lado, a adaptação é o conjunto de processos que procuram minimizar os efeitos negativos dos impactes das alterações climáticas nos sistemas biofísicos e socioeconómicos. O PIAAC-AT enquadra a sua estratégia na procura de respostas para a perspetiva de adaptação, procurando, simultaneamente, não descurar os princípios e objetivos de mitigação consagrados na União Europeia e adotados por Portugal.

Face a este contexto estratégico, nos últimos anos tem-se vindo a promover esforços com vista a reforçar as capacidades de adaptação do País a estas alterações.

O Quadro Legislativo Português consagra os riscos em diversos Instrumentos de Gestão Territorial (IGT). A Lei n.º 48/98, de 11 de agosto, que estabelece as bases da política de ordenamento do território e de urbanismo consagra que constitui finalidade desta política, acautelar a proteção civil da população, prevenindo os efeitos decorrentes de catástrofes naturais.

Por seu lado, a Lei n.º 27/2006, de 3 de julho, que aprova a Lei de Bases da Proteção Civil, enuncia que, entre os objetivos fundamentais da proteção civil encontram-se:

- i. prevenir os riscos coletivos e a ocorrência de acidente grave ou de catástrofe dele resultante; e
- ii. atenuar os riscos coletivos e limitar os seus efeitos.

A mudança de paradigma dá-se com a já remota aprovação do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), aprovado pela Lei n.º 58/2007, de 4 de setembro. Este Programa consagra o Ordenamento do Território como ferramenta de prevenção de Riscos.

A inclusão do vetor dos riscos "... no modelo territorial do PNPOT significa, assim, que a gestão preventiva de riscos constitui uma prioridade de primeira linha da política de ordenamento do território (...) e um elemento obrigatório dos outros instrumentos de gestão territorial" (PNPOT 2006, p.140).

---

<sup>1</sup> Por exemplo, *The Global Climate Risk Index 2020* (Germanwatch e. V., dezembro de 2019) analisa em que medida os países e regiões foram afetados e tiveram perdas por eventos relacionados com o clima (tempestades, inundações, ondas de calor etc.). Os dados mais recentes disponíveis - em 2018 e de 1999 a 2018 - foram levados em consideração. Este relatório posiciona Portugal em 19º lugar dos países mais afetados no período 1999 a 2018, a par da França 14 e Alemanha 17 (países europeus mais afetados). Em 2018 Portugal ocupou a 72ª posição do ranking, com a Alemanha a posicionar-se em 3º, sendo um dos países mais afetado por vagas de calor nesse ano. Disponível em <https://germanwatch.org/en/17307> (consulta a 13 de abril de 2020).

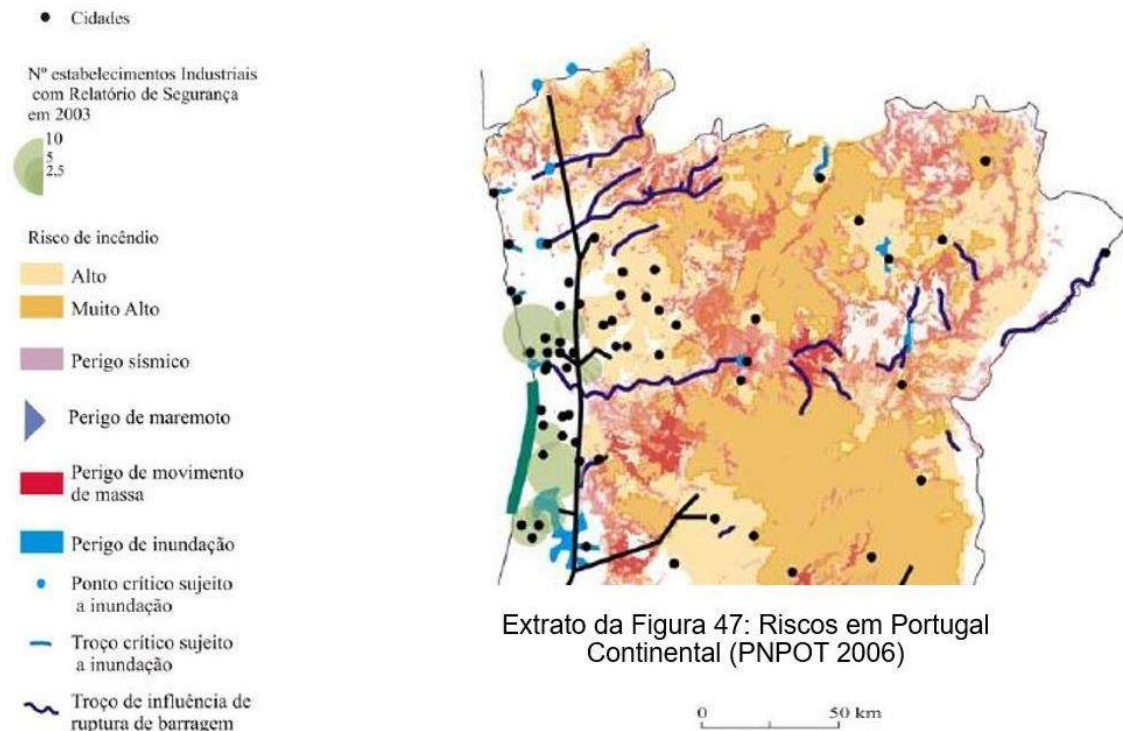


Figura 1- Incidência territorial dos principais perigos na Região Norte (PNPOT 2006)

Em 2016, a Resolução do Conselho de Ministros n.º 44/2016, de 23 de agosto, determinou a alteração do PNPOT 2007, tendo em particular consideração, entre outras, os objetivos de desenvolvimento sustentável, os compromissos do acordo de Paris em matéria de alterações climáticas e os desígnios do Programa Nacional de Reformas.

A primeira revisão do Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT) foi publicada a Lei n.º 99/2019 - Diário da República n.º 170/2019, Série I de 2019-09-05. Esta Lei revoga a Lei n.º 58/2007, de 4 de setembro.

O PNPOT 2019 introduz o conceito das Mudanças Críticas, com a identificação de três fatores críticos emergentes, identificação dos impactes institucionais, sociais e económicos mais significativos e sistematizadas as tendências territoriais que poderão ocorrer num cenário de inação da ação pública. Apesar da compartimentação, que a seguir se apresenta, verifica-se que, frequentemente, os vários fatores críticos interagem entre si, o que poderá reforçar algumas tendências. Das mudanças críticas, assumem particular relevo, no âmbito do PIAAC-AT, as *Mudanças Ambientais e Climáticas* e as *Mudanças Sociodemográficas*, que serão transversais às restantes dimensões de mudança crítica identificadas no PNPOT 2019.

Das *Mudanças Ambientais e Climáticas*, destacam-se os fatores aumento da temperatura e alteração dos padrões de precipitação, cujos impactes serão mais prováveis de afetar a Região do Alto Tâmega, provocando a degradação e perda de recursos

ambientais, atuando nos riscos e vulnerabilidades e induzindo alterações económicas e sociais.

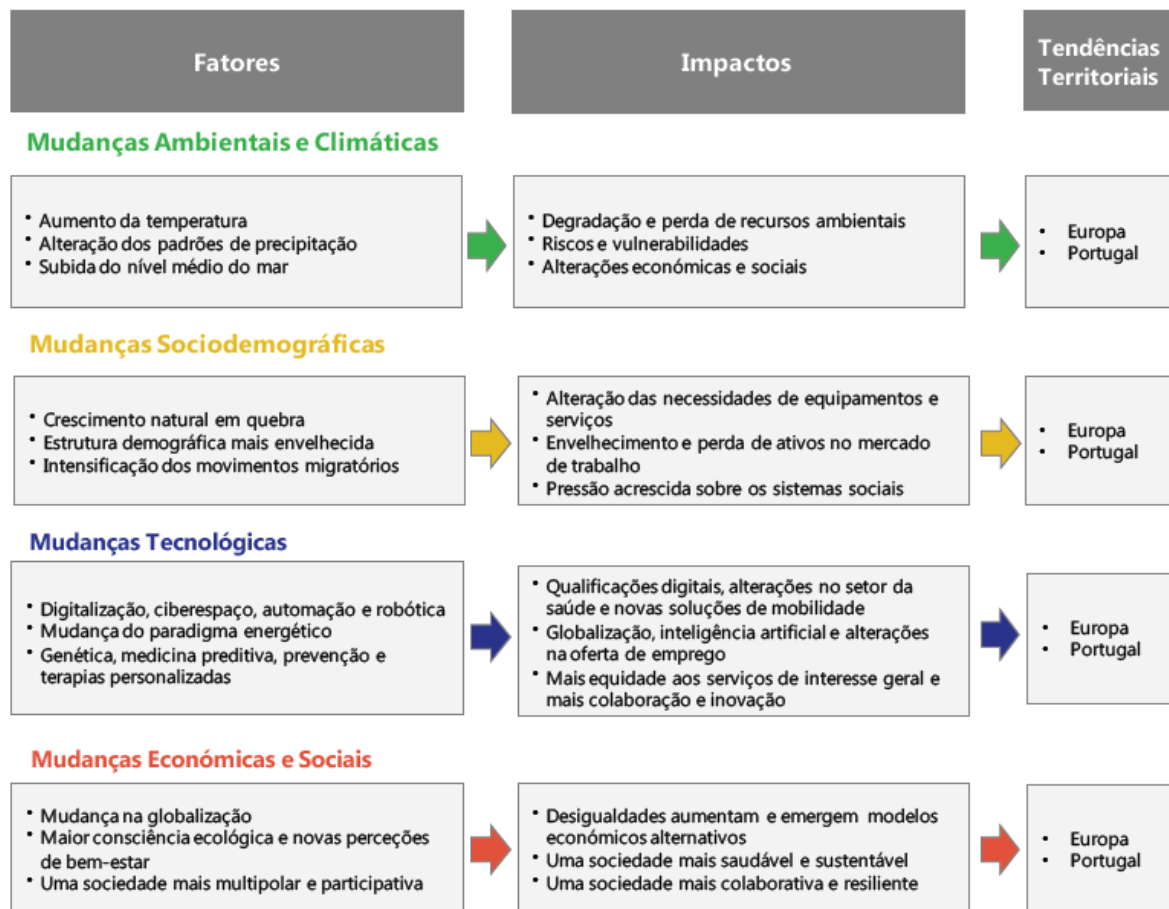


Figura 2- Mudanças críticas, segundo o PNPOT 2019  
Fonte: DGT, 2019

Em matéria de risco, e a respetiva representação cartográfica, deverá ser considerado um guia metodológico editado pela ANPC (2009), num trabalho conjunto desenvolvido Autoridade Nacional de Proteção Civil, pela Direção-Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano e pelo Instituto Geográfico Português, coadjuvados por uma equipa de consultores especializados do meio académico, sendo considerado um valioso instrumento orientador do trabalho que as diferentes equipas técnicas têm que desenvolver no âmbito quer do planeamento de emergência quer do ordenamento e gestão do território<sup>2</sup>.

Para a formulação da integração dos diferentes tipos de riscos (naturais e tecnológicos) nos vários Instrumentos de Gestão Municipal (Planos Regionais, Planos Municipais e Planos Especiais) na vertente de Proteção Civil recorre-se à seguinte esquematização, com base em Zêzere, J.L. (RiskKan, s.d).

<sup>2</sup> Equipa de autores: Julião, R.P.; Nery, F.; Ribeiro, J. L.; Castelo Branco, M.; Zêzere, J. L.



Figura 3- Integração de Políticas de Ordenamento do Território e Proteção Civil

O desenvolvimento das políticas nacionais de prevenção e gestão de riscos tem como principal referência a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC 2020)<sup>3</sup> e o Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas<sup>4</sup>.

Os impactes resultantes de eventos extremos como nevões, secas, cheias e inundações expressam a significativa vulnerabilidade e exposição de determinados ecossistemas e de sistemas humanos à variabilidade climática.

Estes eventos extremos têm impactes significativos sobre a população e sobre múltiplos setores económicos, que, para além dos efeitos adversos, resultam em perdas de vidas e perdas económicas importantes em setores basilares, como agricultura, energia, saúde, entre outros.

Portugal e os restantes países da região Sul da Europa foram identificados como os países europeus com maior vulnerabilidade aos impactes das alterações climáticas, apontando-se potenciais perdas de 1,8% e 3% no PIB se não forem implementadas medidas de adaptação ou mitigação (PESETA II)<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> ENAAAC 2020, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015, de 30 de julho

<sup>4</sup> Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 130/2019, de 2 de agosto

<sup>5</sup> Climate Impacts in Europe. The JRC PESETA II Project. Disponível em: <https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta/reports> (acesso a 8 de abril de 2020).



Neste sentido, e com o objetivo de combater as alterações climáticas, Portugal desenvolveu a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (EN AAC), cujo âmbito é tornar Portugal num “país adaptado aos efeitos das alterações climáticas, através da contínua implementação de soluções baseadas no conhecimento técnico-científico e em boas práticas” (APA, n.d.).

A EN AAC (adotada pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 24/2010), foi revista pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015 (EN AAC 2020), assumindo como visão contribuir para um país adaptado aos efeitos das alterações climáticas, através da contínua implementação de soluções baseadas no conhecimento técnico-científico e em boas práticas. Para alcançar a sua visão para Portugal, a EN AAC 2020 assume três objetivos principais:

- i. Melhorar o nível de conhecimento sobre as alterações climáticas;
- ii. Implementar medidas de adaptação; e
- iii. Promover a integração da adaptação em políticas sectoriais.

A EN AAC 2020 identifica como setores estratégicos, para os quais deverão ser desenvolvidas ações tendo em vista a sua adaptação aos efeitos das alterações climáticas, os seguintes, com relevância na CIM-AT:

- i. Riscos naturais e tecnológicos e Segurança de Pessoas;
- ii. Ordenamento do território, cidades e vulnerabilidades urbanas;
- iii. Agricultura (sistemas agrícolas e pecuários);
- iv. Biodiversidade;
- v. Florestas;
- vi. Recursos hídricos e
- vii. Socioeconomia (Transportes, Energia e indústria e Turismo).

A extensão da estratégia deve, contudo, ser desenvolvida e alargada por agentes locais, garantido uma maior intervenção local por partes dos municípios, refletindo, assim, uma estratégia mais focada na realidade dos municípios, nas necessidades da população e interesses próprios. É nesse âmbito e com esse objetivo que se desenvolve o presente PIAAC-AT.

A Comunidade Intermunicipal do Alto do Tâmega, consciente dos desafios que a sua comunidade atravessará, decidiu promover no seu território intermunicipal ações que visam responder de forma coerente às múltiplas problemáticas relacionadas com as alterações climáticas, indo ao encontro da sua estratégia de desenvolvimento.

A Estratégia Integrada de Desenvolvimento Territorial da CIM-AT (dezembro de 2014), delineou uma visão para a região até 2020, a qual aponta para que “o Alto Tâmega será um território integrado, que conseguirá inverter as tendências demográficas atuais, através da promoção da coesão social e da dinamização da economia local, tendo por base o

aproveitamento da localização de fronteira e a valorização dos recursos endógenos, especialmente a água”.

Assim, o objetivo do PIAAC-AT será analisar, desenvolver e implementar um conjunto coerente e flexível de opções de adaptação que permitam à comunidade intermunicipal uma melhor e mais eficaz capacitação para lidar com os potenciais impactes das alterações climáticas. Com este propósito, a Comunidade Intermunicipal do Alto do Tâmega (CIM-AT) pretende desenvolver, a nível intermunicipal, um Plano de Adaptação às Alterações Climáticas e, nos seus municípios<sup>6</sup>, Planos de Identificação de Vulnerabilidades e Riscos.

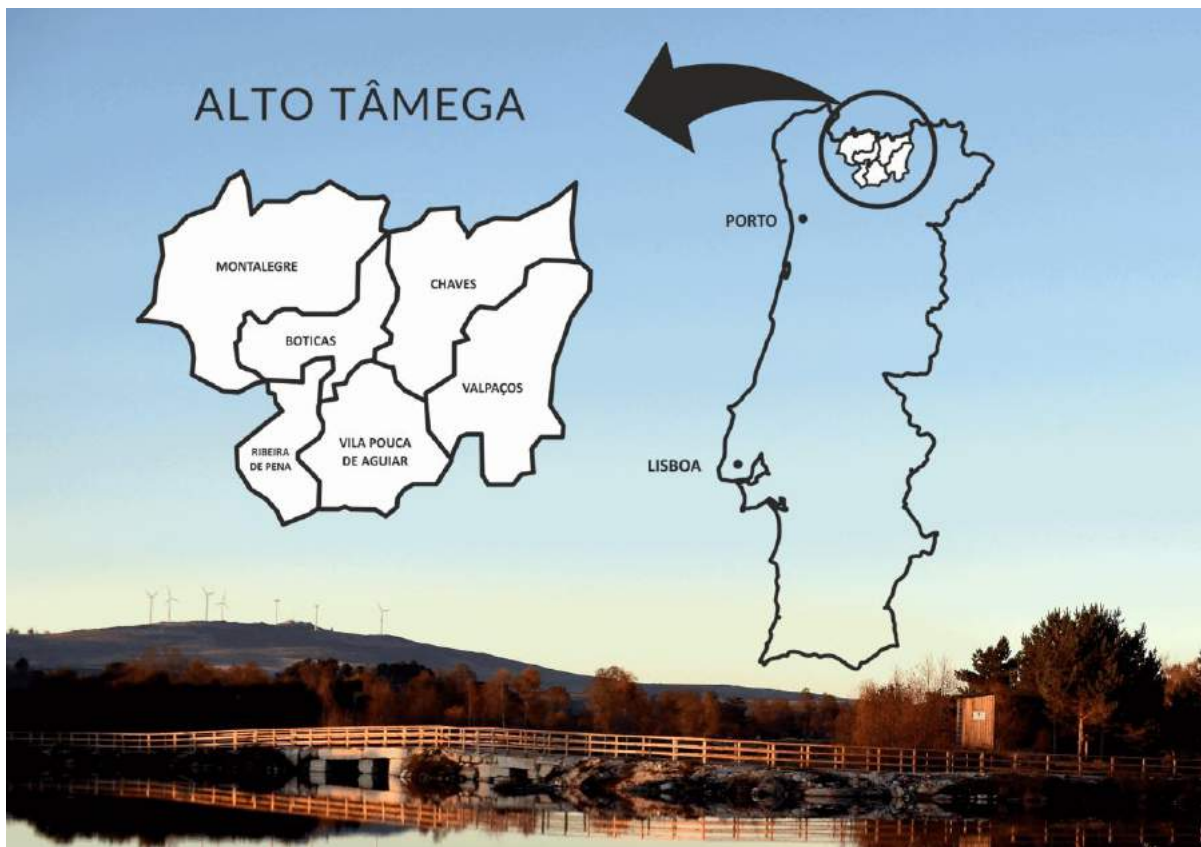


Figura 4- Concelhos que integram a Comunidade Intermunicipal do Alto Tâmega.

## 1.2 Estrutura do Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Alto Tâmega (PIAAC-AT)

O Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Alto Tâmega foi estruturado em seis momentos, designados por Fase 0, Fase 1, Fase 2, Fase 3, Fase 4 e Fase transversal.

<sup>6</sup> Boticas, Chaves, Montalegre, Ribeira da Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar



A tabela apresentada abaixo indica a designação adotada para cada Fase e os documentos principais a desenvolver e apresentar. A descrição detalhada está presente no relatório zero, já apresentado.

**Tabela 1-** Estrutura resumida de trabalhos e documentos principais a entregar

Fase	Descrição	Relatório
0	Preparação dos trabalhos	Relatório zero
1	Caracterização local do fenómeno "alterações climáticas" e diagnóstico identificando as vulnerabilidades atuais	Relatório de vulnerabilidades atuais
2	Identificação de vulnerabilidades climáticas futuras de acordo com os modelos de previsão e cenários elaborados	Relatório de vulnerabilidades Futuras
3	Caracterização das ações a implementar para colmatar as vulnerabilidades existentes e previstas face aos modelos desenvolvidos, estabelecendo os respetivos prazos e prioridades	-
4	Implementação, monitorização e revisão do PIAAC-AT	Relatório de adaptação às alterações climáticas
Transversal	integração do PIAAC-AT nos instrumentos de planeamento de âmbito municipal ( <i>mainstreaming</i> )	Relatório de integração das opções de adaptação nos instrumentos de gestão territorial de âmbito intermunicipal e municipal

### 1.3 Objetivos do PIAAC-AT

O relatório das vulnerabilidades futuras enquadra-se na Fase 2 do Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Alto Tâmega (PIAAC-AT) e tem como objetivo apresentar as vulnerabilidades futuras que poderão afetar a região intermunicipal e respetivos territórios municipais, tendo sido desenvolvido para cumprimento do manual de avaliação das vulnerabilidades futuras do ENAAC 2020.

A análise das vulnerabilidades futuras foi efetuada a partir da avaliação dos pressupostos que, de seguida, se apresentam, afirmando-se como componentes fundacionais para a elaboração do relatório propriamente dito:

- i. Análise e descrição do clima futuro de acordo com diferentes cenários e períodos;
- ii. Modo como o clima futuro poderá vir a afetar a região intermunicipal;
- iii. Quais são os principais impactes das alterações climáticas, e que tipo de ameaças e/ou oportunidades podem eles representar para a região intermunicipal;
- iv. Quais são os riscos associados a esses impactes;
- v. Quais são os riscos climáticos (atuais) que poderão aumentar (ou diminuir) devido às alterações climáticas;
- vi. Quais são os riscos climáticos (vulnerabilidades futuras) de maior prioridade e que necessitam de uma resposta através da adaptação.

## 2. Metodologia

### 2.1 Projeções climáticas

A projeção de tendências climáticas futuras depende fundamentalmente de ferramentas baseadas em princípios físicos e matemáticos, como os Modelos de Circulação Geral (MCG) e os Modelos Climáticos Regionais (MCR). A nível internacional, esta atividade é coordenada pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change* ou Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas), o qual estabelece vários cenários futuros caracterizados pelo facto de contemplar diferentes quadros socioeconómicos e de quantificar a forçagem radiativa no ano de 2100 comparativamente ao ano de 1750. Entende-se por forçagem radiativa (*radiative forcing*), a diferença entre a energia do sol absorvida pela terra e a energia irradiada de volta ao espaço. Quando a energia recebida excede a energia que sai, a atmosfera da Terra aquece e as temperaturas globais aumentam.

As alterações climáticas constituem um problema com causas e consequências globais. Contudo, os seus impactes manifestam-se igualmente a nível local, sendo, por isso, essencial projetar quais serão as condições climáticas regionais no futuro. Para esse efeito, a resolução espacial do MCG revela-se insuficiente, uma vez que não permite uma análise detalhada dos impactes associados às alterações climáticas numa escala local. Afirma-se, deste modo, como necessário o recurso a técnicas de regionalização (*downscaling*), as quais possibilitam um aumento da resolução espacial. Paralelamente, estas técnicas evidenciam-se cada vez mais como um objetivo prioritário de todos os programas nacionais e internacionais acerca das alterações climáticas.

O presente relatório propõe uma avaliação dos potenciais impactes das alterações climáticas na *Comunidade Intermunicipal do Alto Tâmega* (CIM-AT), procedendo-se a uma descrição do clima futuro para diferentes cenários e horizontes temporais. Para tal, realizou-se uma pré-análise do clima atual no território, seguindo-se projeções das variáveis climáticas (temperatura; precipitação; e velocidade), calculadas a nível anual e sazonal bem como alguns indicadores relativos a eventos extremos. Para as análises mensais, foram utilizados climógrafos.

#### 2.1.1 Modelos de Circulação Geral (MCG) e os Modelos Climáticos Regionais (MCR)

Os MCG são representações numéricas do sistema climático que reproduzem as dinâmicas de cada componente do referido sistema em diferentes escalas espaciais e

temporais. São modelos versáteis e ferramentas extremamente úteis, dado que incluem um complexo grupo de processos baseados nas propriedades físicas, químicas e biológicas de cada componente do sistema climático, nas suas interações e nos processos de *feedback* existentes. Deste modo, cada MCG pode simular diferentes respostas à mesma força devido ao modo como os processos e *feedback* atmosféricos são modelados. Com esta ferramenta, as simulações da resposta da circulação global da força a larga escala são desenvolvidas em diferentes cenários, produzindo as projeções climáticas.

Já os MCR operam através do aumento da resolução do MCG numa área de interesse mais pequena e limitada. O MCG determina os efeitos em larga escala das alterações das concentrações de gases de efeito estufa e das erupções vulcânicas no clima global, sendo o clima calculado usado como entrada nos limites do MCR, para fatores como a temperatura, a precipitação e o vento. Os MCR podem depois determinar os impactos locais a partir de informação de menor escala sobre orografia (altura do solo) e o uso do solo.

O Programa Mundial de Investigação do Clima (WCRP ou *World Climate Research Programme*) estabeleceu, em 2009, uma equipa de trabalho que criou o CORDEX (*Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment*), o qual fornece projeções climáticas regionais de alta resolução obtida por regionalização estatística ou dinâmica de modelos globais. O principal objetivo da iniciativa CORDEX é providenciar uma estrutura coordenada de modelos de avaliação, uma estrutura de projeção climática e uma interface para simulações climáticas no âmbito de estudos sobre as alterações climáticas e medidas de adaptação e mitigação (Giorgi et al., 2009, WMO Bulletin). O EURO-CORDEX é o ramo europeu da iniciativa CORDEX que produz conjuntos de simulações climáticas baseados em múltiplos modelos de *downscaling* dinâmicos e empírico-estatísticos resultantes dos vários modelos climáticos globais do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5).

O presente relatório foi elaborado usando a técnica multimodelar baseada nos seguintes modelos climáticos regionais do CORDEX para a Europa, tendo por base os modelos globais específicos:

- i. Modelo 1: SMHI-RC44 (regional) de MOHC-HadGEM2 (global); e
- ii. Modelo 2: KNMI-RACMO22E (regional) de ICHEC-EC-EARTH (global)

\*SMHI-RC44: *Swedish Meteorological and Hydrological Institute regional climate model*; MOHC-HadGEM2: *Met Office Hadley Centre global climate model*; KNMI-RACMO22E: *Royal Netherlands Meteorological Institute regional climate model*; ICHEC-EC-EARTH: *Irish Centre for High-End Computing EC-EARTH global climate model*.

### 2.1.2 Cenários

As simulações EURO-CORDEX consideram as simulações climáticas globais de experiências de longo prazo do CMIP5, até o ano de 2100. Estas baseiam-se nos cenários de emissão de gases de efeito estufa (*Representative Concentration Pathways*, RCPs).

Neste relatório, foram utilizados cenários que incluem emissões de gases de efeito estufa com variação desde emissões baixas a emissões extremamente elevadas, designadamente:

- i. Emissões baixas (cenário RCP 4.5): correspondente à estabilização da forçagem radiativa após o século XXI em  $4,5 \text{ Wm}^{-2}$ . É um cenário de estabilização em que o forçagem radiativo total é estabilizado antes de 2100 pela aplicação de uma gama de tecnologias e estratégias para reduzir as emissões de gases de efeito estufa; e
- ii. Emissões elevadas (cenário RCP 8.5): correspondente a um forçagem radiativo crescente que ascende a  $8,5 \text{ Wm}^{-2}$  no final do século XXI. É caracterizada pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa ao longo do tempo, representativo de cenários presentes na literatura que conduzem a altos níveis de concentração de gases de efeito estufa.

A Figura 5 ilustra as concentrações projetadas de gases de efeito estufa para quatro vias de emissão diferentes. A via principal pressupõe que a emissão de gases de efeito estufa continuará a aumentar ao longo do século atual. A via inferior pressupõe que as emissões atingem um pico entre 2010 e 2020, diminuindo posteriormente.

## Projected Atmospheric Greenhouse Gas Concentrations

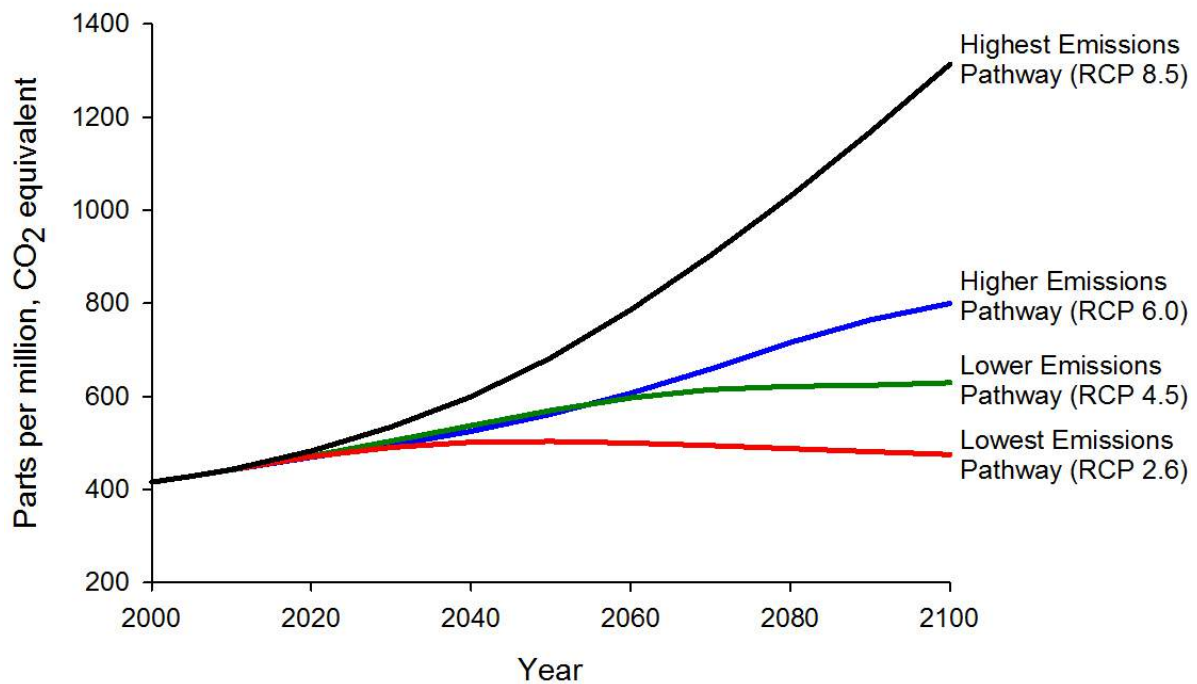


Figura 5- Concentrações de gases de efeito estufa para quatro vias de emissão diferentes.  
Fonte: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Os cenários utilizados neste estudo são representados por uma linha verde (RCP 4.5) e uma linha preta (RCP 8.5).

### 2.1.3 Ajustamento Quantil-Quantil (Q-Q)

Os MCG apresentam uma resolução especial que impõe limitações na avaliação dos impactos das alterações climáticas numa escala regional e local. Isto ocorre porque a sua resolução espacial é muito ampla comparativamente à escala espacial das áreas sobre as quais se pretende avaliar os impactos das alterações climáticas. Adicionalmente, muitos processos físicos, como aqueles relacionados com as nuvens, ocorrem em escalas espaciais menores do que aquelas usadas pelos MCG, o que faz com que não sejam corretamente simulados. Os MCG têm também limitações no que se refere à simulação de mecanismos de *feedback*, tais como, por exemplo, o efeito estufa do vapor de água, a radiação refletida pelas nuvens, a circulação oceânica-gelo ou o albedo na neve.

Como já foi referido, os MCG geram a melhor informação disponível para avaliar os impactos das alterações climáticas, mas apresentam desvios ou erros na representação de especificidades em escalas mais regionais ou locais. A resolução espacial dos MCG é demasiado abrangente quando aplicada a áreas mais restritas para as quais se pretenda avaliar os impactos das alterações climáticas. Deve, contudo, ressaltar-se que os erros não resultam apenas de questões relacionadas com a escala ou o *feedback*: as incertezas nas

projeções de alterações climáticas antropogénicas estão presentes em todas as etapas do processo de modelação, começando na própria definição dos cenários de emissões.

O clima de uma região é determinado pela interação da forçagem e da circulação que ocorre, quer numa escala local e regional, quer numa escala planetária e ainda pela ampla gama de escalas de tempo, que variam de sub-diárias a multi-decadal. A forçagem numa escala planetária regula a circulação geral da atmosfera. Incorporada na circulação geral, as forçagens local e regional e as circulações de menor escala modulam a estrutura espacial e temporal do sinal climático da região e local. A forçagem local e regional refere-se a escalas inferiores a  $10^7$  km<sup>2</sup>. Acima deste limite, transita-se para a escala continental. Assim, as forçagens em menor escala espacial têm em conta a marcada heterogeneidade climática que existe dentro das escalas continentais. Já as escalas inferiores a  $10^4$  km<sup>2</sup> são consideradas escalas locais. Exemplo de forçagens numa escala local ou regional são a complexa orografia de uma região, as características de uso do solo, a distribuição de lagos e rios, a distribuição e contraste entre terra e oceanos, etc. Atualmente, as escalas regionais utilizam modelos de clima regionais, ainda que estes não determinem escalas locais.

Existem vários procedimentos para ajustar as projeções climáticas, quer no que respeita à forçagem regional, quer local. As duas correções possíveis consistem em (i) adicionar a diferença climatológica entre as simulações futuras e históricas dos RCPs aos dados historicamente observados (designado por método delta) e (ii) eliminar o viés existente nas simulações futuras dos MCG através da aplicação da diferença entre o conjunto de dados observados e aqueles historicamente simulados (designado por método *unbiasing*). A primeira hipótese assume que a variabilidade das variáveis climáticas em cenários futuros permanece inalterada, enquanto a segunda assume que essa variabilidade é perfeita; ambas, são bastante restritivas.

Por isso, neste relatório foi aplicado um método estatístico de *downscaling* mais complexo, nomeadamente o método quantil a quantil (Q-Q), desenvolvido pelos cientistas fundadores do *Meteoclim*, defendido em várias publicações internacionais de prestígio (Amengual et al., 2012a; 2012b).

No ajustamento Q-Q, todas as variáveis climáticas são ajustadas de modo a considerar as forçagens regionais. O método tem em conta o período histórico ou basilar para as variáveis observadas e simuladas. Depois, determina as diferenças entre os dois conjuntos de dados e corrige as variáveis para períodos futuros, atendendo a essas diferenças (Figura 6).

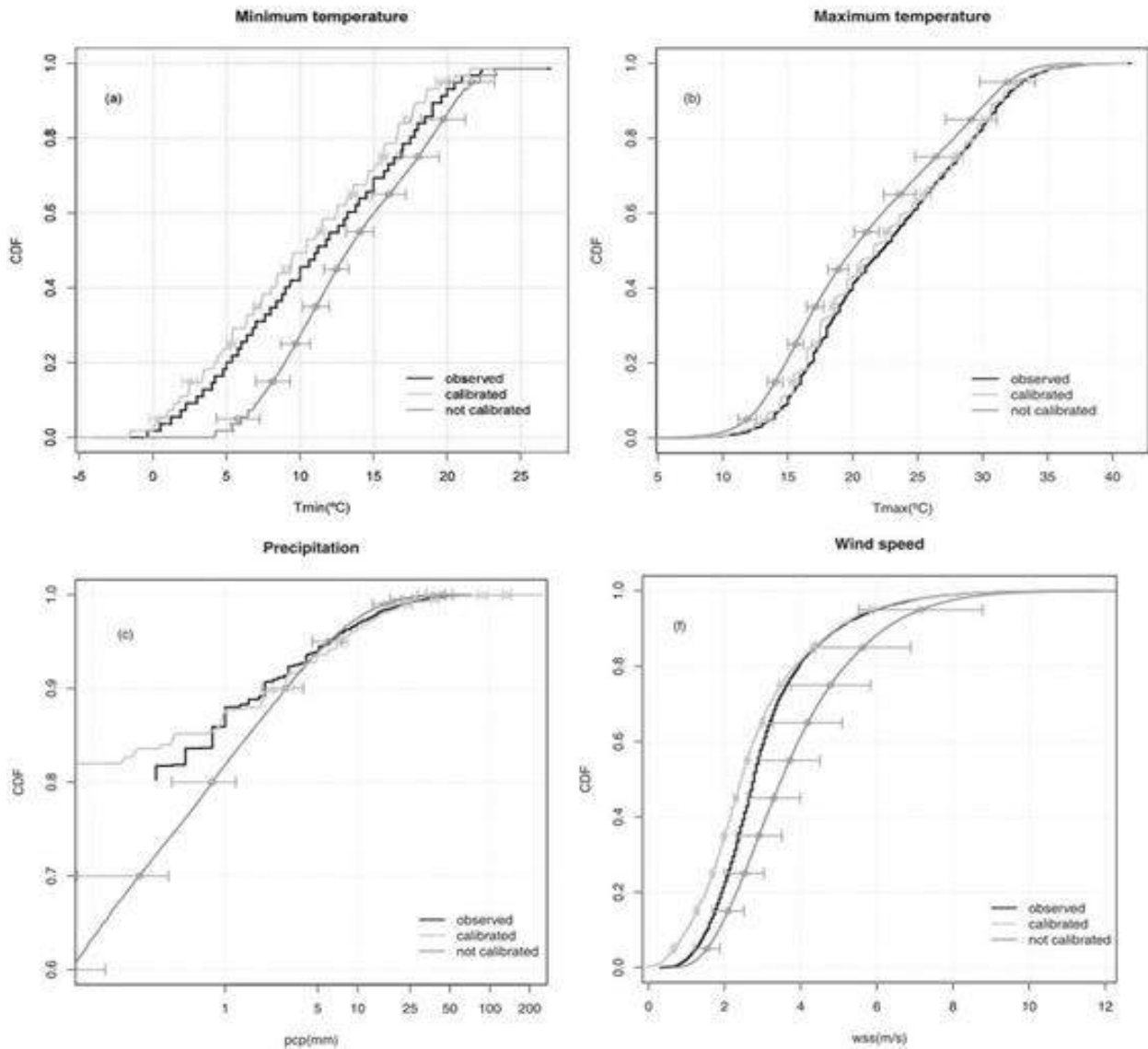


Figura 6- Aplicação do ajustamento quantil-quantil: função de distribuição cumulativa (FDC) das temperaturas a) mínima e b) máxima, c) precipitação e d) velocidade do vento. Neste exemplo, o método foi aplicado a Palma de Maiorca, Espanha.

Este ajustamento estatístico permite a inclusão de características climáticas locais em simulações climáticas globais, corrigindo-as e adaptando-as a uma escala local.

Em síntese, através deste método é possível corrigir quer as projeções para as diferenças entre os parâmetros climáticos futuros simulados e os cenários atuais, quer os erros nas médias, assim como a variabilidade e a distribuição de variáveis climáticas futuras de interesse.



#### 2.1.4 Limitações

Na *Comunidade Intermunicipal do Alto Tâmega (CIM-AT)*, o IPMA dispõe de duas estações meteorológicas, uma no Município de Montalegre e outra no Município de Chaves. Ambas evoluíram de estações clássicas para estações automáticas.

Quando se solicitou os dados disponíveis dos serviços meteorológicos dessas estações para o período de 1989-2018, constatou-se a ausência de dados relevantes para o referido período.

Os valores diários da velocidade máxima e da velocidade média do vento registados na estação meteorológica clássica de Montalegre cingiam-se ao período de 1 de janeiro de 1989 e 30 de setembro de 1997. Para além disso, não existiam quaisquer dados sobre o vento para os períodos de março a julho de 1997, dezembro a maio de 1990, outubro de 1991 e março de 1992, janeiro de 1992 a maio de 1993, janeiro de 1994 a maio de 1995 e fevereiro a março de 1997. Já na estação meteorológica automática de Montalegre, no período compreendido entre janeiro de 2000 e dezembro de 2018, não existiam dados para dezembro de 2005, dezembro de 2006 e janeiro de 2007. Adicionalmente, não existiam dados para o período entre 3 maio de 2014 e 11 de dezembro de 2018.

No Município de Chaves, não existiam quaisquer dados relativos à velocidade do vento resultantes da estação clássica. A estação automática não dispunha de dados referentes ao período entre agosto de 2005 e fevereiro de 2006.

Face à ausência de dados climatológicos consistentes na CIM-AT, optou-se pelo estudo das alterações climáticas com recurso a uma fonte internacionalmente utilizada para a obtenção de dados observados em todas as regiões, o C3S ou *Copernicus Climate Change Service*. Esta ferramenta disponibiliza um conjunto de dados ERA5 altamente preciso que permite a condução de estudos sobre as alterações climáticas, sempre que os dados de observações meteorológicas convencionais não estão disponíveis para uma determinada região. Salienta-se que o ERA5 faz parte do programa de monitorização da União Europeia e foi implementado pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), possuindo dados sobre condições meteorológicas de toda a superfície da Terra, desde 1979 até à atualidade.

O conjunto de dados ERA5 resulta da combinação de um modelo meteorológico, o ECMWF IFS, com dados de observação por satélite de sensores terrestres, os quais geram um registo consistente de longo prazo do clima. A reanálise dos dados providencia uma compreensão do clima no passado, do que ocorreu durante um evento meteorológico específico e por que razão ocorreu, e permite o estabelecimento de uma ligação entre os eventos passados e os eventos presentes.

O ERA5 faculta estimativas de um elevado número de variáveis climáticas atmosféricas, terrestres e oceânicas numa resolução de tempo de hora a hora. Os dados abrangem a Terra em redes de 30 km e contemplam a atmosfera usando 137 níveis da superfície até uma altura de 80 km. Inclui ainda informações sobre incertezas para todas as variáveis com resoluções espaciais e temporais reduzidas. Deste modo, o ERA5 permite a análise das seguintes variáveis: temperatura, vento máximo, precipitação e, adicionalmente, índices climáticos (dias de verão, dias frios, noites tropicais, ondas de calor, dias de precipitação e dias de ventos moderados a fortes).

Selecionou-se o período de 30 anos compreendido entre 1998 e 2018 (em detrimento do período entre 1976 e 2005), uma vez que se trata de um período mais recente e do período que maximiza o número de anos nos quais os registos históricos e os períodos de simulação pelos modelos coincidem.

Deve ter-se em atenção que os períodos futuros em estudo foram alterados em 1 (um) ano em relação aos requisitos iniciais porque o modelo tem como limite o ano de 2099 e não 2100.

## 2.2 Avaliação de risco e priorização

A metodologia de avaliação de risco e priorização segue as orientações dispostas no Manual de Avaliação de Vulnerabilidades Futuras (ClimAdaPT.Local).

Esta metodologia define risco como o produto de dois fatores, nomeadamente a frequência e magnitude.

A frequência de um dado impacto resulta de um exercício de ponderação sobre a sua probabilidade de ocorrência, enquanto que a magnitude considera a consequência de um dado impacto. Estes fatores são avaliados qualitativamente, dentro de uma escala de 1 (baixa frequência/consequência) a 3 (alta frequência/consequência).

Com a aferição do risco procedeu-se à sua priorização. Este exercício considera a divisão do risco dentro da matriz, de acordo com a sua prioridade, como a figura abaixo esclarece.

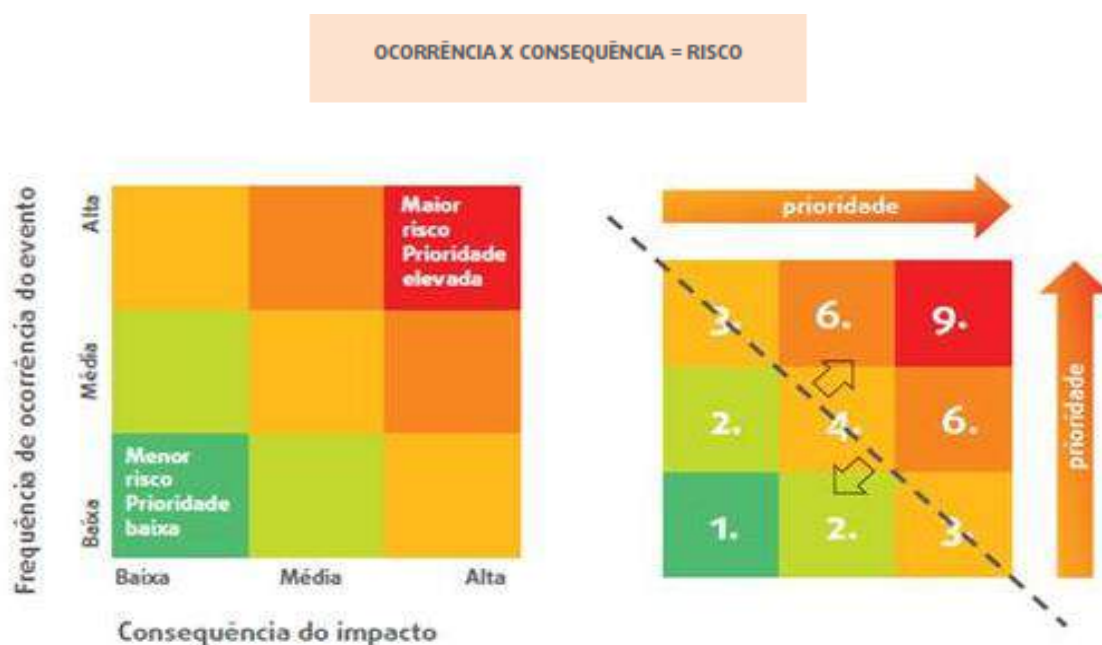


Figura 7- Representação da matriz de risco e o nível de prioridade.

### 3. Projeções climáticas

#### 3.1 Clima atual - análise regional

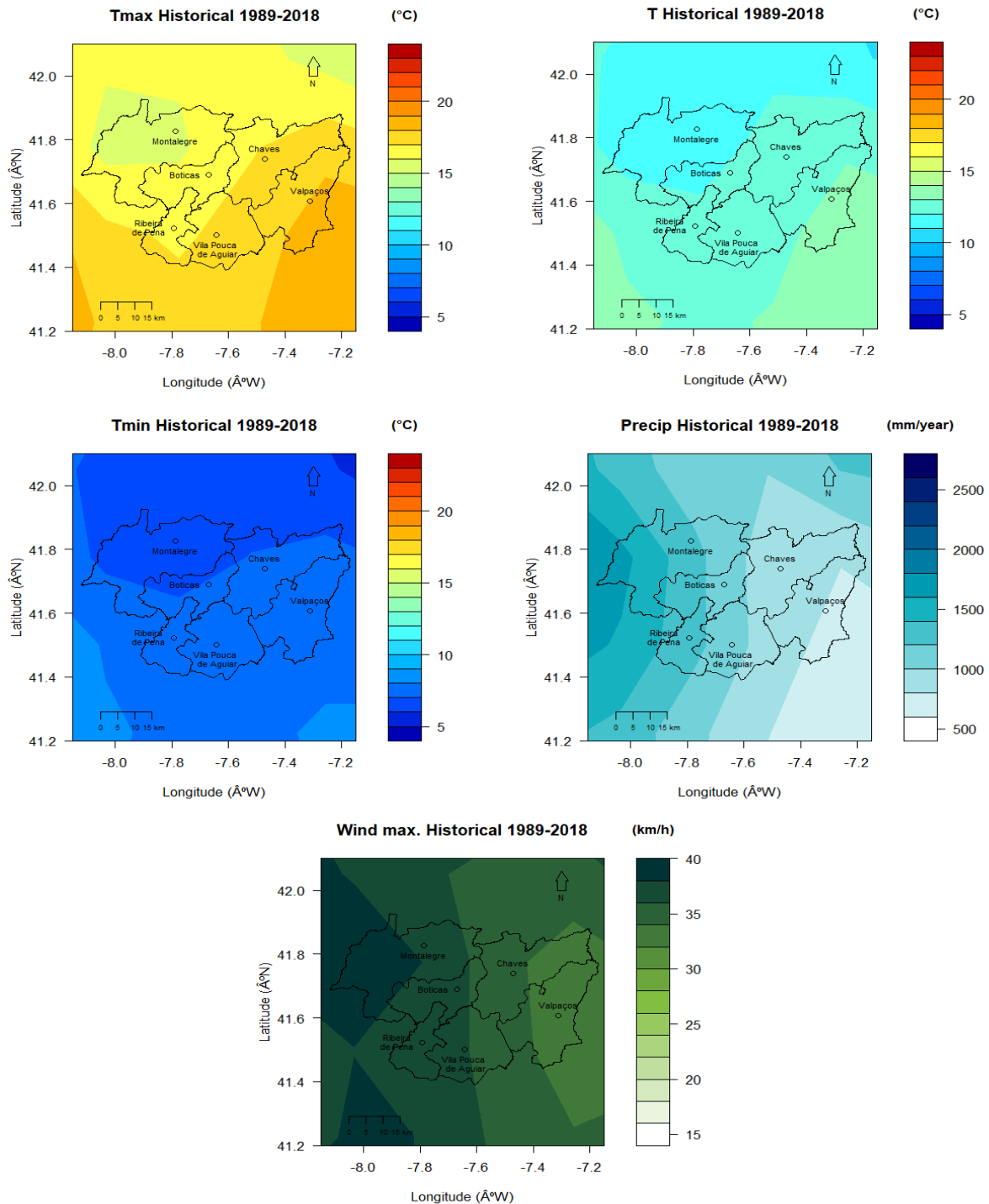


Figura 8- Mapas dos valores médios de temperatura média (canto superior esquerdo), máxima (canto superior direito) e mínima (centro esquerdo), de precipitação acumulada anual (centro direito) e vento máximo (inferior), no período histórico de 1989-2018.

Os mapas da Figura 8 evidenciam que na CIM-AT a média de temperaturas apresenta um gradiente latitudinal e longitudinal. Por essa razão, o Município de Valpaços tem uma temperatura média superior, uma vez que se localiza mais a sul e interior comparativamente com os restantes municípios, Montalegre, estando localizada mais a norte, apresenta uma temperatura média mais baixa.

Contudo, observou-se, ainda, um gradiente longitudinal na acumulação de chuva e da média máxima de vento. Assim, os municípios mais a oeste registam valores superiores para estas variáveis devido à influência do Atlântico.

### 3.2 Clima atual - análise local

#### 3.2.1 Climógrafos

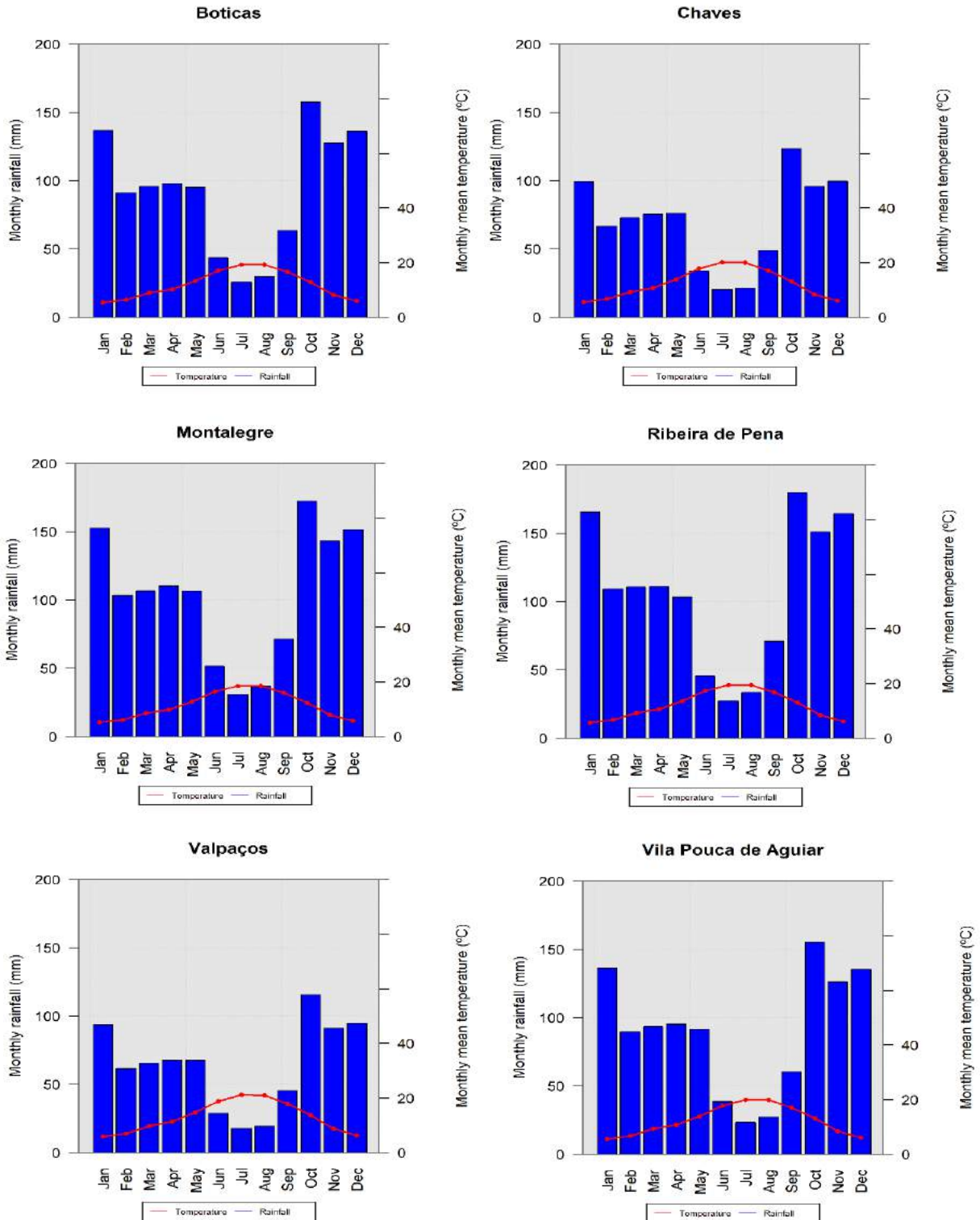


Figura 9- Climógrafos dos seis municípios que apresentam a temperatura média mensal e a precipitação média mensal acumulada, no período histórico 1989-2018.

Os climógrafos dos 6 municípios para o período compreendido entre 1998 e 2018 são apresentados na Figura 9. O conjunto temporal é suficientemente vasto e representativo para permitir conclusões fundamentais baseadas nos regimes de precipitação e temperaturas mensais.

Montalegre é o município que regista a mais baixa temperatura média (4,7°C) no mês de janeiro, enquanto Valpaços evidencia a temperatura média mais elevada (21,3°C) no mês de agosto.

Por outro lado, Ribeira de Pena é o município da CIM-AT que acumula maior precipitação (173 mm) em outubro, o qual corresponde ao mês com maior precipitação. Já Valpaços regista a menor precipitação acumulada (18,6 mm) em julho, correspondendo ao mês mais seco.

Os climógrafos permitem saber se existem períodos de seca, os quais são identificados quando o histograma de precipitação se encontra abaixo da curva de temperatura. Em todos os municípios, os meses secos correspondem ao período de julho e agosto. A estes acresce, em Chaves e Valpaços, o mês de junho.

Estas e outras variáveis são discutidas com maior detalhe mais à frente.

### **3.2.2 Regimes médios anuais**

São apresentadas de seguida as tendências para as temperaturas máximas, médias e mínimas, a precipitação acumulada anual e o vento médio máximo para o período de 1989-2018, de acordo com os dados da reanálise do ERA5. Deve ter-se em consideração que os dados providenciados nesta secção não correspondem a um estudo que tenha por base possíveis cenários que possam ocorrer no futuro, nem usam modelos climáticos.

A variação anual destas variáveis é fornecida pelas inclinações das linhas ajustadas (linhas a tracejado).

A tabela que acompanha as figuras sumariza os resultados obtidos para todas as variáveis, representando a taxa de variação por década, calculada quer no período de 1989-2018, quer quanto à sua probabilidade de ocorrência. Este conceito permite estimar se a tendência observada evidencia um elevado grau de consistência ou se, pelo contrário, a tendência registada é inconsistente e fraca ao longo do tempo. A probabilidade de ocorrência será determinada de acordo com a tabela que se segue (Tabela 2).

**Tabela 2-** Probabilidade de ocorrência de um determinado resultado

Definição	Probabilidade de ocorrência
Extremamente provável	>95%
Muito provável	>90%
Provável	>66%
Mais provável do que improvável	>50%
Mais improvável do que provável	<50%
Muito improvável	<10%
Extremamente improvável	<5%



### 3.2.2.1 Boticas

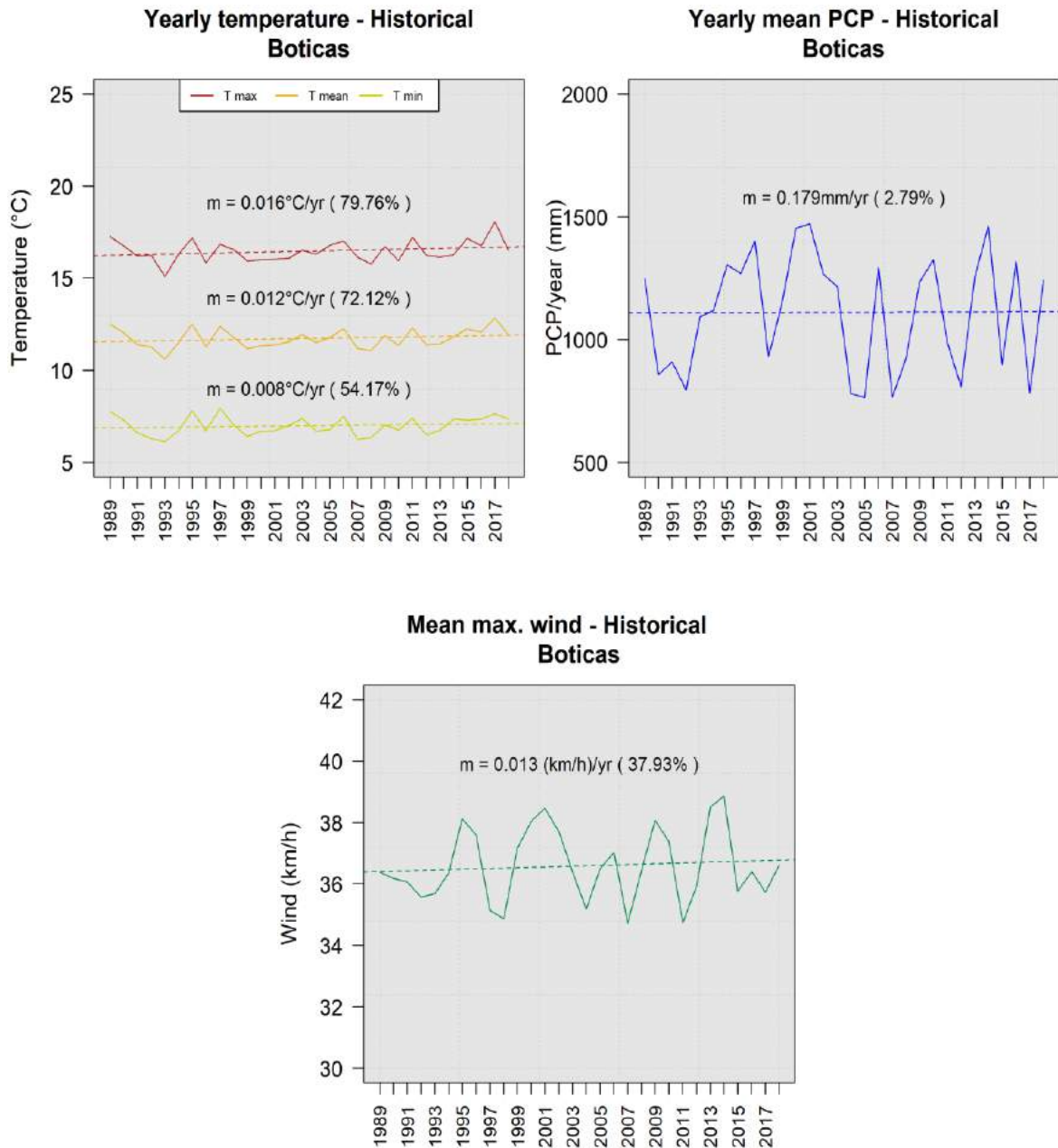


Figura 10- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Boticas.

**Tabela 3-** Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Boticas

Variáveis	Valor médio	Taxa de variação por década	Probabilidade de ocorrência
Temperatura máxima (°C)	16,47	+0,16	provável
Temperatura média (°C)	11,73	+0,12	provável
Temperatura média (°C)	6,99	+0,08	mais provável do que improvável
Precipitação média (mm)	1111,31	+1,79	extremamente improvável
Vento máximo (km/h)	36,56	+0,13	mais improvável do que provável

### 3.2.2.2 Chaves

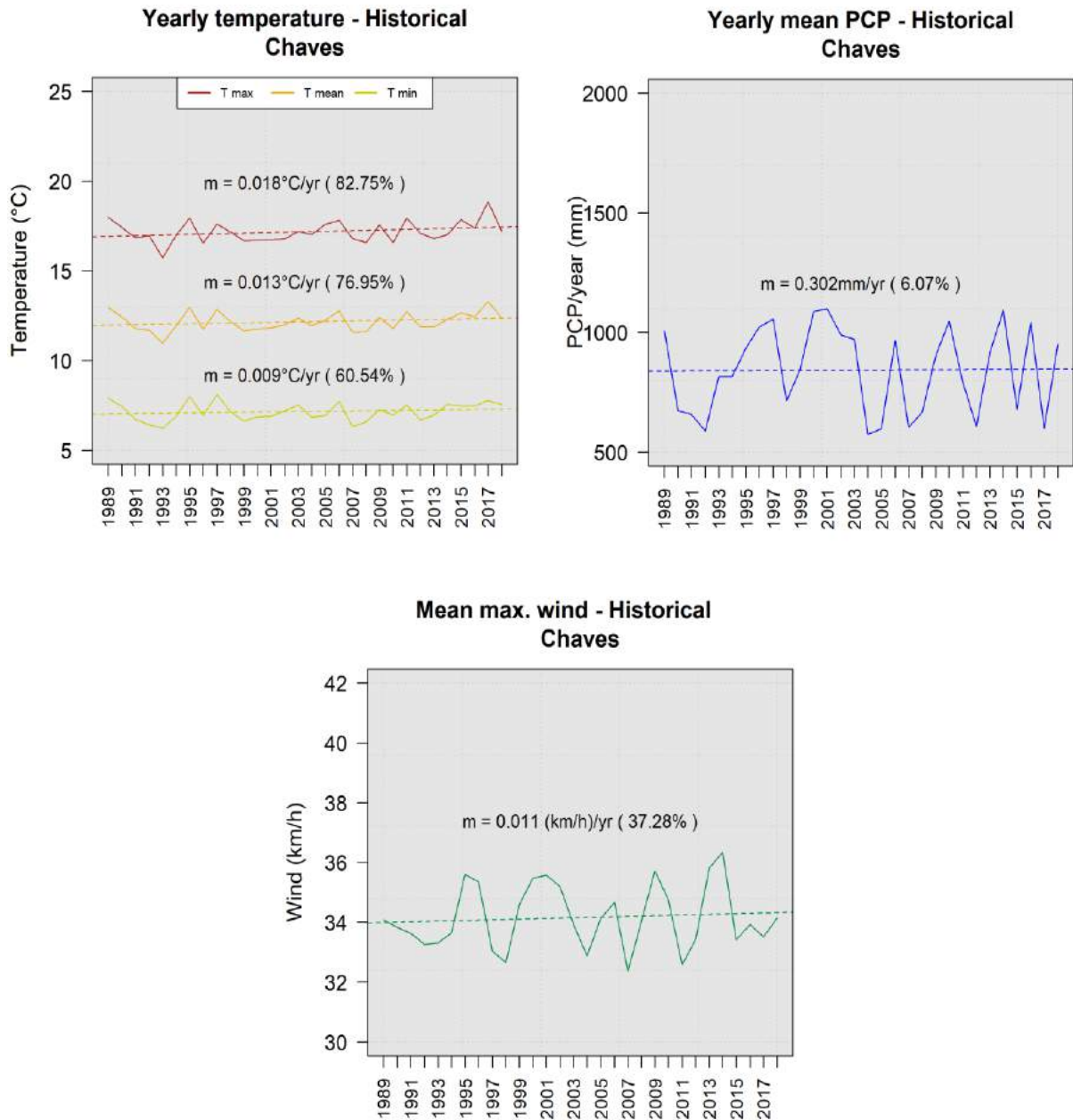


Figura 11- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Chaves.

**Tabela 4-** Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Chaves

Variáveis	Valor médio	Taxa de variação por década	Probabilidade de ocorrência
Temperatura máxima (°C)	17,18	+0,18	provável
Temperatura média (°C)	12,16	+0,13	provável
Temperatura média (°C)	7,15	+0,09	mais provável do que improvável
Precipitação média (mm)	843,32	+3,02	muito improvável
Vento máximo (km/h)	34,16	+0,11	mais improvável do que provável

### 3.2.2.3 Montalegre

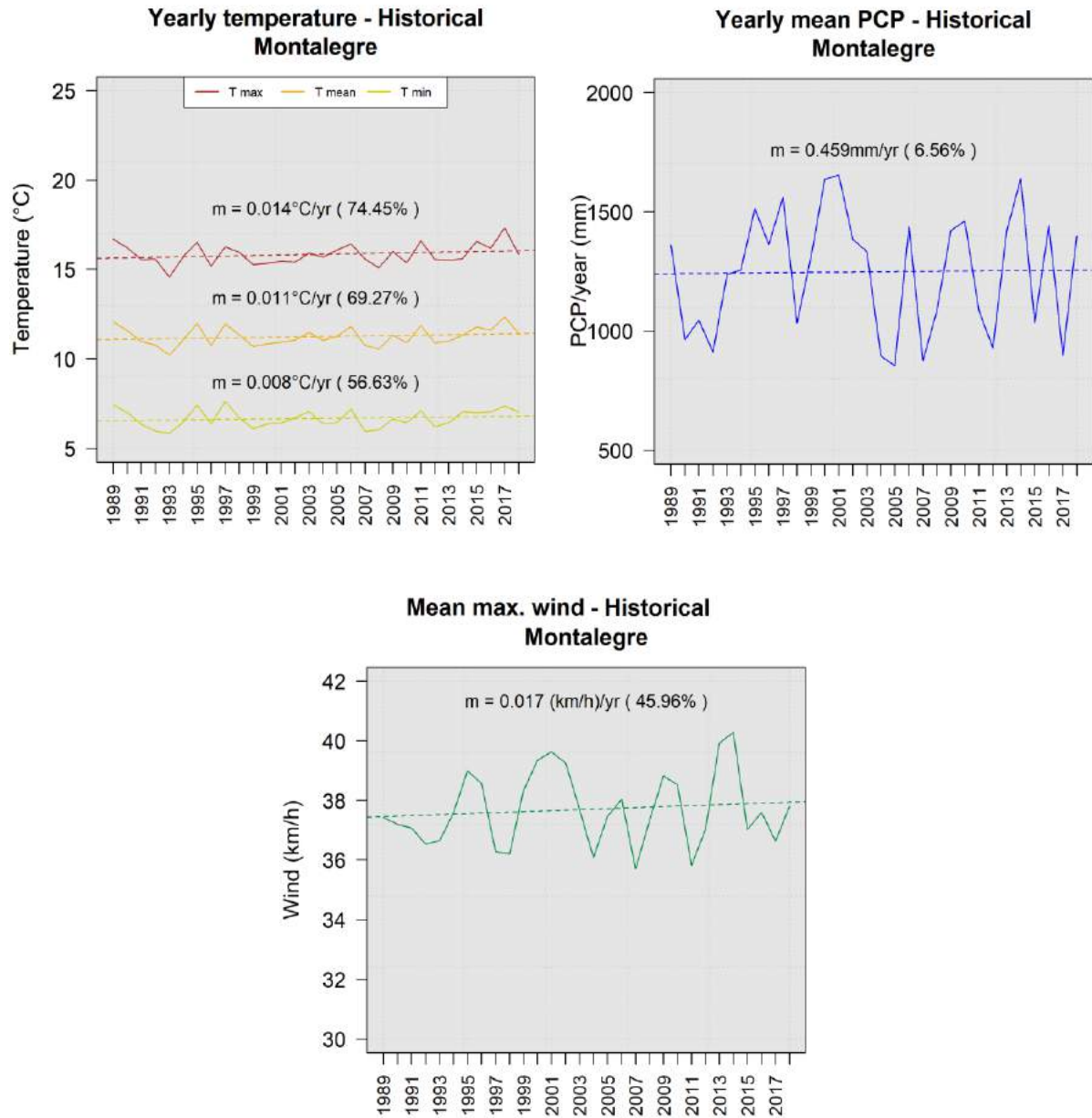


Figura 12- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Montalegre.

**Tabela 5-** Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Montalegre

Variáveis	Valor médio	Taxa de variação por década	Probabilidade de ocorrência
Temperatura máxima (°C)	15,84	+0,14	provável
Temperatura média (°C)	11,25	+0,11	provável
Temperatura média (°C)	6,67	+0,08	mais provável do que improvável
Precipitação média (mm)	1247,64	+4,59	muito improvável
Vento máximo (km/h)	37,70	+0,17	mais improvável do que provável

### 3.2.2.4 Ribeira de Pena

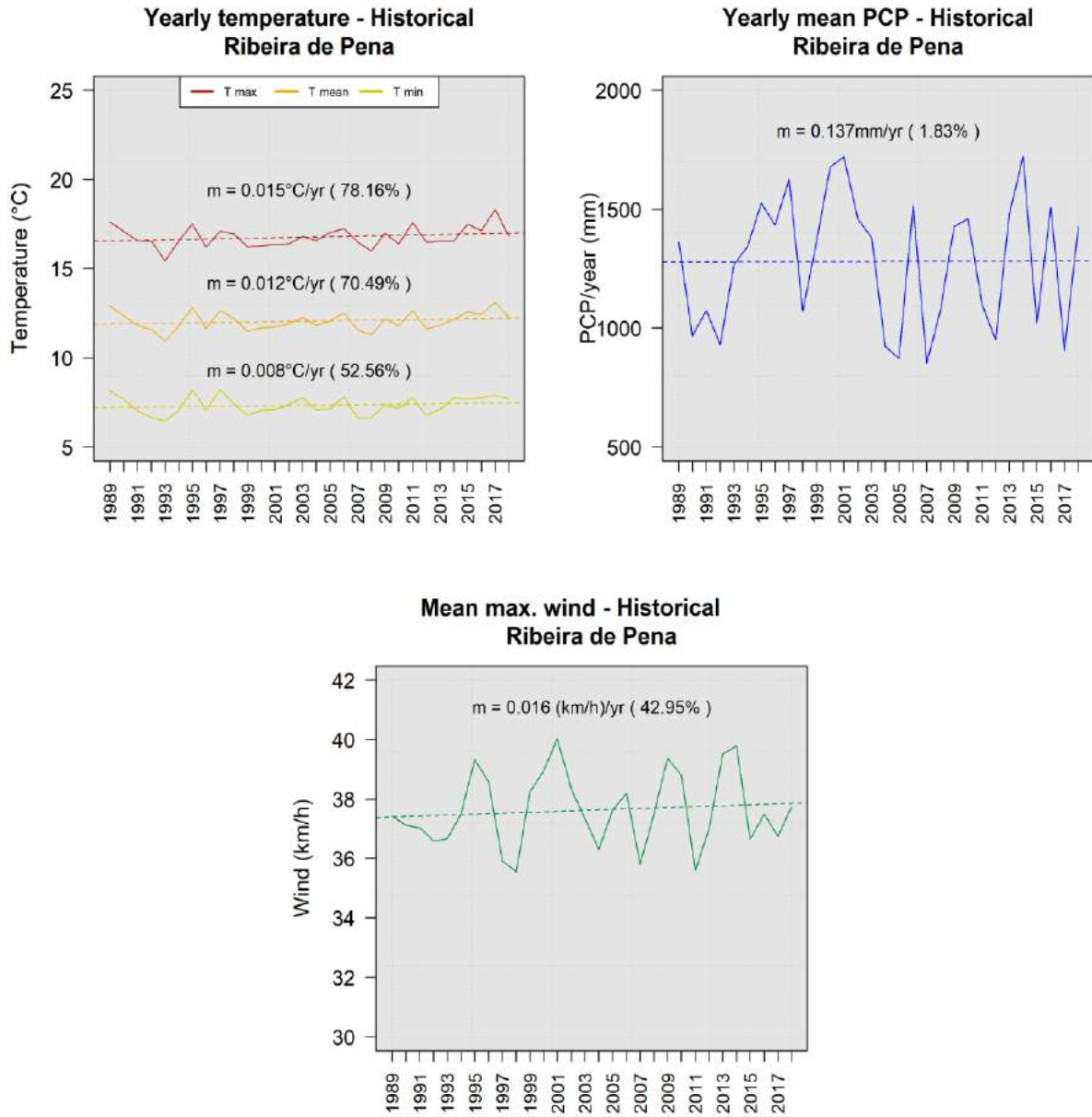


Figura 13- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Ribeira de Pena.

**Tabela 6-** Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Ribeira de Pena

Variáveis	Valor médio	Taxa de variação por década	Probabilidade de ocorrência
Temperatura máxima (°C)	16,77	+0,15	provável
Temperatura média (°C)	12,05	+0,12	provável
Temperatura média (°C)	7,34	+0,08	mais provável do que improvável
Precipitação média (mm)	1281,24	+1,37	extremamente improvável
Vento máximo (km/h)	37,62	+0,16	mais improvável do que provável



### 3.2.2.5 Valpaços

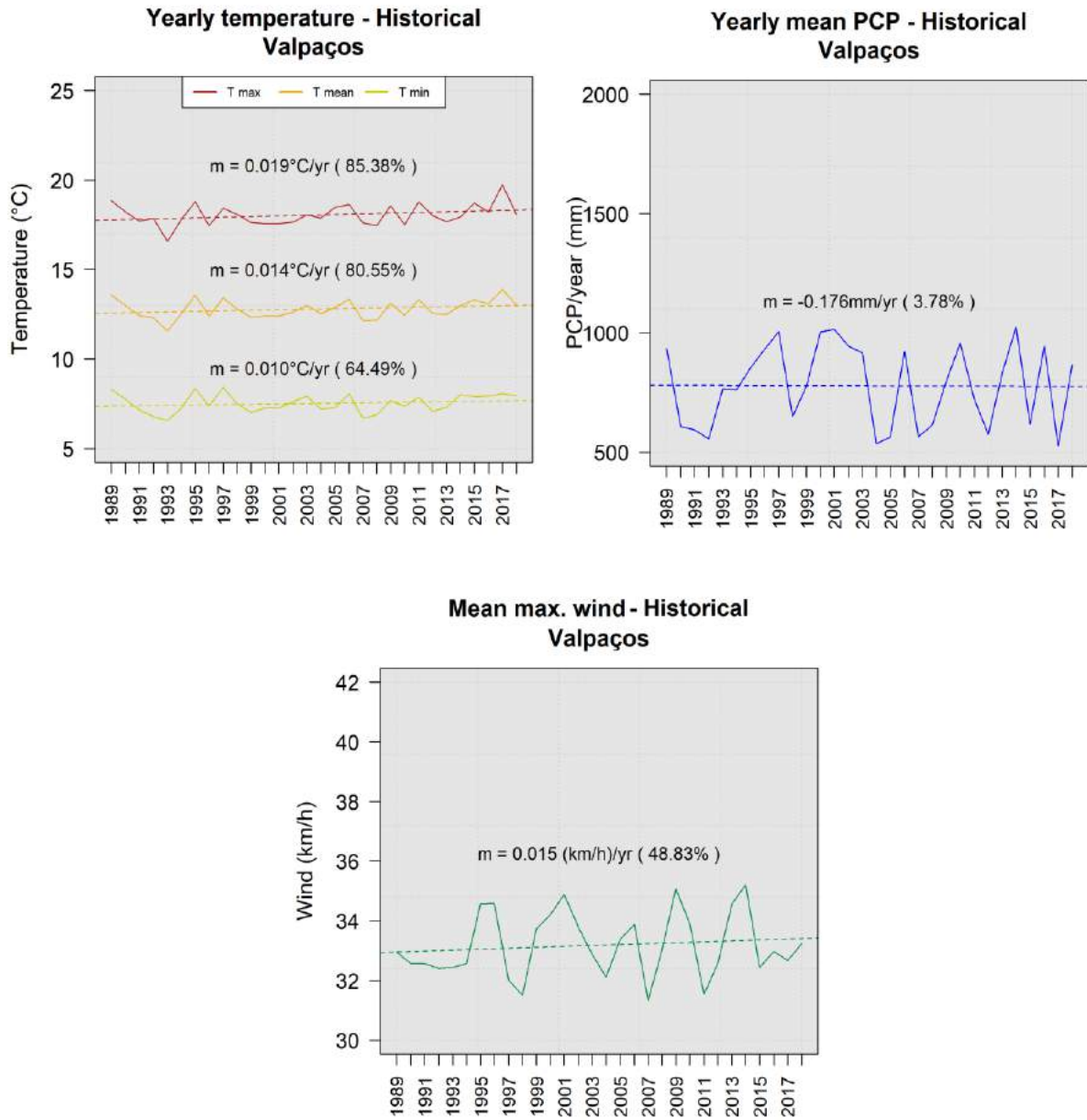


Figura 14- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Valpaços.

**Tabela 7-** Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Valpaços

Variáveis	Valor médio	Taxa de variação por década	Probabilidade de ocorrência
Temperatura máxima (°C)	18,05	+0,19	provável
Temperatura média (°C)	12,79	+0,14	provável
Temperatura média (°C)	7,52	+0,1	mais provável do que improvável
Precipitação média (mm)	778,81	-1,76	extremamente improvável
Vento máximo (km/h)	33,18	+0,15	mais improvável do que provável

### 3.2.2.6 Vila Pouca de Aguiar

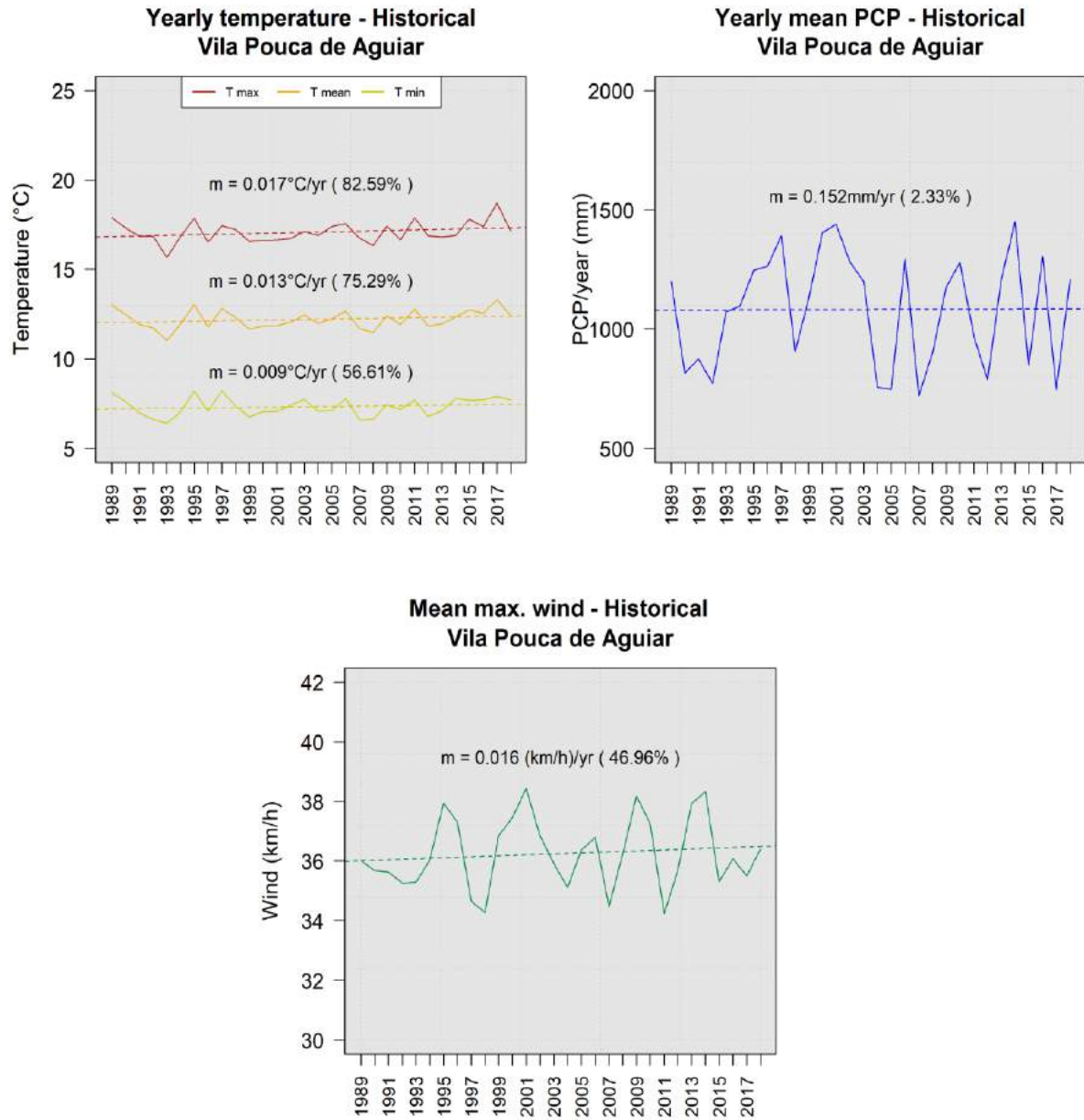


Figura 15- Tendências anuais observadas (m) e a sua probabilidade de ocorrência para as variáveis temperatura média, precipitação média e ventos médios máximos, durante o período 1989-2018, em Vila Pouca de Aguiar.

**Tabela 8-** Valor médio anual, taxa de variação por década e probabilidade de ocorrência, em Vila Pouca de Aguiar

Variáveis	Valor médio	Taxa de variação por década	Probabilidade de ocorrência
Temperatura máxima (°C)	17,10	+0,17	provável
Temperatura média (°C)	12,21	+0,13	provável
Temperatura mínima (°C)	7,33	+0,09	mais provável do que improvável
Precipitação média (mm)	108,97	+1,52	extremamente improvável
Vento máximo (km/h)	36,25	+0,16	mais improvável do que provável

### 3.2.2.7 Síntese

Da análise aos seis municípios, apresentada nas figuras 10 a 15 e nas tabelas 3 a 8, foi possível obter uma taxa de variação média por década para os registos de temperatura máxima (+ 0,16°C) e para a temperatura média (+ 0,12°C). Esta subida evidencia uma ligeira consistência ao longo dos anos. Com uma menor probabilidade de ocorrência, a temperatura mínima demonstra uma variação média por década de +0,09°C. Pode, por isso, concluir-se que as temperaturas ao longo do período de 1989-2018 revelam uma ligeira subida, destacando-se uma subida mais pronunciada das temperaturas máximas comparativamente às temperaturas mínimas.

No que se refere à precipitação, ainda que a tendência seja ligeiramente positiva, não se pode afirmar que se evidencie uma alteração significativa da taxa anual. Por isso mesmo, não é possível apresentar conclusões sobre o seu comportamento para o período de tempo em estudo. O mesmo pode ser afirmado para a média máxima de vento, cujos valores apresentam uma fraca variação ao longo do tempo, não permitindo, assim, identificar uma tendência confiável para o período em questão.

### 3.2.3 Regimes sazonais

Os gráficos que se seguem (figuras 16 a 20) analisam as diferentes variáveis climáticas para cada estação do ano, por município. Para facilitar a obtenção de conclusões gerais sobre o comportamento destas variáveis, a taxa média de variação por década e a sua probabilidade média de ocorrência foi calculada para os seis municípios em cada estação do ano (tabela 9). Estas são evidenciadas no final desta secção.

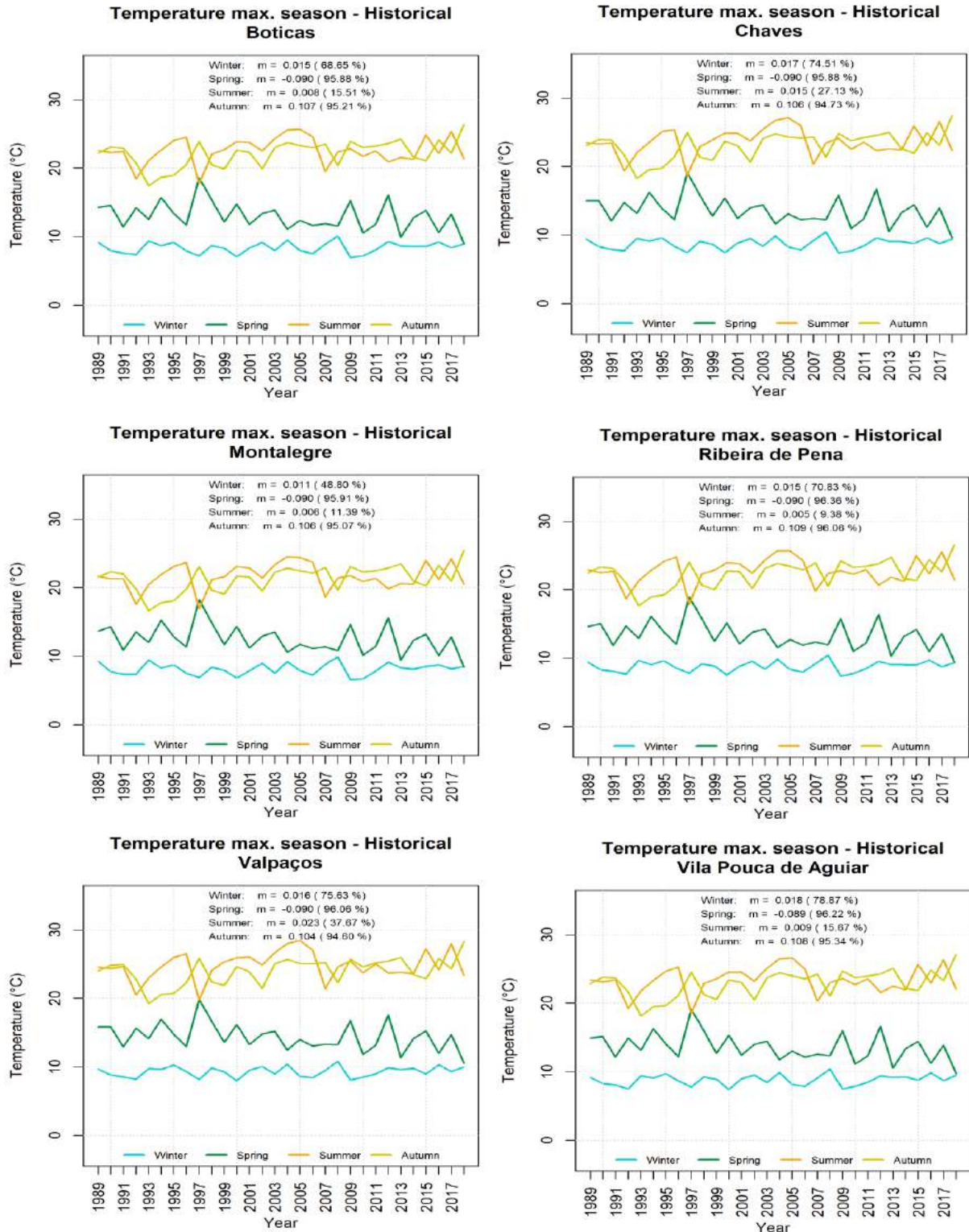


Figura 16- Tendências observadas para a variável temperatura máxima, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.



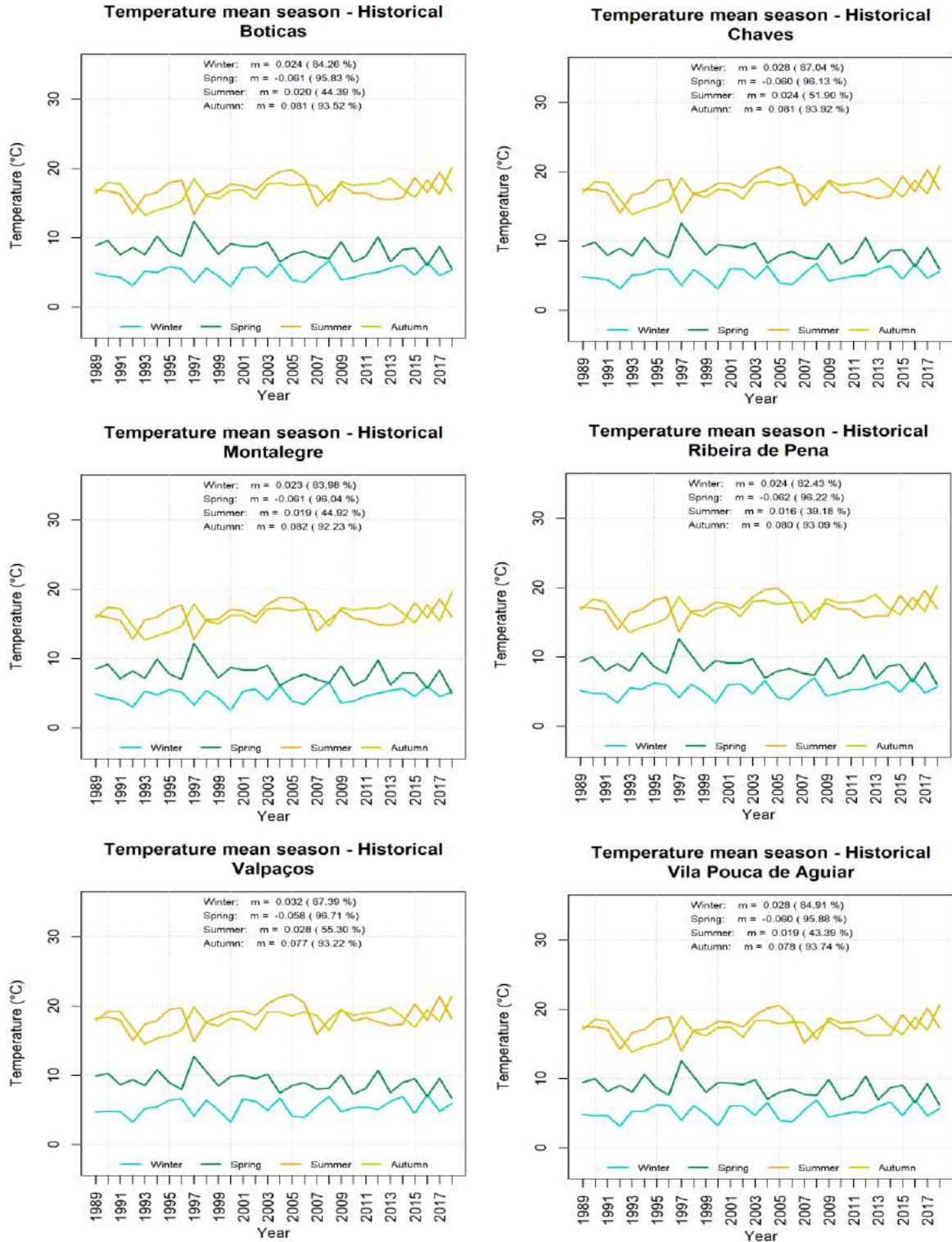


Figura 17- Tendências observadas para a variável temperatura média, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.

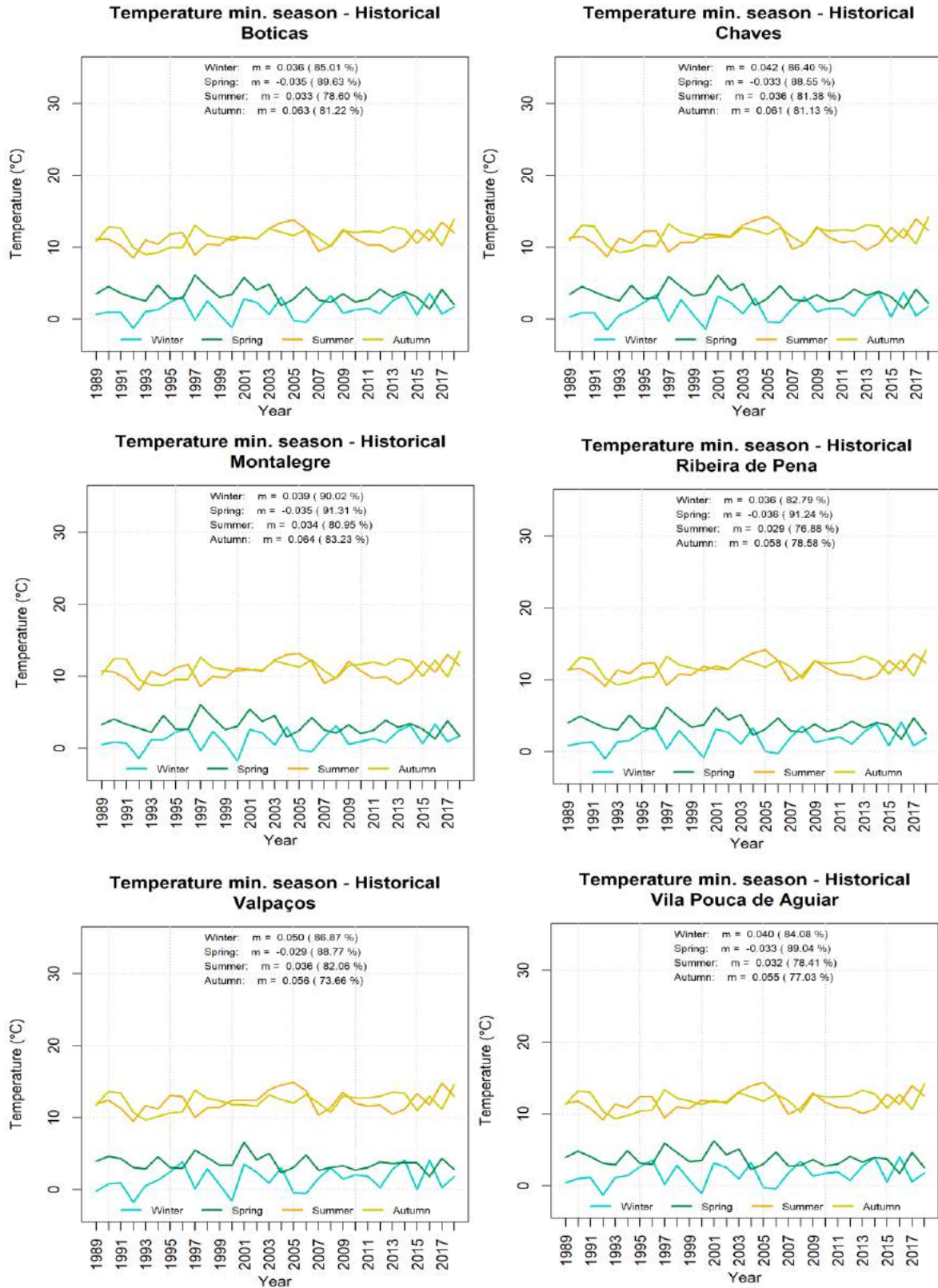


Figura 18- Tendências observadas para a variável temperatura mínima, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.



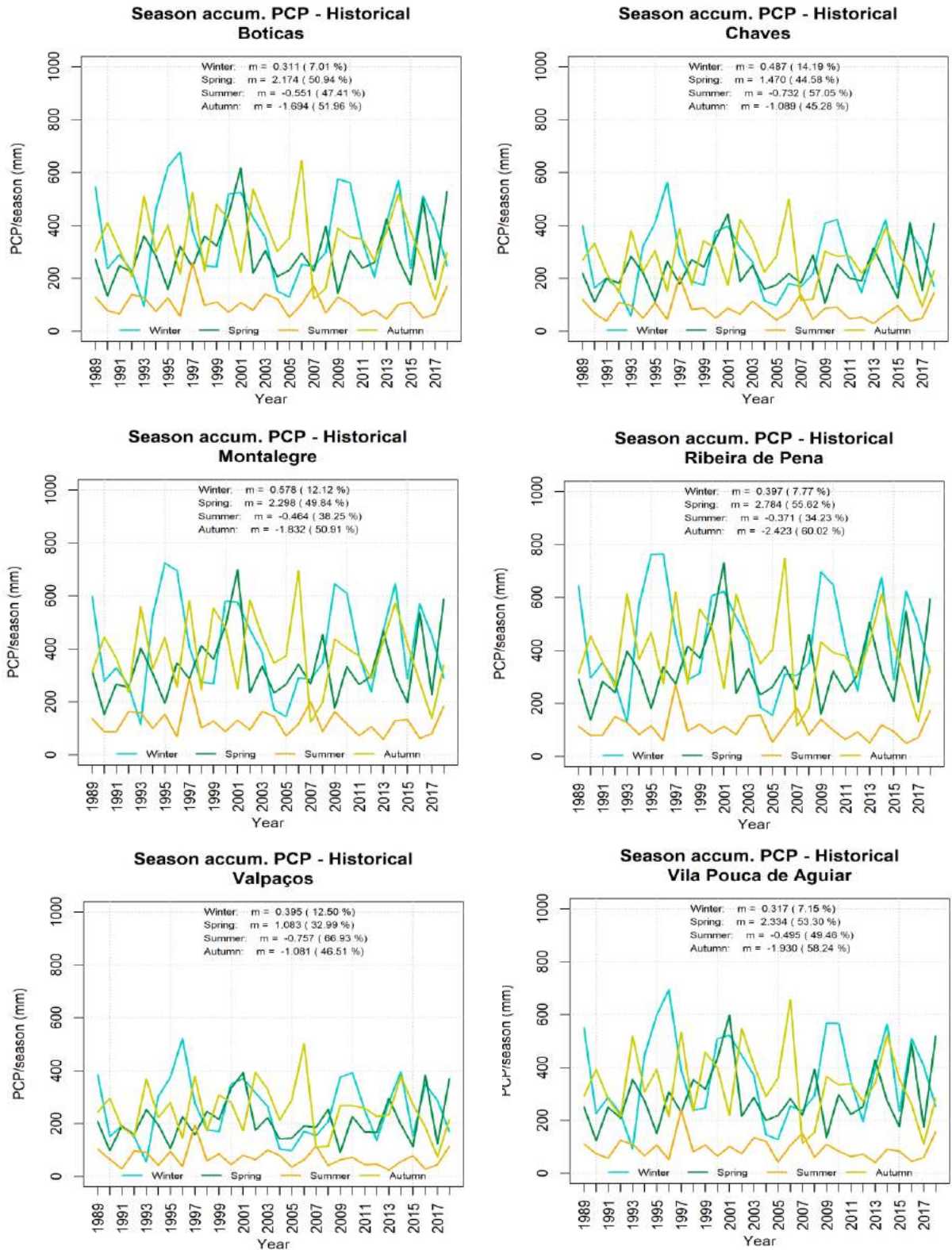


Figura 19- Tendências observadas para a variável precipitação, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.

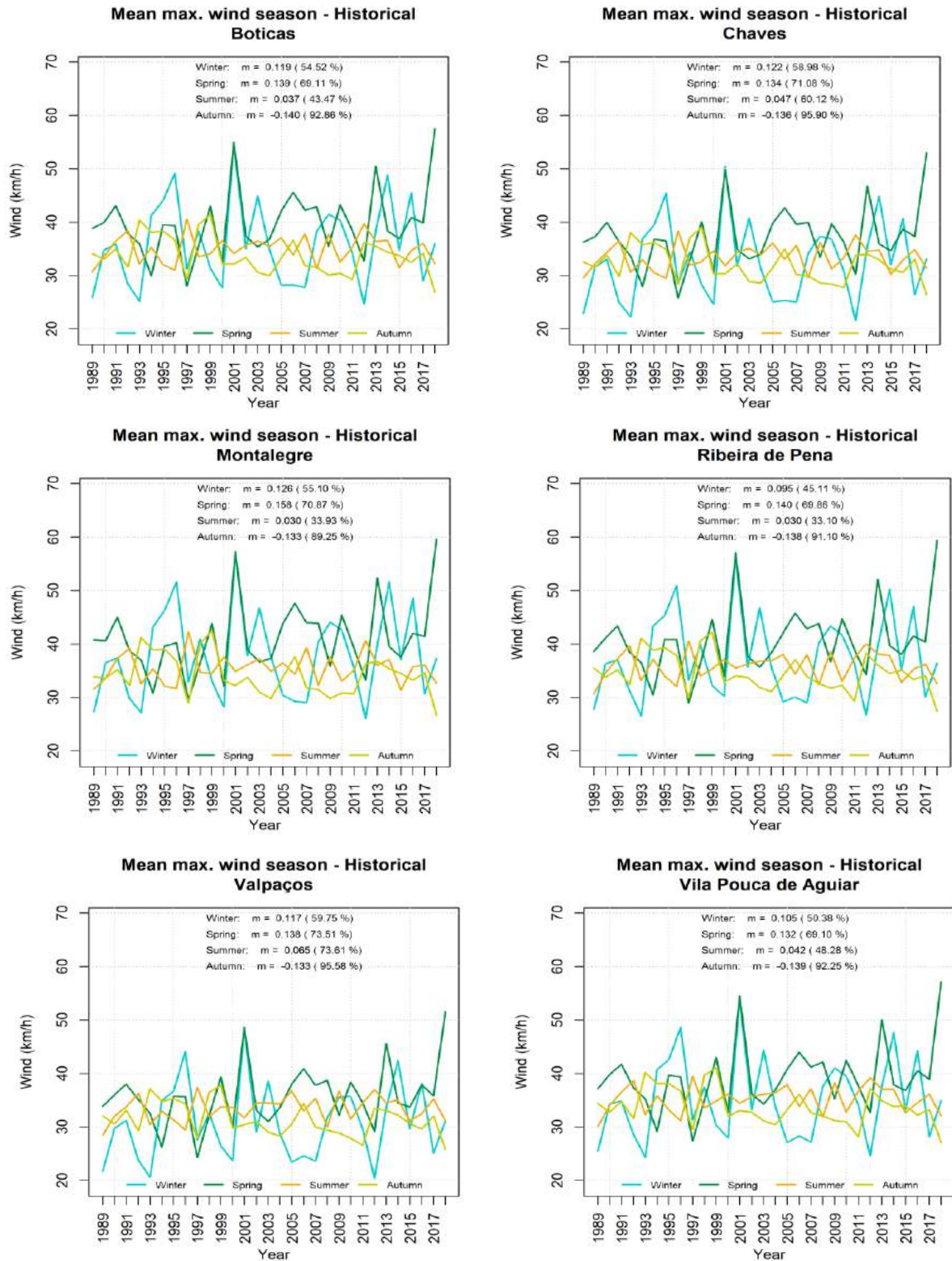


Figura 20- Tendências observadas para a variável vento médio máximo, em cada estação do ano, no período 1989-2018, para cada um dos seis municípios.

**Tabela 9-** Taxa média de mudança por década e probabilidade de ocorrência em cada estação do ano, para cada uma das variáveis: temperatura máxima, média e mínima, precipitação média e vento médio máximo

Temperatura máxima (°C)	Taxa média de variação por década	Percentagem média	Probabilidade de ocorrência
Inverno	+0,15	69,52%	Provável
Primavera	-0,9	96,39%	Extremamente provável
Verão	+0,11	19,46%	Mais improvável do que provável
Outono	+1,06	95,17%	Extremamente provável

Temperatura média (°C)	Taxa média de variação por década	Percentagem média	Probabilidade de ocorrência
Inverno	+0,27	85%	Provável
Primavera	-0,60	96,14%	Extremamente provável
Verão	+0,21	46,51%	Mais improvável do que provável
Outono	+0,77	93,29%	Muito provável

Temperatura mínima (°C)	Taxa média de variação por década	Percentagem média	Probabilidade de ocorrência
Inverno	+0,4	85,86%	Provável
Primavera	-0,34	89,75%	Provável
Verão	+0,3	79,71%	Provável
Outono	+0,6	78,98%	Provável

Precipitação média (mm)	Taxa média de variação por década	Porcentagem média	Probabilidade de ocorrência
Inverno	+4,14	10,12 %	Muito improvável
Primavera	+20,21	47,88 %	Mais improvável do que provável
Verão	-5,62	49,24 %	Mais improvável do que provável
Outono	-16,72	52,15 %	Mais provável do que improvável

Vento médio máximo (Km/h)	Taxa média de variação por década	Porcentagem média	Probabilidade de ocorrência
Inverno	+1,22	53,97%	Provável
Primavera	+1,4	70,58%	Provável
Verão	+0,42	48,75%	Mais improvável do que provável
Outono	+1,37	92,82%	Muito provável

No que concerne à temperatura média, evidencia-se uma tendência de queda na primavera (-0,6°C por década) e uma tendência de subida no outono (+0,77°C por década). Foram também obtidos valores semelhantes para as temperaturas mínimas, enquanto nas temperaturas máximas se evidenciam valores ligeiramente mais elevados. O aumento da temperatura média observada no inverno (+0,4°C por década) afirma-se como uma grande probabilidade. Contudo, o aumento de temperatura no verão (+0,6°C) não é consistente ao longo do tempo.

Em relação à precipitação, as tendências observadas não permitem que sejam concebidas conclusões, dado que as estimativas apontam para uma baixa probabilidade de ocorrência. Ainda assim, existe uma certa probabilidade para uma diminuição da precipitação no outono.

A media de vento máximo revela uma ligeira tendência de aumento em todas as estações do ano, postulando uma probabilidade maior de aumento de +1,37 km/h por década no outono.

### 3.2.4 Índices climáticos

A tabela 10 evidencia o número médio de dias, por ano, para o período de 1989-2018, nos quais os índices climáticos - que de seguida se define - são observados:

- i. **Número de dias por ano em que se excede os 25°C:** o Município de Valpaços apresenta a maior frequência, com 82 dias por ano e o Município de Montalegre apresenta a menor frequência;
- ii. **Número de dias por ano em que se excede os 35°C:** a ocorrência deste fenómeno é rara, nunca tendo sido alcançada nos Municípios de Boticas e Montalegre;
- iii. **Número de dias por ano com gelo:** os Municípios de Valpaços e Chaves apresentam o maior número de dias por ano de ocorrência deste fenómeno extremo;
- iv. **Número de dias por ano com noites tropicais:** trata-se, uma vez mais, de um fenómeno raro no clima atual;
- v. **Número de eventos de ondas de calor por ano:** uma onda de calor é definida como um conjunto de 3 ou mais dias consecutivos nos quais a temperatura máxima excede o limite do percentil 90 da média de temperaturas típicas para um dado município. Trata-se, igualmente, de um fenómeno raro, atingindo o valor de 1 evento em média por ano nos 6 municípios;
- vi. **Número de dias com precipitação por ano:** Montalegre é o município que apresenta o maior número de dias por ano (195 dias) e Valpaços é o que revela o menor número dias por ano (165 dias); e
- vii. **Número de dias por ano em que o vento médio excede os 30 km/h:** Ribeira de Pena atinge os 242 dias por ano, enquanto Valpaços é o município com o menor número de dias por ano, 198.

**Tabela 10-** Número médio anual de dias de índices climáticos, para cada município, no período 1989-2018

Número médio de dias por ano (1989-2018)	Boticas	Chaves	Montalegre	Ribeira de Pena	Valpaços	Vila Pouca de Aguiar
Dias de verão Tmax ≥ 25°C	56,4	68,9	45,2	58,2	82	66,3
Dias de verão Tmax ≥ 35°C	0	0,5	0	0,1	1,7	0,2
Dias de geada ≤ 0°C	28,6	31,1	29,9	25,9	32,2	28,4
Noites tropicais Tmin ≥ 20°C	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5
Ondas de calor Tmax > 90th percentil	1,27	1,33	1,23	1,27	1,3	1,2
Dias de precipitação ≥ 1mm	185,13	168,43	195,27	186	164,77	179,20
Dias de vento >30 km/h	230,32	206,5	239,36	242,5	197,71	228,68



### **3.3 Clima futuro**

As figuras que se seguem consideram as principais variáveis climáticas em dois períodos futuro: 2040-2069 e 2070-2099 e para os dois cenários definidos na secção 2.1.2, RCP 4.5 e RCP 8.5. São também evidenciadas as variações relativamente ao clima atual.

Deve notar-se que os períodos futuros descritos apresentam uma discrepância de um ano em relação aos requisitos originais porque os modelos apenas operam até 2099 (e não 2100).

#### **3.3.1 Clima futuro – análise regional**

Deve realçar-se que, para a análise regional, os mapas que abaixo se apresentam resultam da aplicação diretamente da técnica multimodelar, i.e., resultam dos modelos climáticos SMHI-RC44 e KNMI-RACMO22E e da técnica de ajustamento estatístico Q-Q.

Por esse motivo, podem ser obtidos resultados ligeiramente diferentes daqueles derivados da análise específica de cada município em que a técnica de ajustamento estatístico foi aplicada. A reconciliação dos dois resultados exigiria a aplicação do ajustamento estatístico Q-Q para cada local no mapa, algo que não se enquadra no objetivo estabelecido para a presente análise.

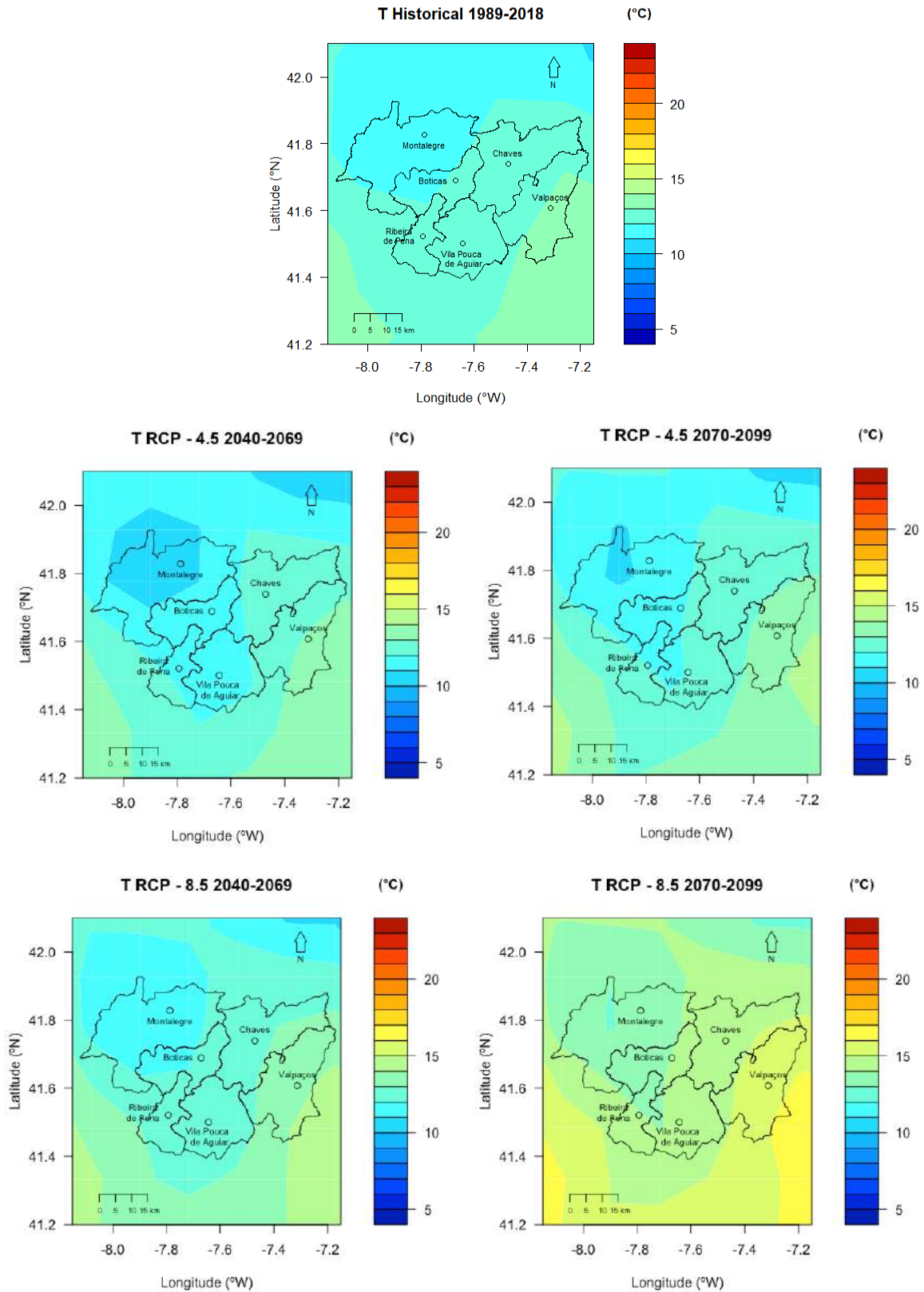


Figura 21- Temperatura média durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da temperatura média nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).



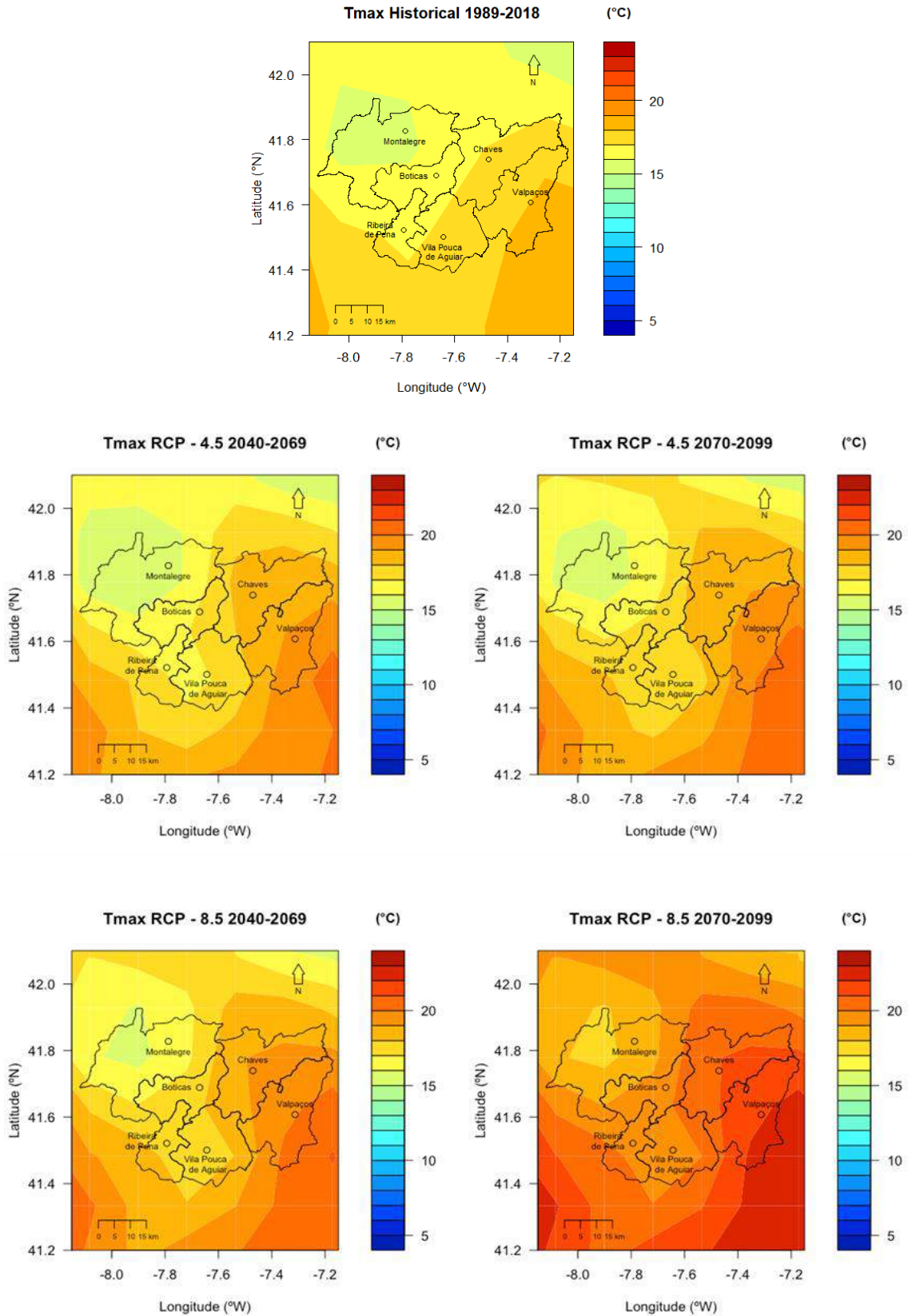


Figura 22- Temperatura máxima durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da temperatura média máxima nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

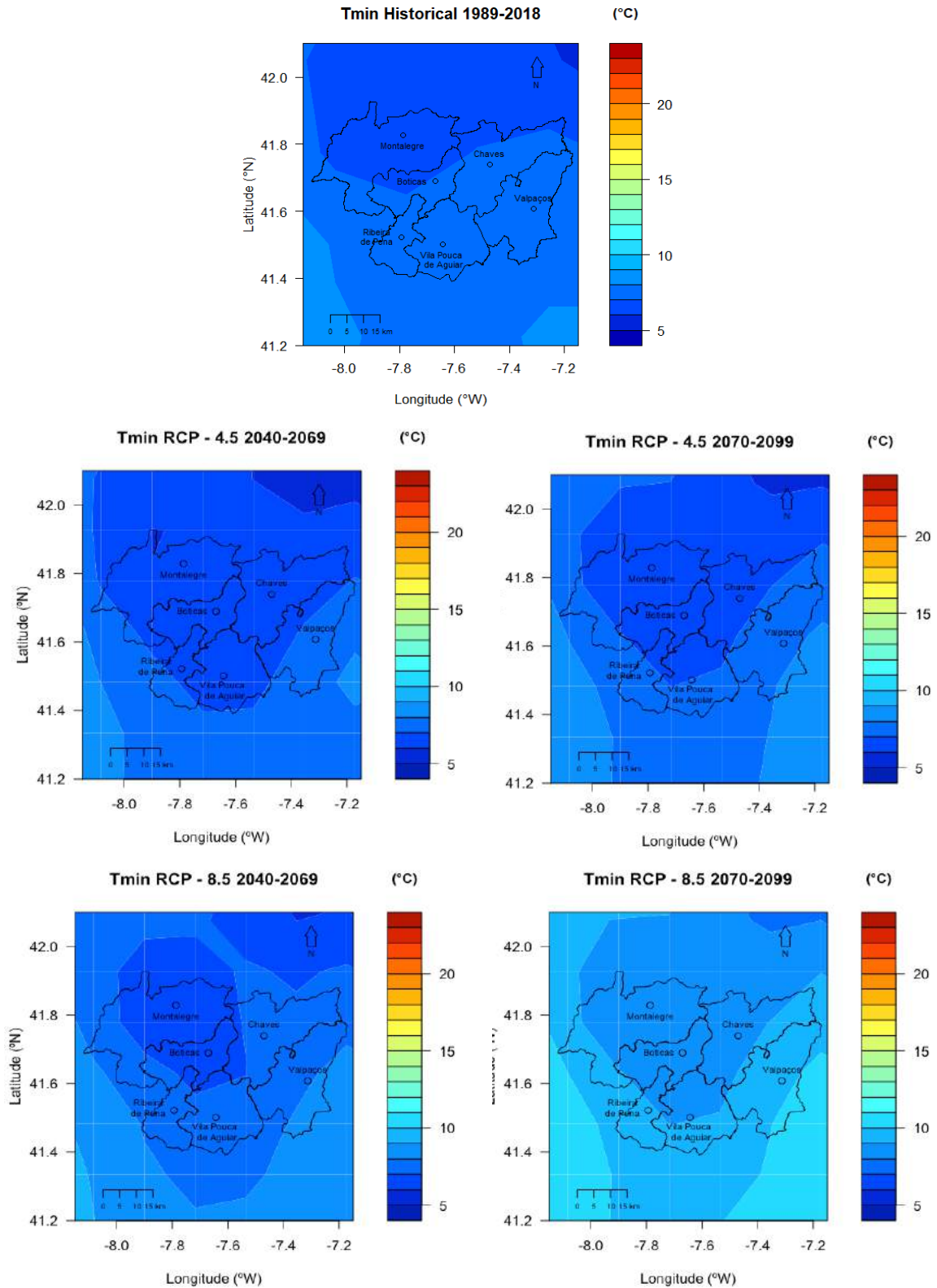


Figura 23- Temperatura mínima durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da temperatura média mínima nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

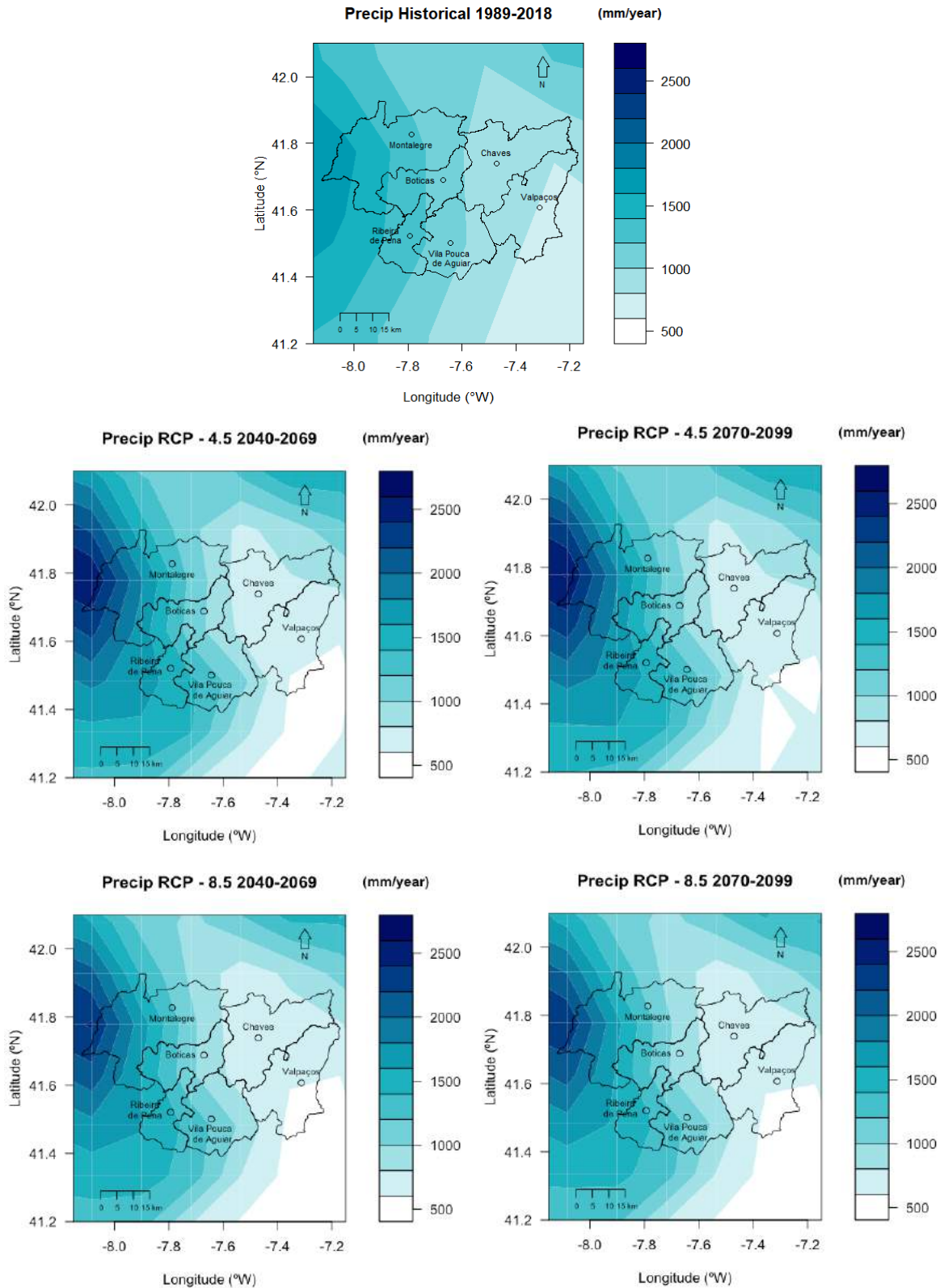


Figura 24- Precipitação média durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da precipitação média nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

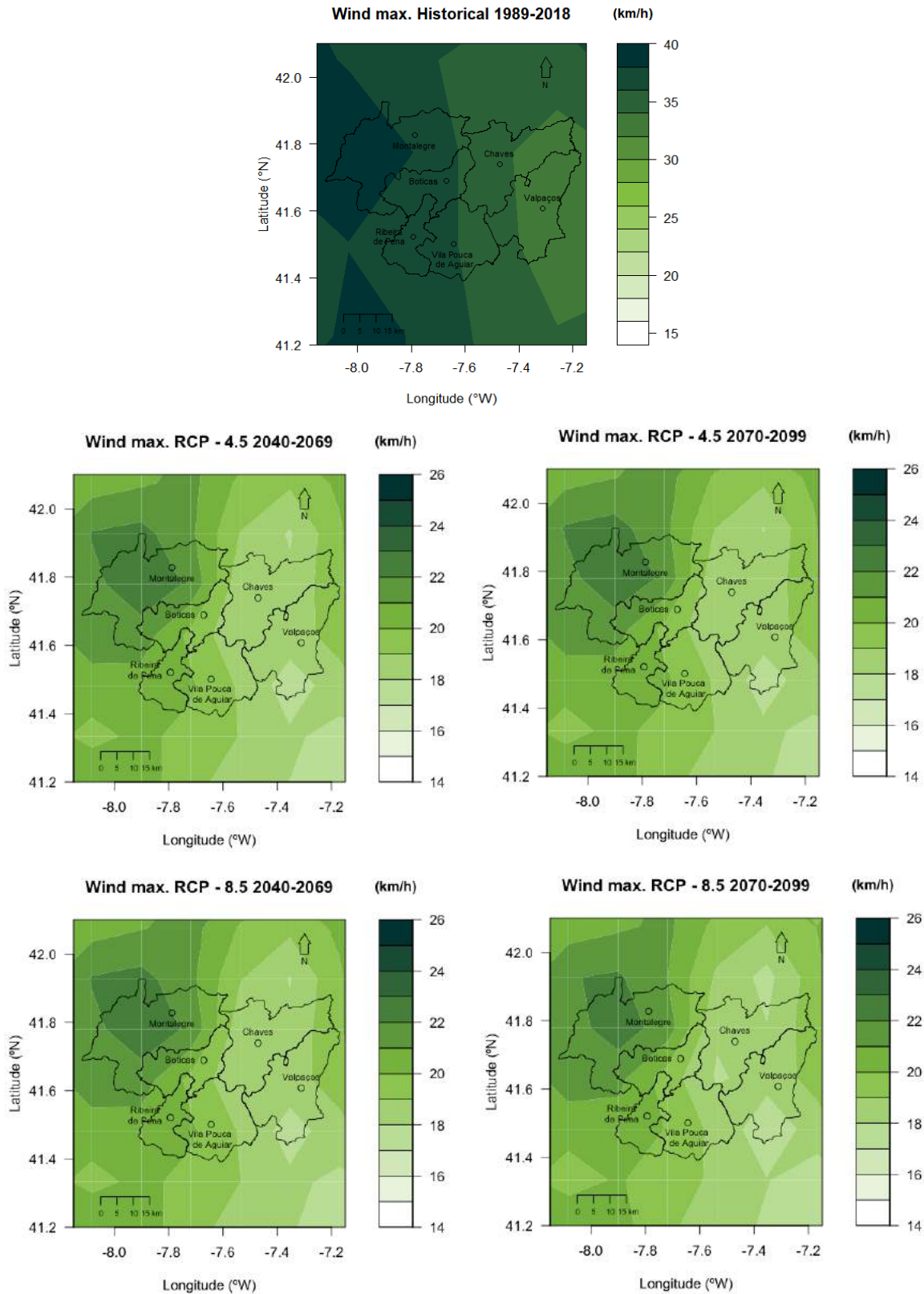


Figura 25- Vento médio máximo durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática da vento médio máximo nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).



### 3.3.2 Clima futuro – análise local

No âmbito da análise local, foram utilizados os dados reanalisados do ERA5 para avaliar o clima atual de cada município. Através da técnica multimodelar e da aplicação do ajustamento estatístico Q-Q na localização de cada município, foram computadas as projeções futuras de todas as variáveis para cada horizonte temporal e para os dois cenários, para além da sua variação em relação ao clima atual.

Assim, nas páginas que se seguem procede-se à análise de climógrafos relativos a temperatura, precipitação acumulada e média de ventos que excedam 30 km/h. A evolução de eventos climáticos extremos é também analisada.

### 3.3.2.1 Climógrafos

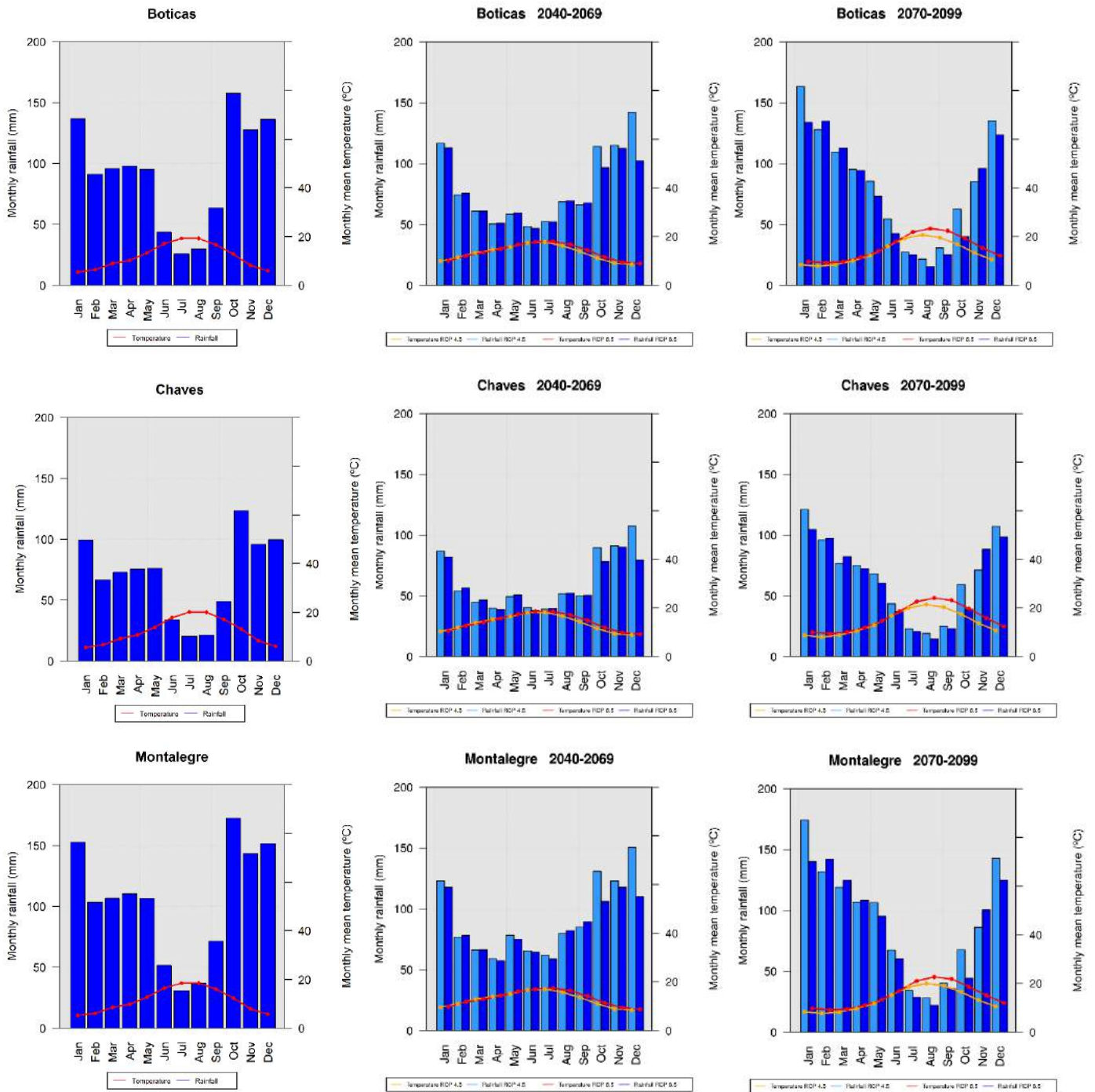


Figura 26- Climógrafos de Boticas, Chaves e Montalegre, apresentando a temperatura média mensal e a precipitação mensal acumulada durante o período histórico (1989-2018) e nos cenários RCP 4.5 (azul claro e laranja) e RCP 8.5 (azul e vermelho), nos períodos de médio prazo (2040-2069) e de longo prazo (2070-2099).

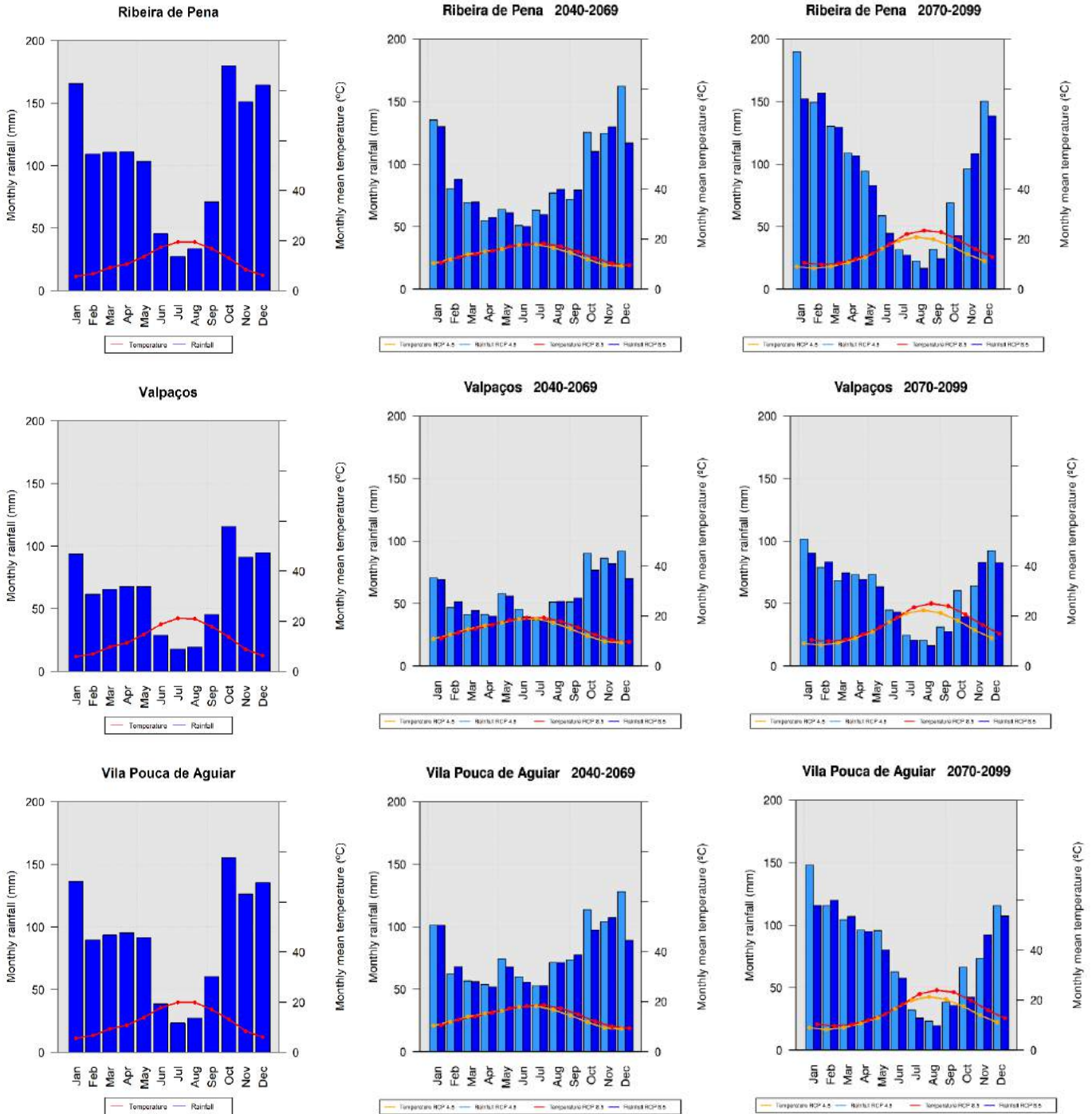


Figura 27- Clímatógrafos de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, apresentando a temperatura média mensal e a precipitação mensal acumulada durante o período histórico (1989-2018) e nos cenários RCP 4.5 (azul claro e laranja) e RCP 8.5 (azul e vermelho), nos períodos de médio prazo (2040-2069) e de longo prazo (2070-2099).

As figuras 26 e 27 mostram os climógrafos para o clima atual ou período histórico (1989-2018), o futuro a médio prazo (2040-2069) e o futuro a longo prazo (2070-2099). As variáveis temperatura média e precipitação acumulada para RCP 4.5 e RCP 8.5 são apresentados em cada climógrafo.

No horizonte temporal de médio prazo (2040-2069), as temperaturas mostram um ligeiro aumento no cenário RCP 4.5 e uma distribuição mensal semelhante ao padrão atual. Contudo, no cenário RCP 8.5, o aumento da temperatura média é maior nos meses de julho a novembro. Em relação à precipitação acumulada, observa-se uma distribuição mais homogénea ao longo do ano, com um aumento da precipitação nos meses de verão, fazendo com que este período deixe de se identificar com períodos de seca. No cenário RCP 8.5 a diminuição da precipitação será mais pronunciada do que no cenário RCP 4.5. Contudo, observa-se uma redução da precipitação anual nos dois cenários comparativamente ao clima atual.

No horizonte temporal de longo prazo (2070-2099), há um maior aumento das temperaturas médias no cenário RCP 8.5, quando comparado com o cenário RCP 4.5. Este aumento é maior nos meses entre julho e novembro. A distribuição da precipitação caracteriza-se por períodos de seca entre os meses de julho e setembro, tal como no clima atual e um severo declínio da precipitação durante a estação do outono.

### **3.3.2.2 Regimes médios anuais**

As figuras que se seguem evidenciam as variáveis temperatura máxima, média e mínima, precipitação acumulada e vento médio máximo para cada município. Cada figura inclui os valores para o período histórico (1989-2018), o futuro a médio prazo (2040-2069) e o futuro a longo prazo (2070-2099) para os dois cenários (RCP 4.5 e RCP 8.5). Para além disso, as barras de erro mostram as incertezas associadas à técnica multimodelar. As incertezas foram calculadas como o desvio padrão.

No final desta secção, incluem-se tabelas com os valores das variáveis para cada município, assim como uma descrição com as principais conclusões que se podem inferir acerca do comportamento futuro destas variáveis.



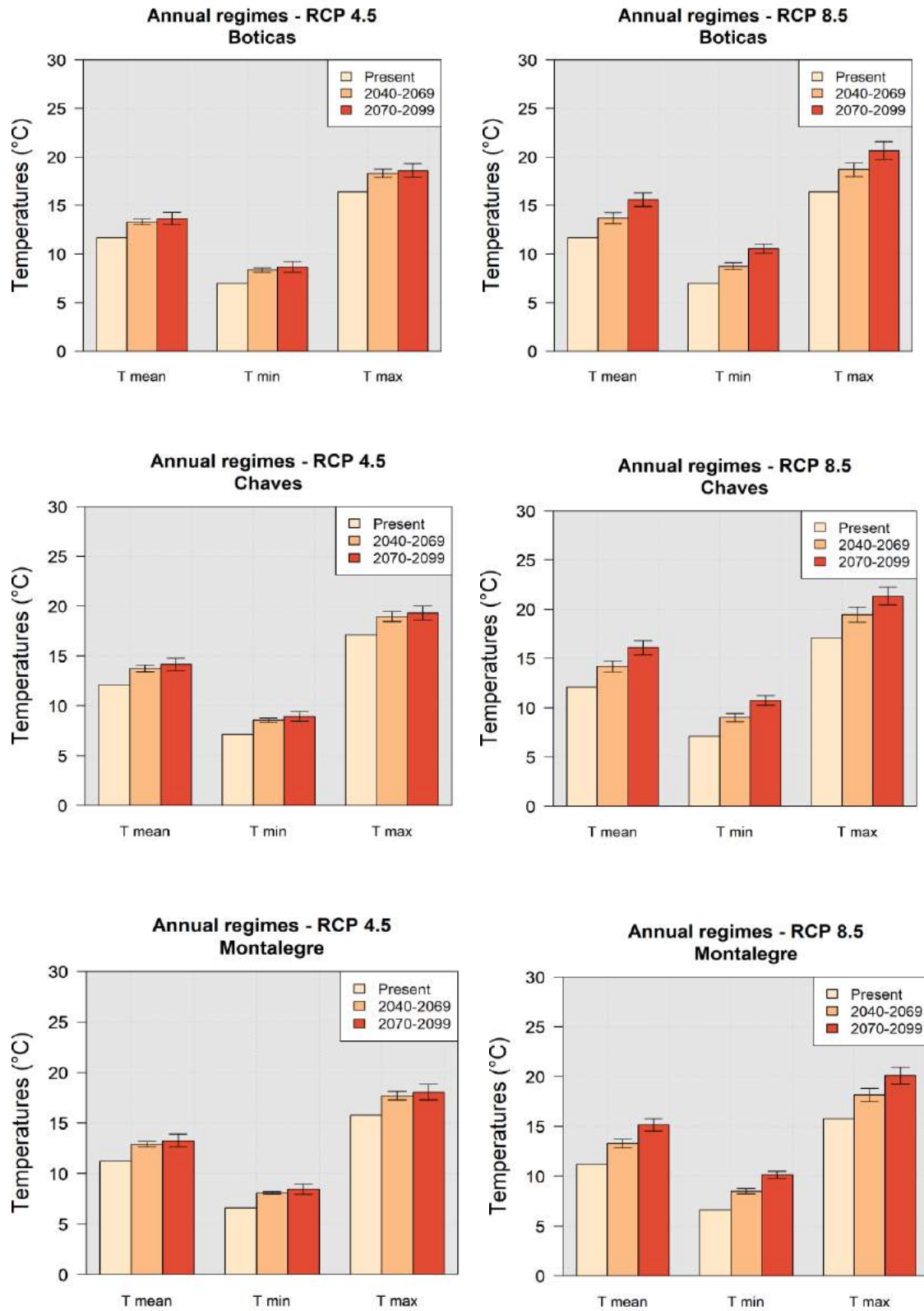


Figura 28- Regimes médios anuais para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, para o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

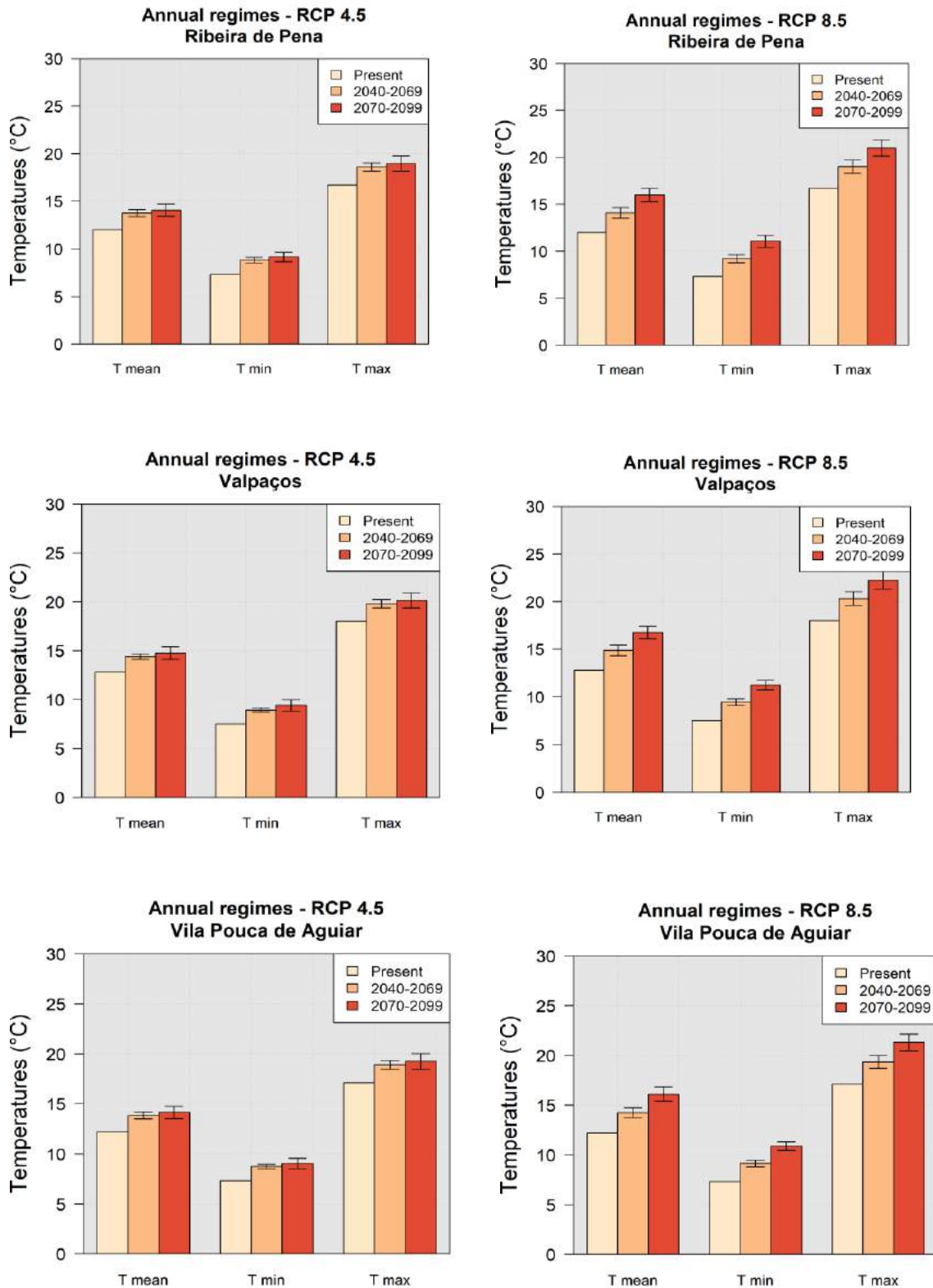


Figura 29- Regimes médios anuais para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, para o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

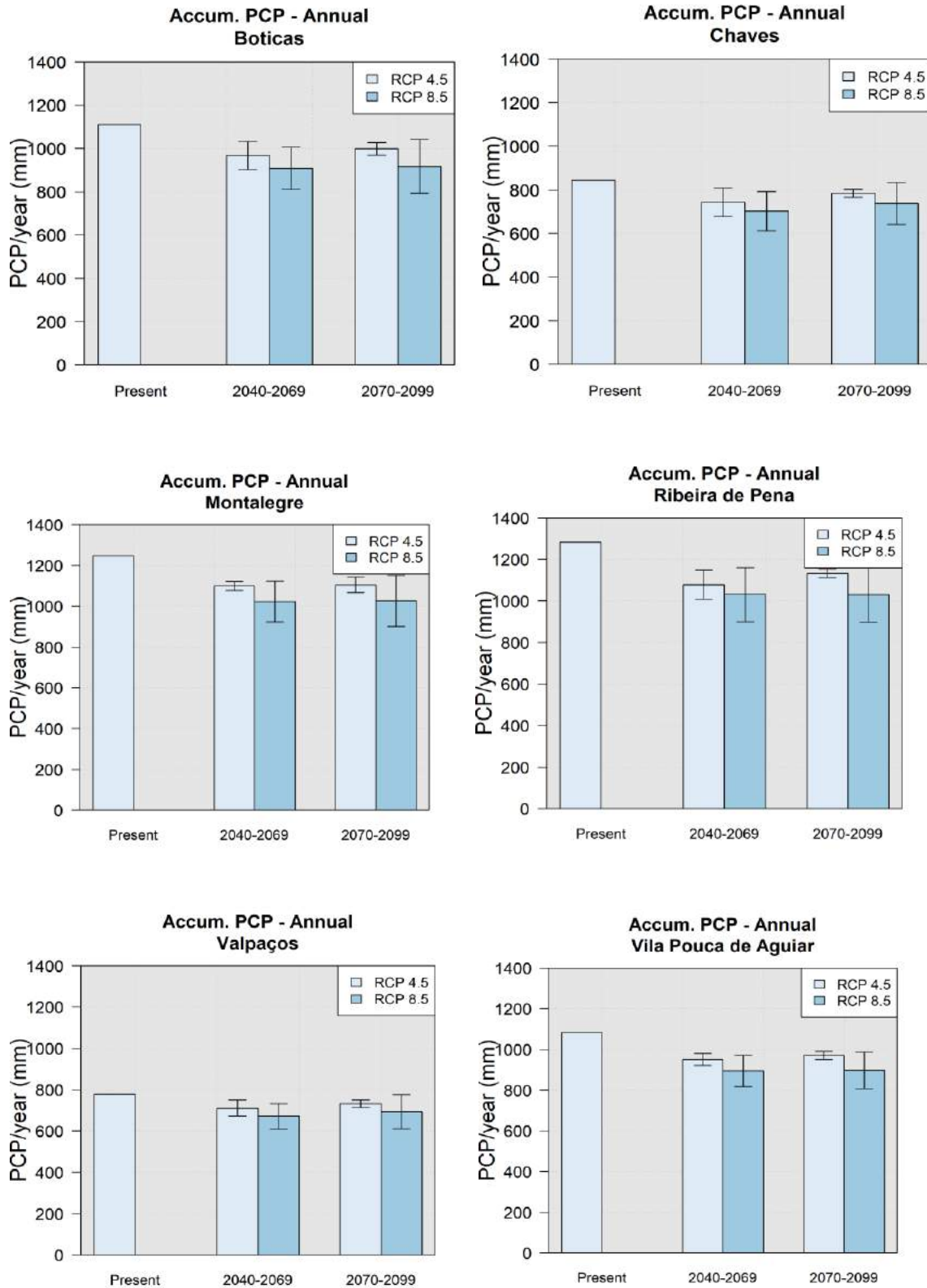


Figura 30- Regimes médios anuais para a precipitação média, para o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

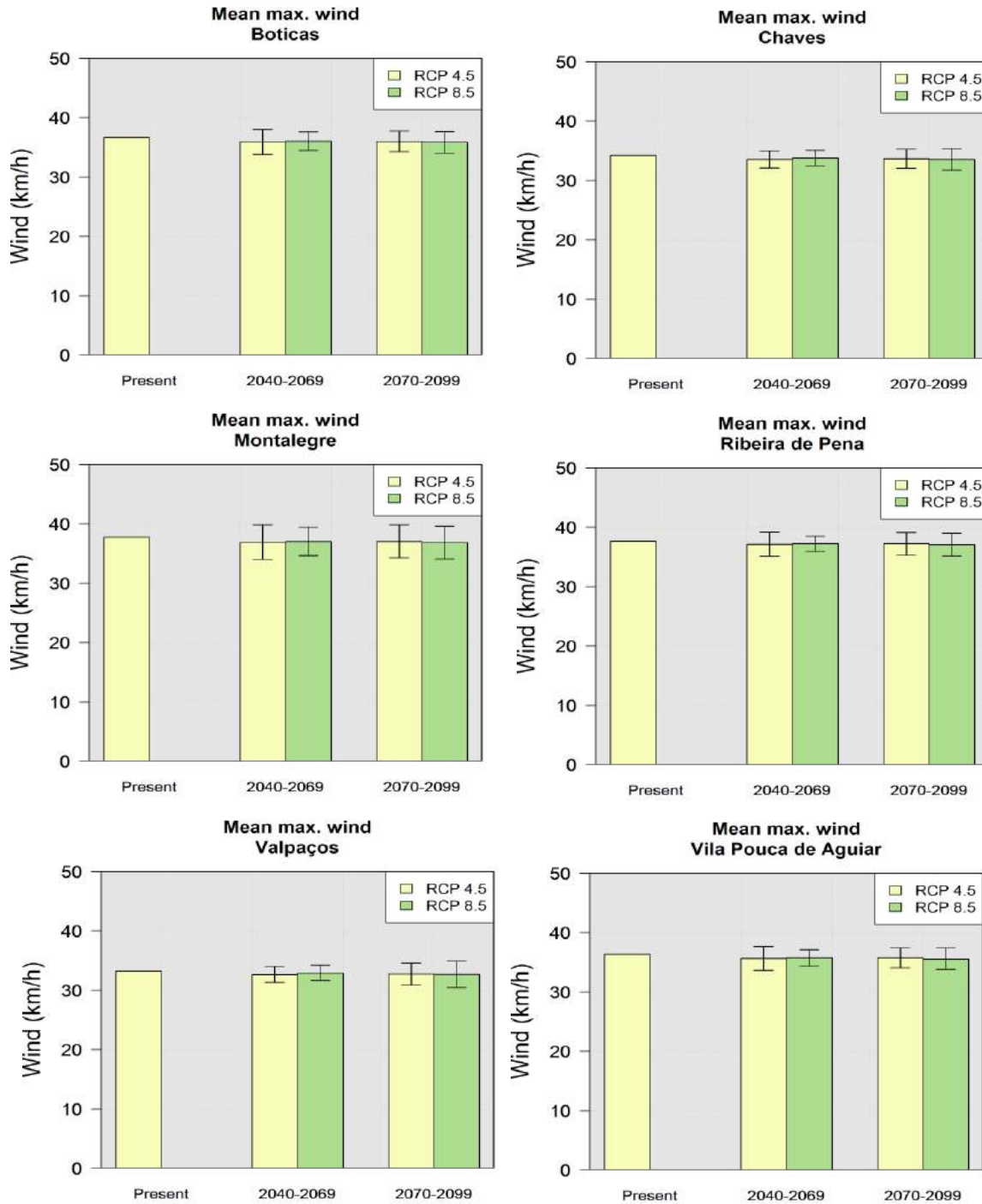


Figura 31- Regimes médios anuais para o vento médio máximo, para o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

**Tabela 11-** Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas.

Boticas	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	11,7	13,3 (+1,6)	13,7 (+2,0)	13,6 (+1,9)	15,6 (+3,9)
Temperatura média (°C)	6,9	8,35 (+1,45)	8,75 (+1,85)	8,7 (+1,80)	10,55 (+3,65)
Temperatura média (°C)	16,4	18,3 (+1,9)	18,7 (+2,3)	18,6 (+2,2)	20,65 (+4,25)
Precipitação média (mm)	1101,74	967,28 (-12%)	907,64 (-17,62%)	998,35 (-9,38%)	916,74 (-16,79%)
Vento máximo (km/h)	36,60	35,90 (-0,7)	36,02 (-0,58)	35,96 (-0,64)	35,81 (-0,79)

**Tabela 12-** Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves.

Chaves	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12,1	13,75 (+1,65)	14,2 (+2,1)	14,15 (+2,05)	16,1 (+4)
Temperatura média (°C)	7,1	8,55 (+1,45)	9 (+1,9)	8,95 (+1,85)	10,75 (+3,65)
Temperatura média (°C)	17,1	18,95 (+1,85)	19,45 (+2,35)	19,3 (+2,2)	21,35 (+4,25)
Precipitação média (mm)	833,71	743,42 (-10,83%)	702,06 (-15,80%)	784,17 (-5,94%)	737,67 (-11,52%)
Vento máximo (km/h)	34,17	33,52 (-0,65)	33,72 (-0,45)	33,63 (-0,54)	33,53 (-0,64)

**Tabela 13-** Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre.

Montalegre	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	11,2	12,9 (+1,7)	13,3 (+2,1)	13,25 (+2,05)	15,15 (+3,95)
Temperatura média (°C)	6,6	8,1 (+1,5)	8,5 (+1,9)	8,45 (+1,85)	10,15 (+3,55)
Temperatura média (°C)	15,8	17,7 (+1,9)	18,15 (+2,35)	18,05 (+2,25)	20,1 (+4,3)
Precipitação média (mm)	1238,20	1099,35 (-11,21%)	1023,01 (-17,38%)	1104,70 (-10,78%)	1026,43 (-17,10%)
Vento máximo (km/h)	37,71	36,86 (-0,85)	37,01 (-0,7)	36,99 (-0,72)	36,80 (-0,91)

**Tabela 14-** Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena

Ribeira de Pena	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12,7	13,75 (+1,05)	14,1 (+1,4)	14,05 (+1,35)	16,11 (+3,41)
Temperatura média (°C)	7,3	8,8 (+1,5)	9,2 (+1,9)	9,15 (+1,85)	11,05 (+3,75)
Temperatura média (°C)	16,7	18,6 (+1,9)	19 (+2,3)	18,95 (+2,25)	21 (+4,3)
Precipitação média (mm)	1273,21	1078,05 (-15,33%)	1030,28 (-19,08%)	1131,52 (-11,13%)	1029,50 (-19,14%)
Vento máximo (km/h)	37,64	37,11 (-0,53)	37,20 (-0,44)	37,20 (-0,44)	37,07 (-0,57)

**Tabela 15-** Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços

Valpaços	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12,7	14,4 (+1,7)	14,9 (+2,2)	14,75 (+2,05)	16,75 (+4,05)
Temperatura média (°C)	7,7	8,95 (+1,25)	9,45 (+1,75)	9,4 (+1,70)	11,25 (+3,55)
Temperatura média (°C)	18	19,8 (+1,8)	20,3 (+2,3)	20,15 (+2,15)	22,25 (+4,25)
Precipitação média (mm)	770,10	710,20 (-7,78%)	670,96 (-12,87%)	732,09 (-4,94%)	693,33 (-9,97%)
Vento máximo (km/h)	33,19	32,62 (-0,57)	32,89 (-0,3)	32,69 (-0,5)	32,65 (-0,54)

**Tabela 16-** Regimes médios anuais projetados e variações para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar

Vila Pouca de Aguiar	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12,1	13,85 (+1,75)	14,25 (+2,15)	14,15 (+2,05)	16,1 (+4)
Temperatura média (°C)	7,3	8,75 (+1,45)	9,15 (+1,85)	9,05 (+1,75)	10,9 (+3,6)
Temperatura média (°C)	17	18,9 (+1,9)	19,35 (+2,35)	19,25 (+2,25)	21,3 (+4,3)
Precipitação média (mm)	1074,28	950,69 (-11,50%)	894,30 (-16,75%)	970,30 (-9,68%)	896,66 (-16,53%)
Vento máximo (km/h)	36,27	35,63 (-0,64)	35,70 (-0,57)	35,73 (-0,54)	35,54 (-0,73)

Em relação à temperatura média, é expectável um aumento geral de +1,90°C nos seis municípios no futuro a longo prazo, sob as condições do cenário RCP 4.5, e um aumento até +3,90°C no cenário RCP 8.5. Este aumento será mais pronunciado nos municípios localizados a Este e mais interiores ( Chaves, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar)



No que se refere às temperaturas mínimas, o aumento será ligeiramente inferior relativamente à temperatura média, sendo de +1,80°C no cenário RCP 4.5 e de +3,63°C no cenário RCP 8.5. O aumento mais significativo nas temperaturas será registado nas temperaturas máximas, ascendendo a +2,22°C no cenário RCP 4.5 e a +4,28°C no cenário RCP 8.5. O desvio padrão entre os dois modelos é pequeno, o que significa que o resultado obtido para cada um é consistente.

Para a variável precipitação acumulada, observa-se uma diminuição no futuro a longo prazo de -8,64% no cenário RCP 4.5 e de -15,17% no cenário RCP 8.5. O declínio da precipitação será ligeiramente superior no horizonte temporal de 2040-2069. O desvio padrão entre os dois modelos é ligeiramente superior no caso do cenário RCP 8.5, existindo, contudo, consistência na redução da precipitação em relação ao clima atual.

No que se refere ao vento médio máximo, constata-se uma pequena alteração, traduzível num decréscimo inferior a 1km/h. o desvio padrão entre os modelos é elevado, o que não permite apurar conclusões substanciais.

### **3.3.2.3 Regimes sazonais**

As figuras que se seguem evidenciam as variáveis temperatura máxima, média e mínima, precipitação acumulada e vento médio máximo para cada município. Cada figura inclui os valores para o período histórico (1989-2018), o futuro a médio prazo (2040-2069) e o futuro a longo prazo (2070-2099) para os dois cenários (RCP 4.5 e RCP 8.5). Para além disso, as barras de erro mostram as incertezas associadas à técnica multimodelar. As incertezas foram calculadas como o desvio padrão. Deve notar-se que este desvio é maior nos resultados relativos às estações, comparativamente com os resultados anuais. Deste modo, os resultados podem não ser conclusivos.

No final de cada secção, incluem-se tabelas com os valores das variáveis para cada município, assim como uma descrição com as principais conclusões que se podem inferir acerca do comportamento futuro das variáveis temperatura, precipitação e velocidade do vento.



### 3.3.2.3.1 Inverno (dezembro a fevereiro)

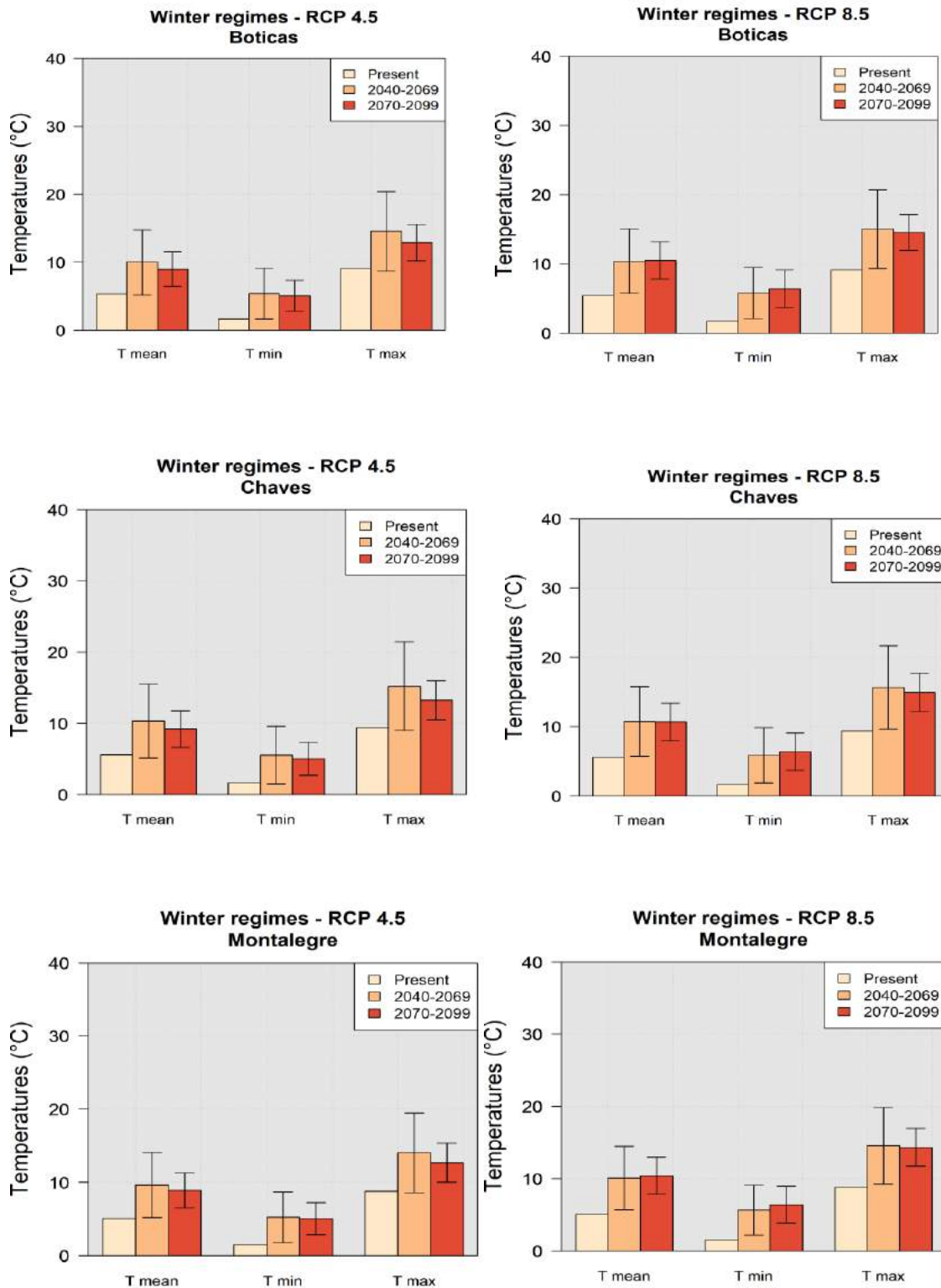


Figura 32- Regimes médios de inverno para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

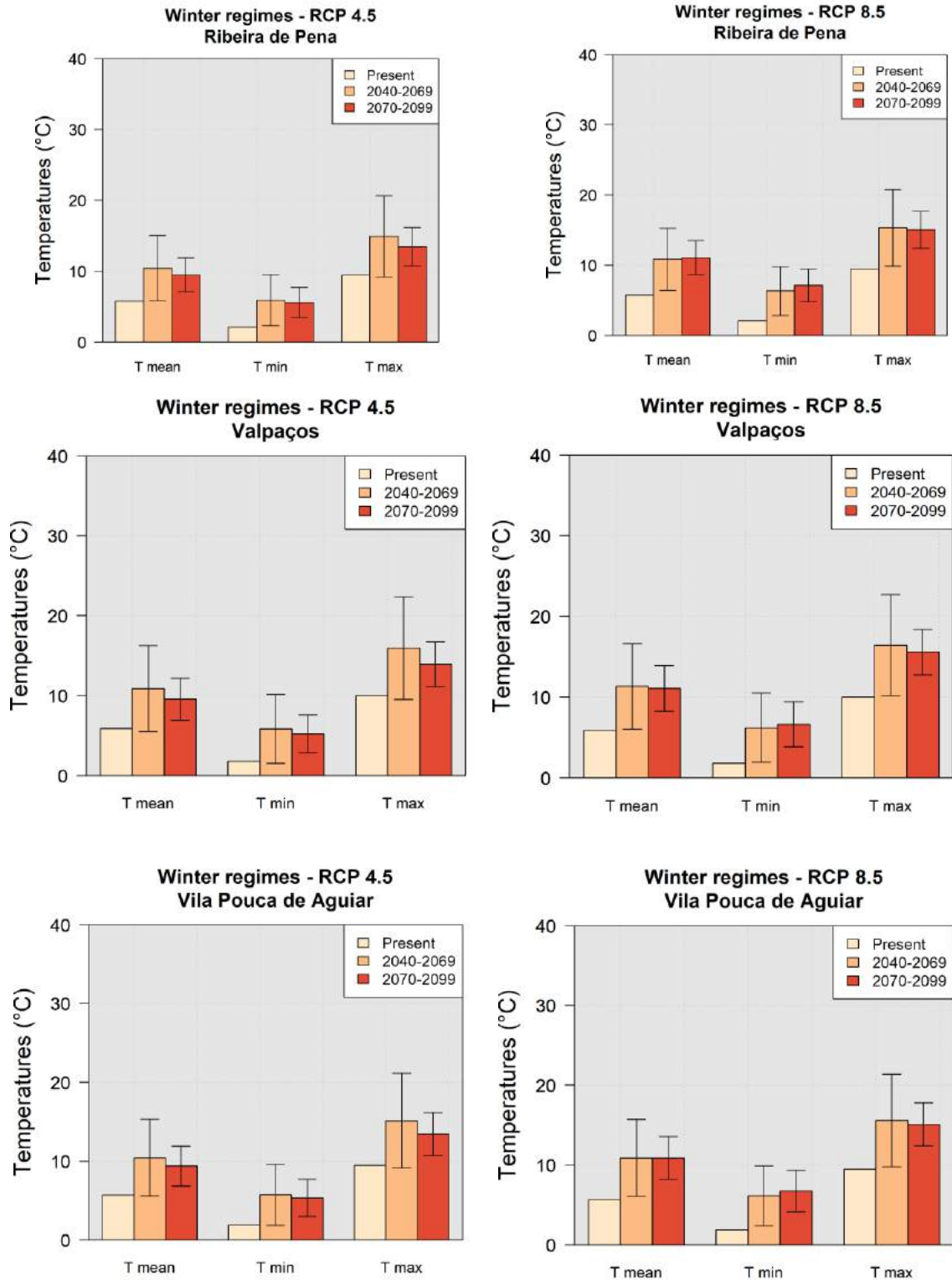


Figura 33- Regimes médios de inverno para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

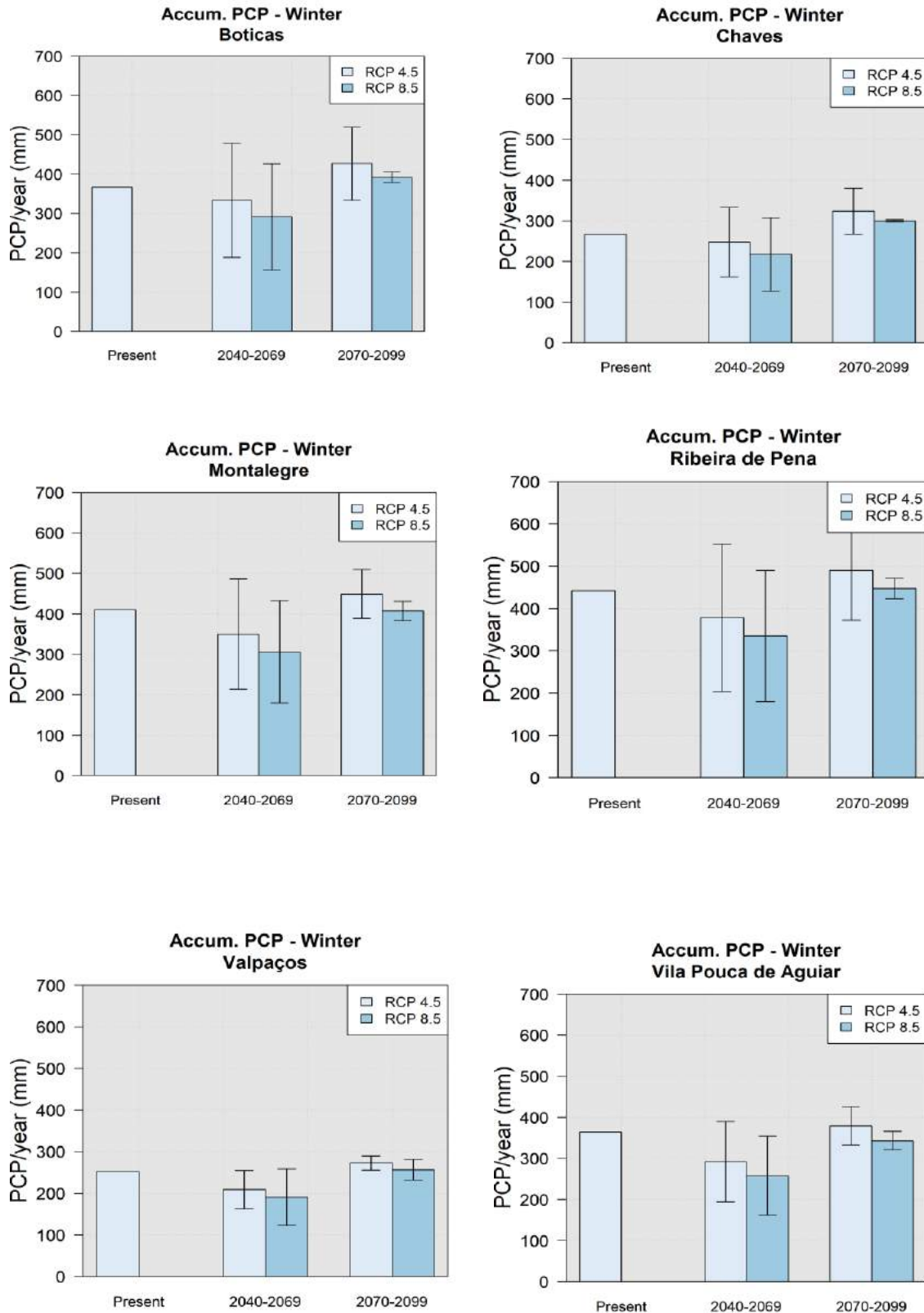


Figura 34- Regimes médios de inverno para a precipitação, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

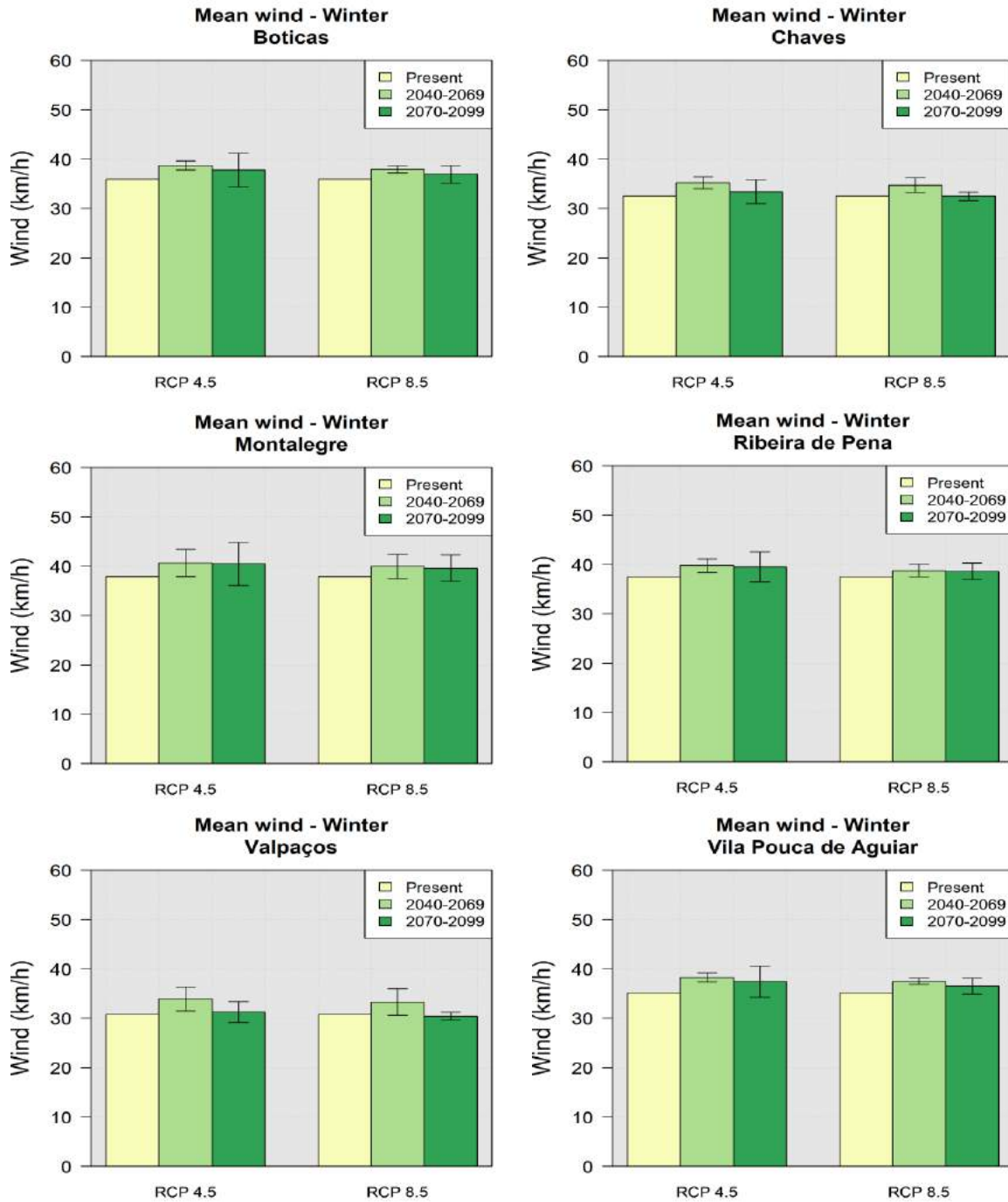


Figura 35- Regimes médios de inverno para o vento médio máximo, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

**Tabela 17-** Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas

Boticas	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	5,3	10 (+4,7)	10,4 (+5,1)	9 (+3,7)	10,5 (+5,2)
Temperatura média (°C)	1,7	5,45 (+3,75)	5,8 (+4,1)	5,1 (+3,4)	6,4 (+4,7)
Temperatura média (°C)	9,1	14,55 (+5,45)	15 (+5,9)	12,9 (+3,8)	14,55 (+5,45)
Precipitação média (mm)	364,33	333,15 (-8,56%)	290,95 (-20,14%)	426,23 (+17%)	392,07 (+7,61%)
Vento máximo (km/h)	35,9	38,75 (+2,85)	37,95 (+2,05)	37,8 (+1,9)	36,95 (+1,05)

**Tabela 18-** Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves

Chaves	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	5,5	10,35 (+4,85)	10,75 (+5,25)	9,2 (+3,7)	10,7 (+5,2)
Temperatura média (°C)	1,6	5,55 (+3,95)	5,9 (+4,3)	5,05 (+3,45)	6,4 (+4,8)
Temperatura média (°C)	9,4	15,2 (+5,8)	15,65 (+6,25)	13,2 (+3,8)	14,95 (+5,55)
Precipitação média (mm)	265,72	247,79 (-6,75%)	217,66 (-18,09%)	323,56 (+21,77%)	300,22 (+12,98%)
Vento máximo (km/h)	32,5	35,25 (+2,75)	34,75 (+2,25)	33,4 (+0,9)	32,5 (0)

**Tabela 19-** Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre

Montalegre	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	5,1	9,65 (+4,55)	10,1 (+5)	8,9 (+3,8)	10,4 (+5,3)
Temperatura média (°C)	1,5	5,25 (+3,75)	5,65 (+4,15)	5,05 (+3,55)	6,4 (+4,9)
Temperatura média (°C)	8,7	14,05 (+5,35)	14,55 (+5,85)	12,7 (+4)	14,35 (+5,65)
Precipitação média (mm)	407,55	349,78 (-14,17%)	305,89 (-24,94%)	448,60 (+10,07%)	406,93 (-0,15%)
Vento máximo (km/h)	37,9	40,65 (+2,75)	39,95 (+2,05)	40,5 (+2,6)	39,6 (+1,7)

**Tabela 20-** Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena

Ribeira de Pena	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	5,7	10,45 (+4,75)	10,85 (+5,15)	9,5 (+3,8)	11,1 (+5,4)
Temperatura média (°C)	2	5,95 (+3,95)	6,35 (+4,35)	5,6 (+3,6)	7,15 (+5,15)
Temperatura média (°C)	9,4	14,95 (+5,55)	15,35 (+5,95)	13,45 (+4,05)	15,05 (+5,65)
Precipitação média (mm)	439,38	377,83 (-14,01%)	334,64 (-23,84%)	489,20 (+11,34%)	447,17 (+1,77%)
Vento máximo (km/h)	37,5	39,75 (+2,25)	38,8 (+1,3)	39,55 (+2,05)	38,6 (+1,1)

**Tabela 21-** Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços

Valpaços	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	5,9	10,9 (+5)	11,35 (+5,45)	9,55 (+3,65)	11,1 (+5,2)
Temperatura média (°C)	1,7	5,85 (+4,15)	6,25 (+4,55)	5,2 (+3,5)	6,65 (+4,95)
Temperatura média (°C)	10	15,95 (+5,95)	16,45 (+6,45)	13,9 (+3,9)	15,6 (+5,6)
Precipitação média (mm)	250,37	208,80 (-16,60%)	190,23 (-24,02%)	272,51 (+8,84%)	256,24 (+2,34%)
Vento máximo (km/h)	30,8	33,9 (+3,1)	33,3 (+2,5)	31,3 (+0,5)	30,45 (-0,35)

**Tabela 22-** Regimes médios de inverno e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar

Vila Pouca de Aguiar	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	5,7	10,45 (+4,75)	10,9 (+5,2)	9,4 (+3,7)	10,9 (+5,2)
Temperatura média (°C)	1,9	5,75 (+3,85)	6,15 (+4,25)	5,35 (+3,45)	6,75 (+4,85)
Temperatura média (°C)	9,4	15,15 (+5,75)	15,6 (+6,2)	13,45 (+4,05)	15,1 (+5,7)
Precipitação média (mm)	361,89	291,48 (-19,46%)	257,75 (-28,78%)	378,94 (+4,71%)	342,74 (-5,29%)
Vento máximo (km/h)	35,2	38,25 (+3,05)	37,45 (+2,25)	37,45 (+2,25)	36,55 (+1,35)

Em relação à temperatura média, a estação do inverno apresenta um aumento médio da temperatura de +3,7°C no cenário RCP 4.5 e de +5,25°C no cenário RCP 8.5 no futuro a longo prazo. Este aumento da temperatura é ligeiramente inferior para as temperaturas mínimas e ligeiramente superior para as temperaturas máximas. No futuro a médio prazo, a precipitação apresenta um decréscimo e, num sentido contrário, um aumento a longo prazo, comparativamente com o clima atual. Não se verificam alterações assinaláveis no vento.



### 3.3.2.3.2 Primavera (março a maio)

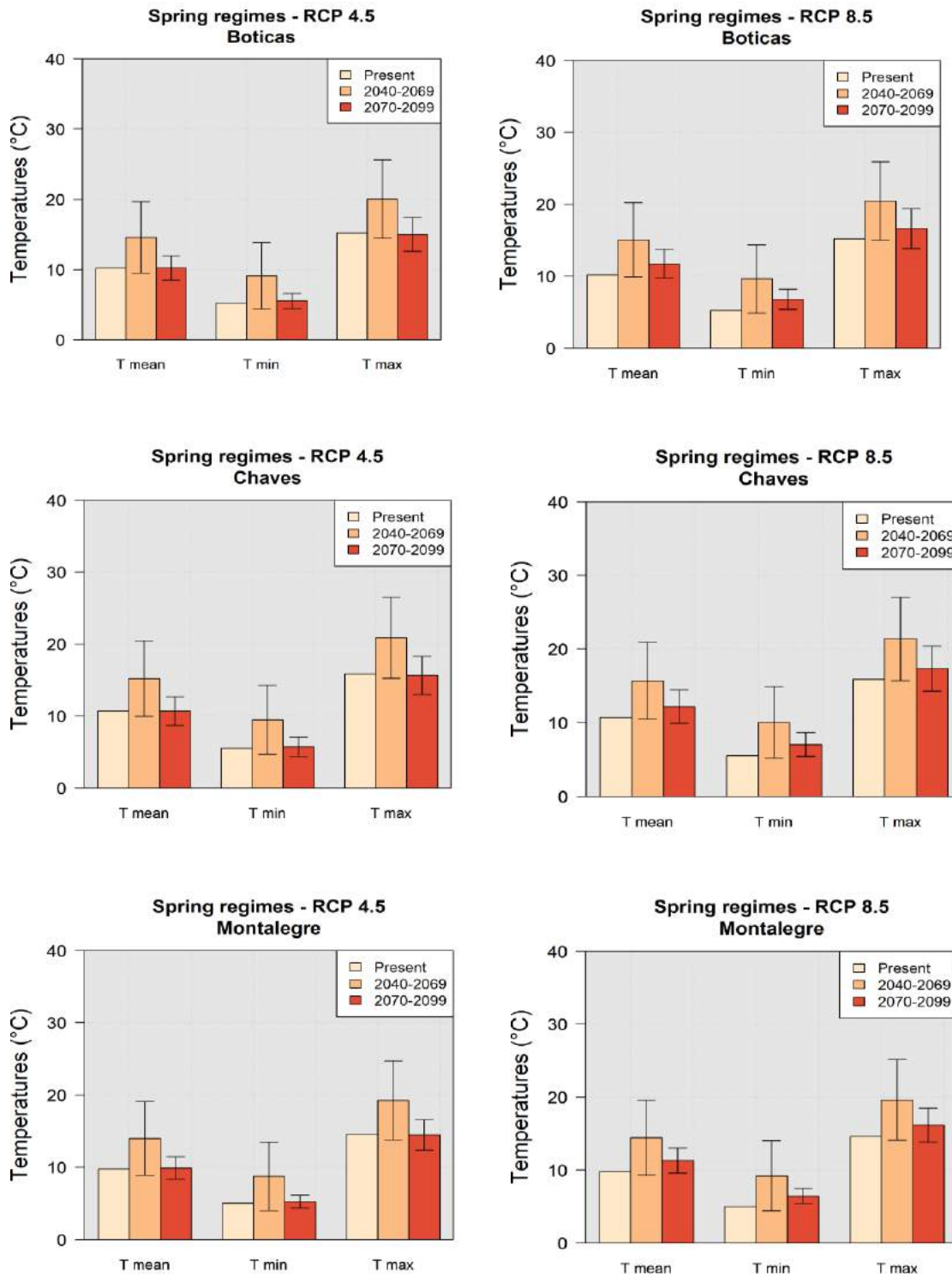


Figura 36- Regimes médios de primavera para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

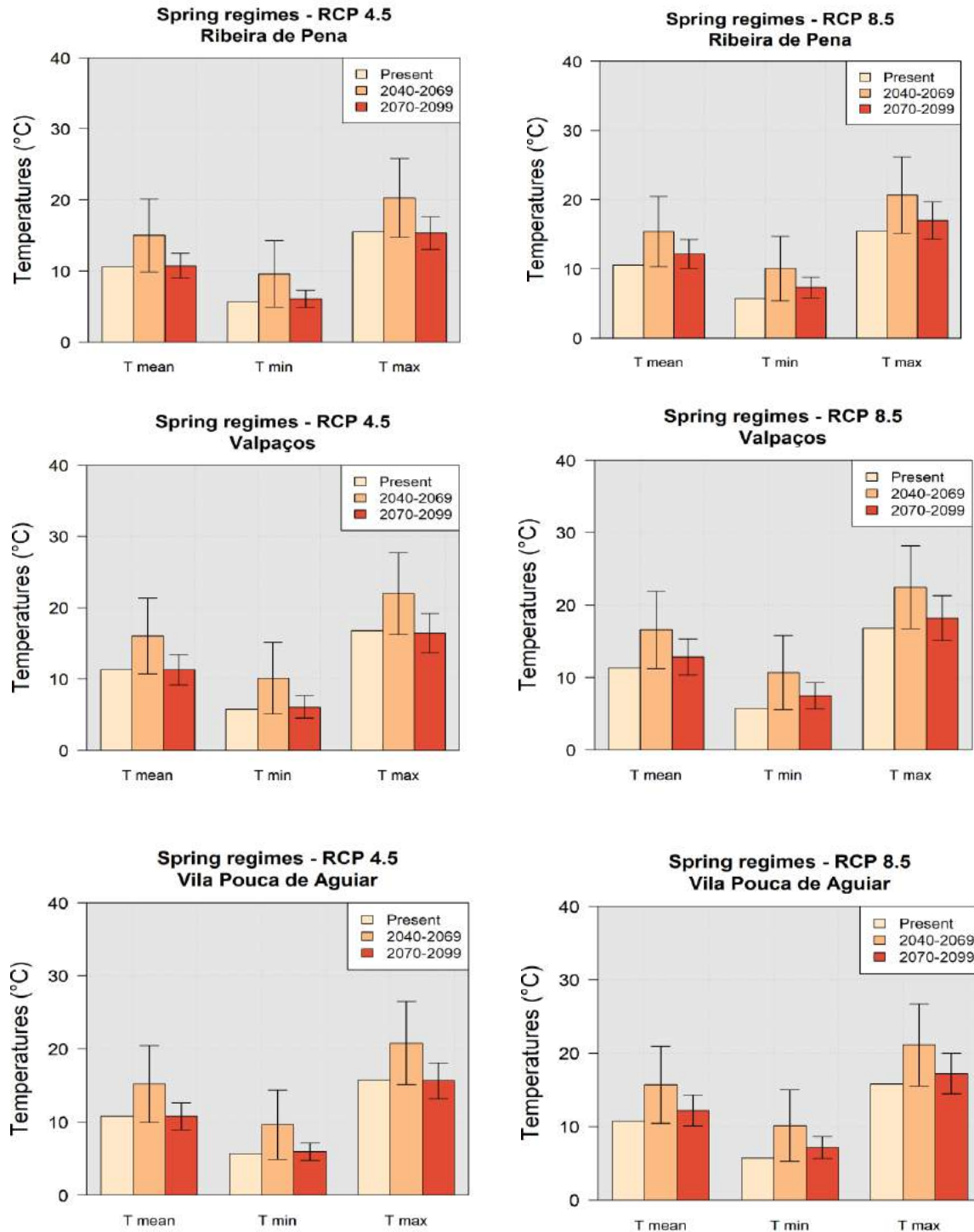


Figura 37- Regimes médios de primavera para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

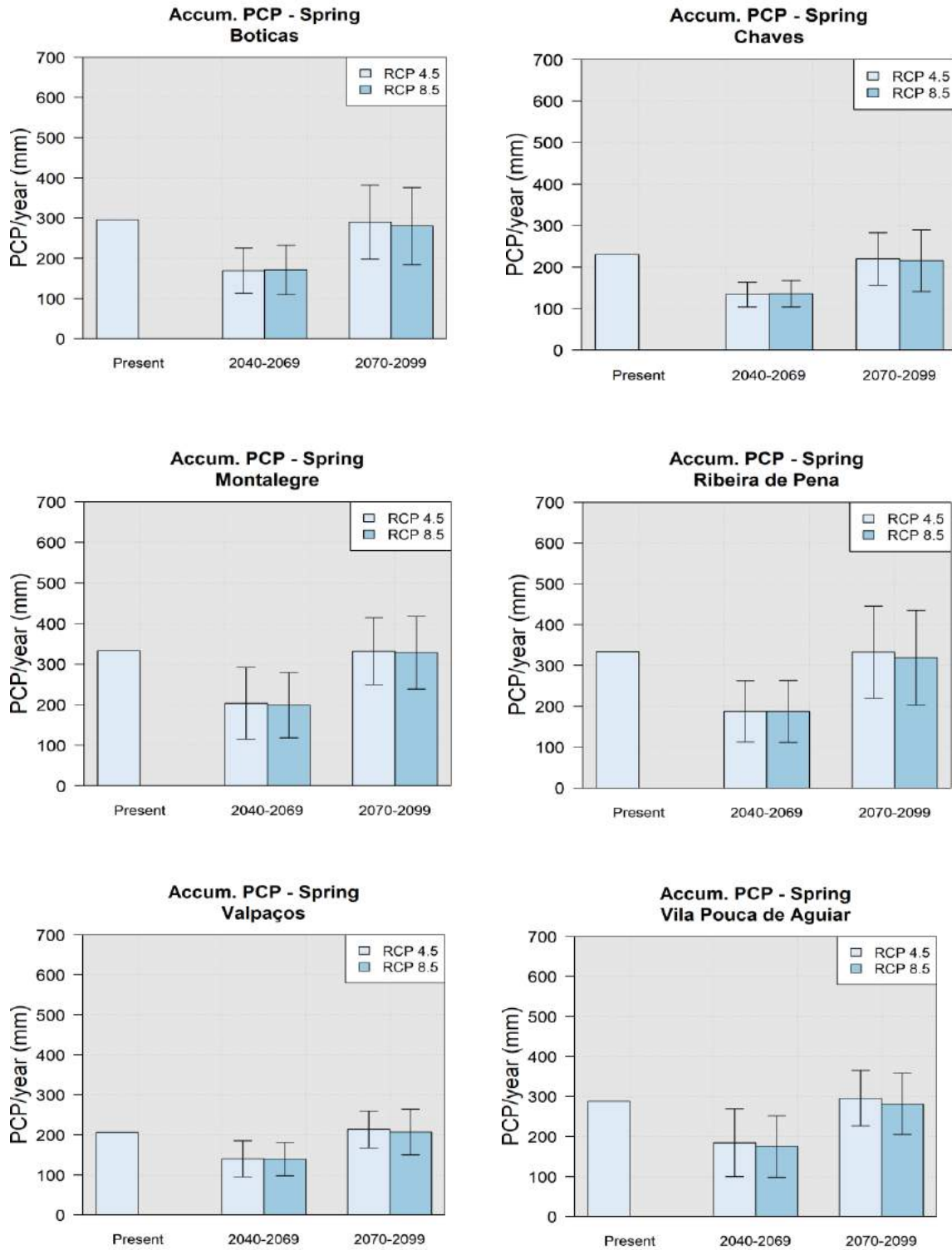


Figura 38- Regimes médios de primavera para a precipitação, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

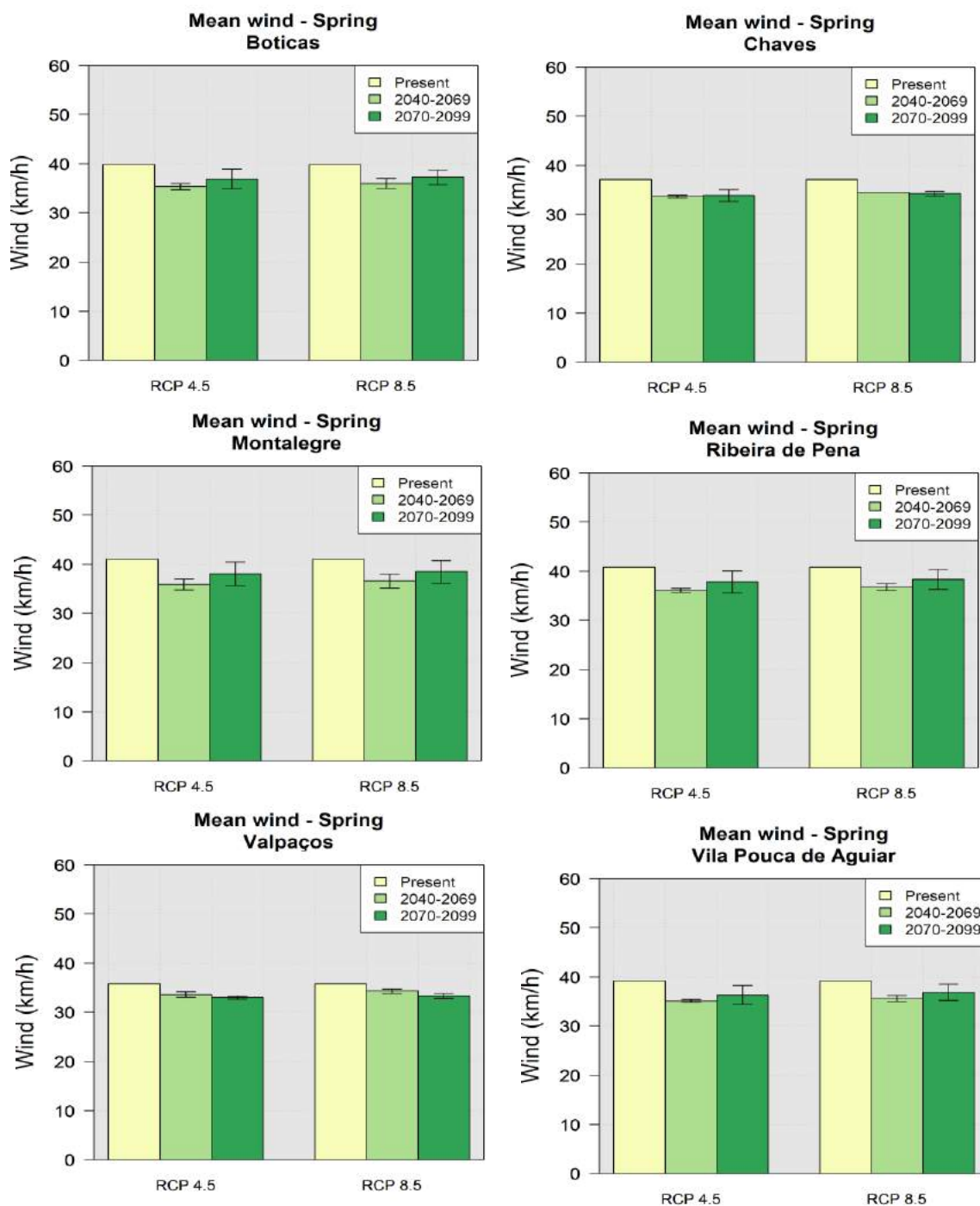


Figura 39- Regimes médios de primavera para o vento médio máximo, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

**Tabela 23-** Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas

Boticas	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	10,3	14,6 (+4,3)	15,05 (+4,75)	10,25 (-0,05)	11,75 (+1,45)
Temperatura média (°C)	5,3	9,15 (+3,5)	9,65 (+4,35)	5,55 (+3,25)	6,8 (+1,5)
Temperatura média (°C)	15,2	20,05 (+4,85)	20,45 (+5,25)	15 (-0,2)	16,65 (+1,45)
Precipitação média (mm)	289,15	169,65 (-41,33%)	171,41 (-40,72%)	290,14 (+0,34%)	280,22 (-3,09%)
Vento máximo (km/h)	39,8	35,35 (-4,45)	35,36 (-4,44)	36,9 (-2,9)	37,5 (-2,3)

**Tabela 24-** Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves

Chaves	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	10,7	15,2 (+4,5)	15,7 (+5)	10,7 (0)	12,2 (+1,5)
Temperatura média (°C)	5,5	9,5 (+4)	10,05 (+4,55)	5,75 (+0,25)	7,05 (+1,55)
Temperatura média (°C)	15,9	20,9 (+5)	21,4 (+5,5)	16,65 (+0,75)	17,35 (+1,45)
Precipitação média (mm)	224,10	133,81 (-40,29%)	135,72 (-39,44%)	219,87 (-1,89%)	215,15 (-3,99%)
Vento máximo (km/h)	37,1	33,7 (-3,4)	34,5 (-2,6)	33,95 (-3,15)	34,25 (-2,85)

**Tabela 25-** Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre

Montalegre	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	9,8	14,8 (+5)	14,45 (+4,65)	9,9 (+0,1)	11,3 (+1,5)
Temperatura média (°C)	5	8,75 (+3,75)	9,2 (+4,2)	5,25 (+0,25)	6,45 (+1,45)
Temperatura média (°C)	14,6	19,25 (+4,65)	19,6 (+5)	14,5 (-0,1)	16,15 (+1,55)
Precipitação média (mm)	324,53	203,44 (-37,31%)	198,88 (-38,72%)	331,92 (+2,28%)	328,08 (+1,09%)
Vento máximo (km/h)	41,41	35,9 (-5,51)	36,6 (-4,81)	38,1 (-3,31)	38,5 (-2,91)

**Tabela 26-** Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena

Ribeira de Pena	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	10,6	15 (+4,4)	15,4 (+4,8)	10,75 (+0,15)	12,15 (+1,55)
Temperatura média (°C)	5,7	9,6 (+3,9)	10,1 (+4,4)	6,05 (+0,35)	7,35 (+1,65)
Temperatura média (°C)	15,6	20,3 (+4,7)	20,7 (+5,1)	15,35 (-0,25)	17 (+1,4)
Precipitação média (mm)	325,54	187,39 (-42,44%)	187,53 (-42,39%)	333,01 (+2,29%)	319,02 (-2,00%)
Vento máximo (km/h)	40,8	36,1 (-4,7)	36,75 (-4,05)	37,8 (-3)	38,35 (-2,45)

**Tabela 27-** Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços

Valpaços	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	11,3	16,05 (+4,75)	16,6 (+5,3)	11,3 (0)	12,85 (+1,55)
Temperatura média (°C)	5,8	10,15 (+4,35)	10,7 (+4,9)	6,1 (+0,3)	7,5 (+1,7)
Temperatura média (°C)	16,9	21,95 (+5,05)	22,45 (+5,55)	16,45 (-0,45)	18,2 (+1,3)
Precipitação média (mm)	201,23	140,54 (-30,16%)	140,15 (-30,35%)	214,29 (+6,49%)	207,15 (2,94%)
Vento máximo (km/h)	35,8	33,6 (-2,2)	34,3 (-1,5)	33 (-2,8)	33,35 (-2,45)

**Tabela 28-** Regimes médios de primavera e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar

Vila Pouca de Aguiar	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	10,8	15,2 (+4,4)	15,7 (+4,9)	10,8 (0)	12,2 (+1,4)
Temperatura média (°C)	5,7	9,65 (+3,95)	10,15 (+4,45)	5,95 (+0,25)	7,15 (+1,45)
Temperatura média (°C)	15,9	20,8 (+4,9)	21,15 (+5,25)	15,65 (-0,25)	17,25 (+1,35)
Precipitação média (mm)	280,73	184,58 (-34,25%)	175,20 (-37,59%)	295,67 (+5,32%)	281,69 (+0,34%)
Vento máximo (km/h)	39,2	35,1 (-4,1)	35,65 (-3,55)	35,35 (-3,85)	36,85 (-2,35)

Na estação da primavera, verifica-se um aumento geral nas temperaturas a médio prazo de +4°C. Contudo, no futuro a longo prazo, as temperaturas aumentam apenas +1,5°C (aproximadamente) no cenário RCP 8.5, comparativamente ao clima atual. A tendência será similar no cenário RCP 4.5, ainda que o aumento das temperaturas no futuro a longo prazo seja pequeno, quando comparado com o clima atual.



Quanto à precipitação, verifica-se uma redução de 35% no futuro a médio prazo a um ligeiro aumento (comparativamente ao clima atual) no futuro a longo prazo. A velocidade máxima do vento sofre uma descida pouco significativa nos dois períodos e nos dois cenários.

### 3.3.2.3.3 Verão (junho a agosto)

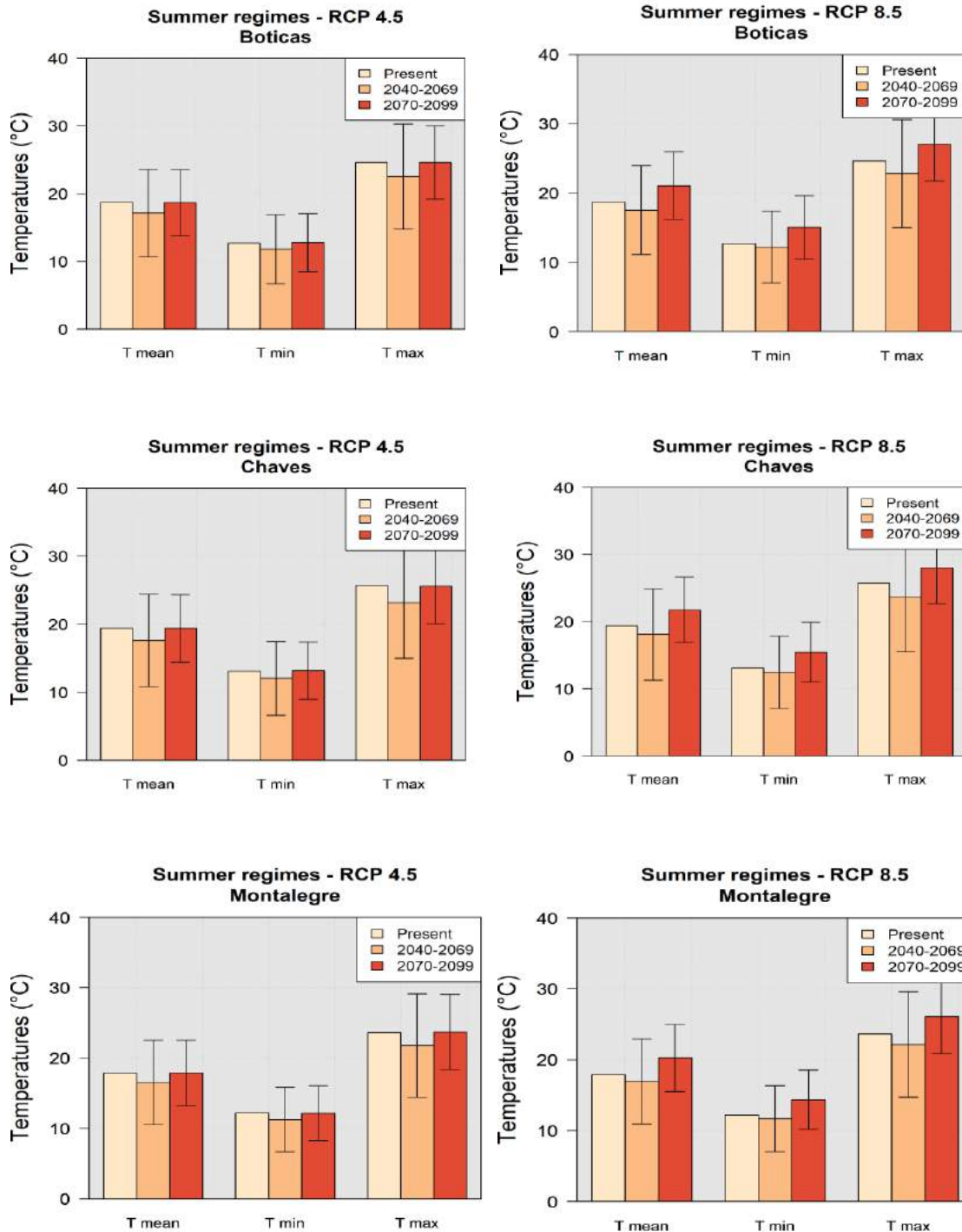


Figura 40- Regimes médios de verão para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099)

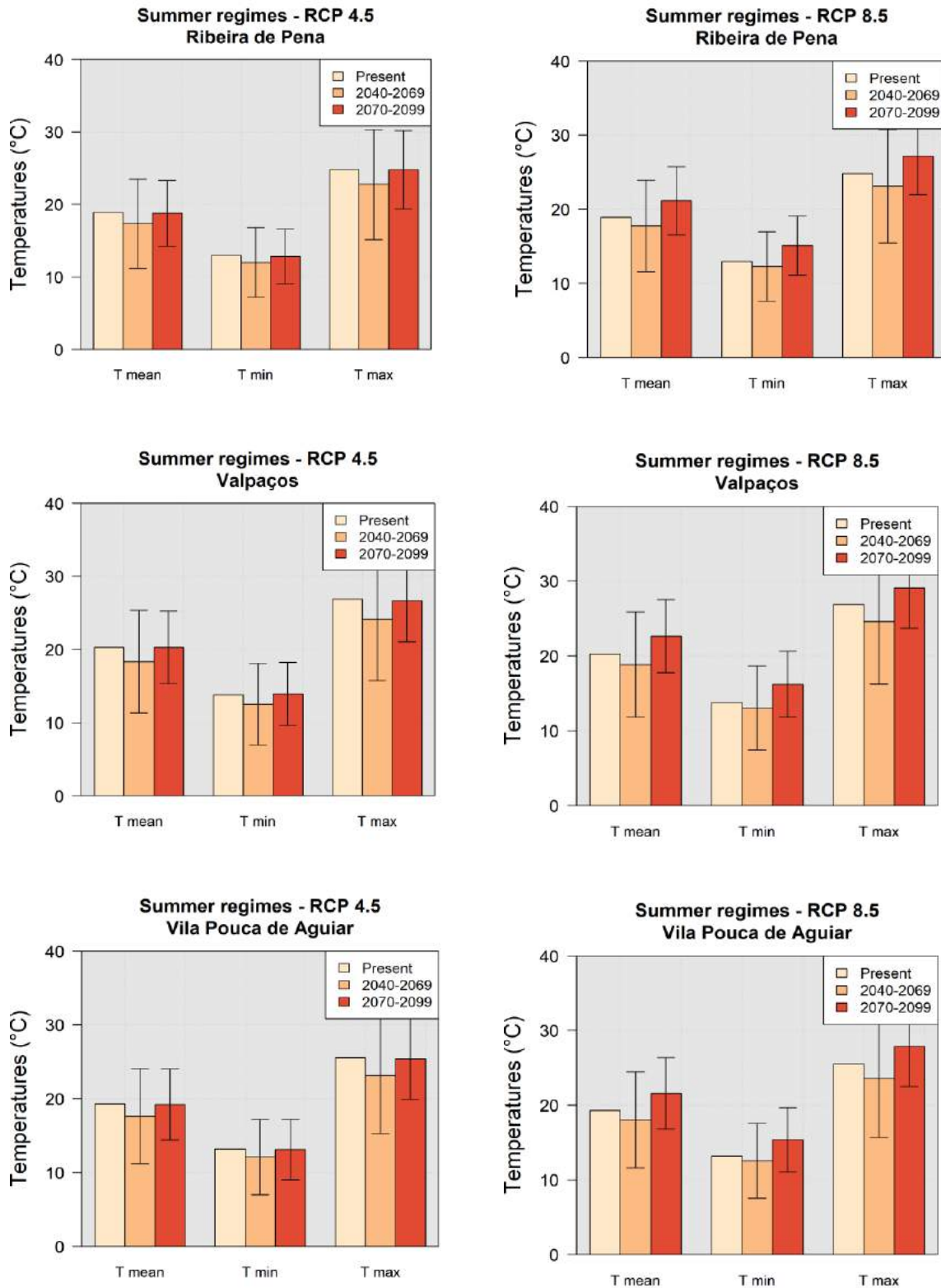


Figura 41- Regimes médios de verão para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

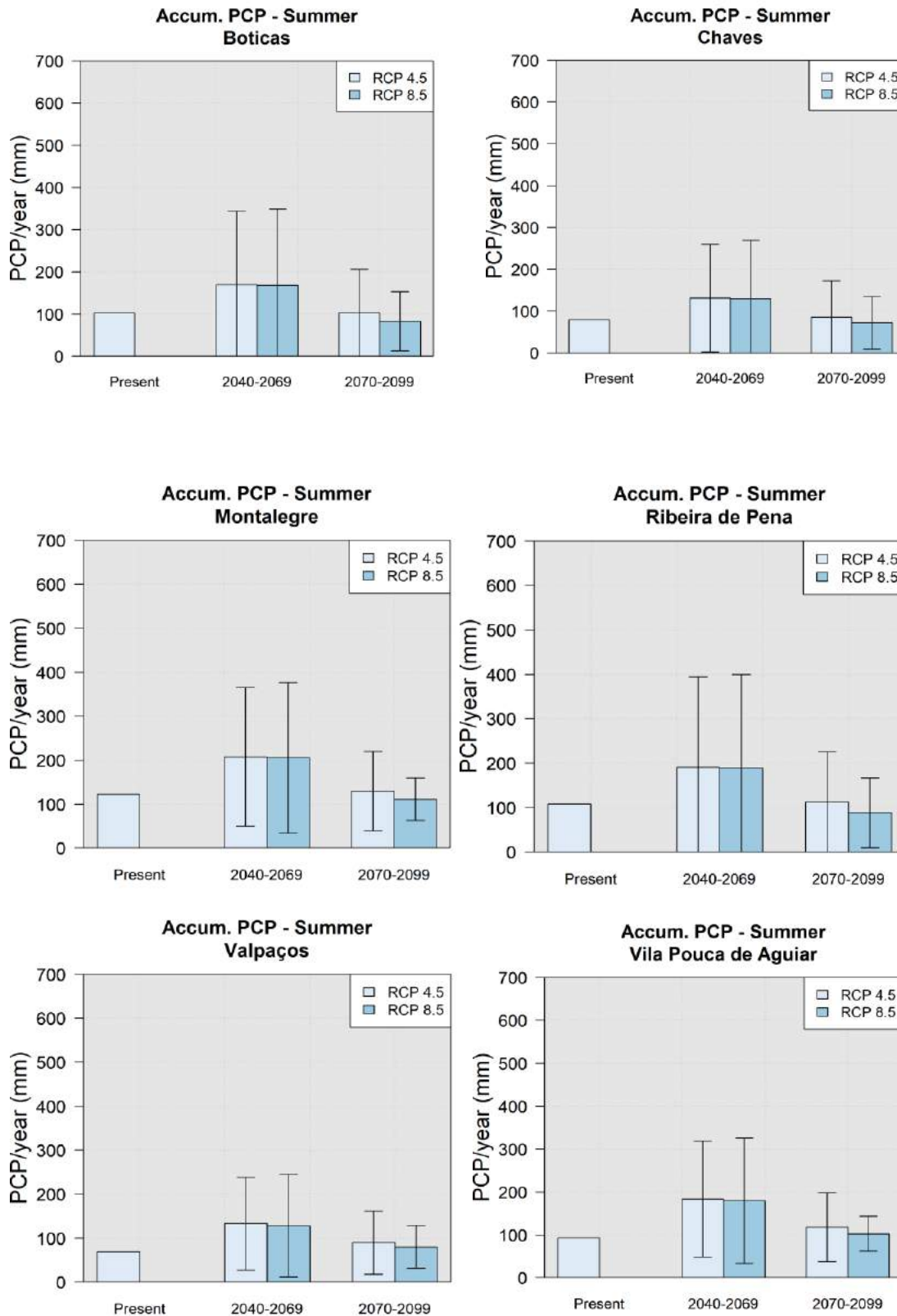


Figura 42- Regimes médios de verão para a precipitação, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

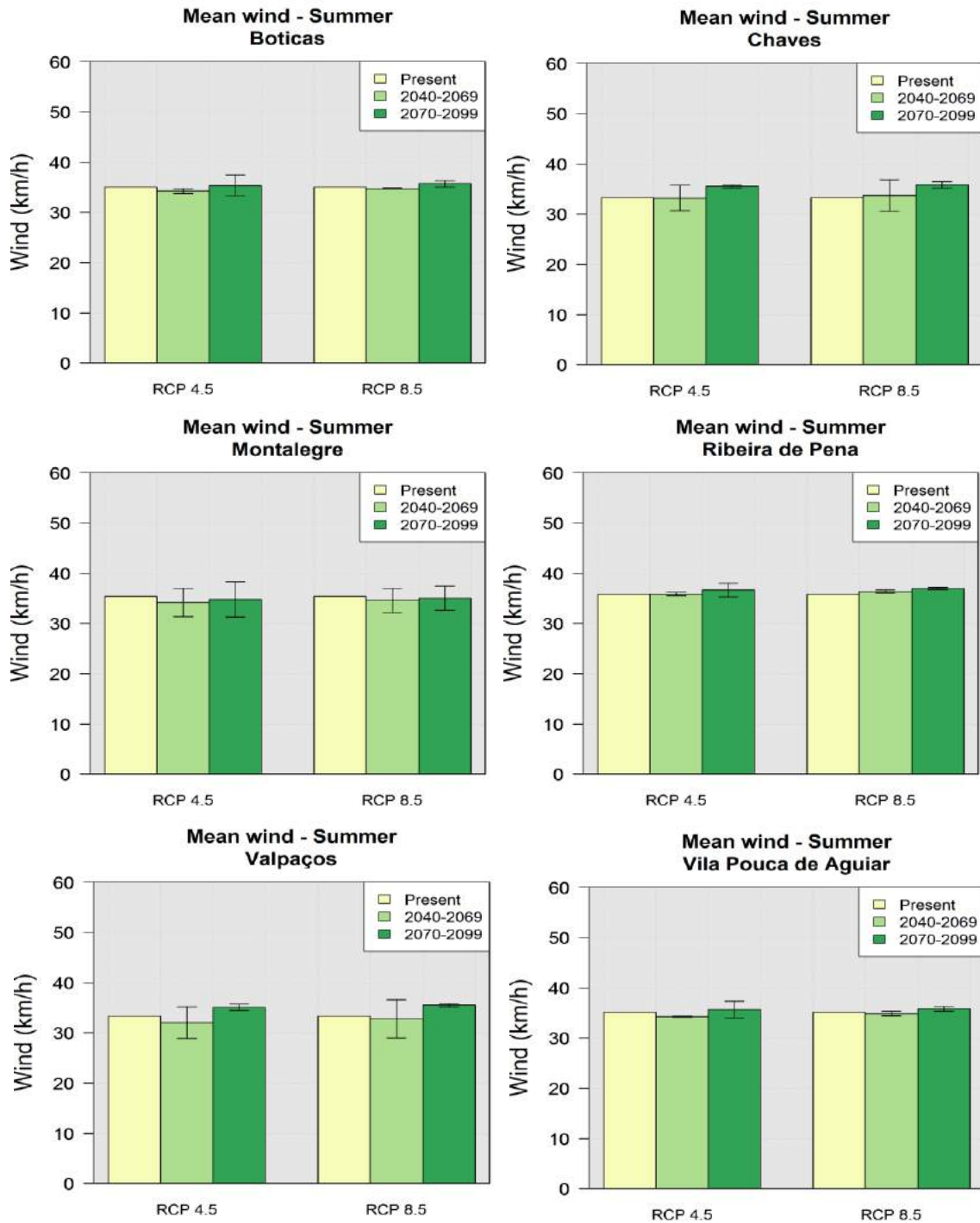


Figura 43- Regimes médios de verão para o vento médio máximo, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

**Tabela 29-** Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas

Boticas	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	18,6	17,15 (-1,45)	17,55 (-1,05)	18,65 (+0,05)	21,05 (+2,45)
Temperatura média (°C)	12,6	11,8 (-0,8)	12,25 (-0,35)	12,75 (+0,15)	15,05 (+2,45)
Temperatura média (°C)	24,6	22,5 (-2,1)	22,8 (-1,8)	24,6 (0)	27 (+2,4)
Precipitação média (mm)	99,30	169,38 (+70,57%)	168,13 (+69,32%)	103,43 (+4,16%)	83,15 (-16,26%)
Vento máximo (km/h)	35,35	34,25 (-1,1)	34,75 (-0,6)	35,35 (0)	35,7 (+0,35)

**Tabela 30-** Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves

Chaves	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	19,4	17,6 (-1,8)	18,1 (-1,3)	19,4 (0)	21,75 (+2,35)
Temperatura média (°C)	13	12,05 (-0,95)	12,5 (-0,5)	13,2 (+0,2)	15,45 (+2,45)
Temperatura média (°C)	25,7	23,2 (-2,5)	23,65 (-2,05)	25,6 (-0,1)	28,05 (+2,35)
Precipitação média (mm)	75,70	131,13 (+73,22%)	129,97 (+71,96%)	85,37 (+12,77%)	72,07 (-4,80%)
Vento máximo (km/h)	33,3	33,2 (-0,1)	33,7 (+0,4)	35,5 (+2,2)	35,85 (+2,55)

**Tabela 31-** Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre

Montalegre	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	17,9	16,55 (-1,35)	16,95 (-0,95)	17,9 (0)	20,25 (+2,35)
Temperatura média (°C)	12,1	11,25 (-0,85)	11,7 (-0,4)	12,15 (+0,05)	14,35 (+2,25)
Temperatura média (°C)	23,6	21,8 (-1,8)	22,15 (-1,45)	23,7 (+0,1)	26,1 (+2,5)
Precipitação média (mm)	119,24	207,40 (+73,93%)	205,15 (+72,05%)	129,90 (+8,94%)	111,17 (-6,77%)
Vento máximo (km/h)	35,4	34,2 (-1,2)	34,6 (-0,8)	34,8 (-0,6)	35 (-0,4)

**Tabela 32-** Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena

Ribeira de Pena	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	18,9	17,35 (-1,55)	17,75 (-1,15)	18,8 (-0,1)	21,15 (+2,25)
Temperatura média (°C)	13	12 (-1)	12,3 (-0,7)	12,85 (-0,15)	15,1 (+2,1)
Temperatura média (°C)	24,7	22,75 (-1,95)	23,1 (-1,6)	24,8 (+0,19)	27,2 (+2,5)
Precipitação média (mm)	106,26	190,80 (+79,56%)	189,09 (+77,95%)	112,50 (+5,87%)	88,24 (-16,96%)
Vento máximo (km/h)	35,8	35,85 (+0,05)	36,4 (+0,6)	36,65 (+0,85)	36,95 (+1,15)



**Tabela 33-** Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços

Valpaços	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	20,3	18,35 (-1,95)	18,85 (-1,45)	20,3 (0)	22,65 (+2,35)
Temperatura média (°C)	13,7	12,55 (-1,15)	13,05 (-0,65)	13,95 (+0,25)	16,2 (+2,5)
Temperatura média (°C)	26,9	24,15 (-2,75)	24,6 (-2,3)	26,65 (-0,25)	29,1 (+2,2)
Precipitação média (mm)	66,19	133,24 (+101,30%)	128,20 (+93,68%)	89,71 (+35,53%)	79,90 (+20,71%)
Vento máximo (km/h)	33,4	32,05 (-1,35)	32,8 (+0,6)	35,05 (+1,65)	35,5 (+2,1)

**Tabela 34-** Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar

Vila Pouca de Aguiar	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	19,3	17,65 (-1,65)	18,05 (-1,25)	19,2 (-0,1)	21,6 (+2,3)
Temperatura média (°C)	13,1	12,1 (-1)	12,55 (-0,55)	13,1 (0)	15,35 (+2,25)
Temperatura média (°C)	25,4	23,15 (-2,25)	23,55 (-1,85)	25,4 (0)	27,85 (+2,45)
Precipitação média (mm)	89,46	183,66 (+105,30%)	179,65 (+100,82%)	117,92 (+31,81%)	102,54 (+14,62%)
Vento máximo (km/h)	35,2	34,25 (-0,95)	34,85 (-0,35)	35,65 (+0,45)	35,85 (+0,65)

No verão, verifica-se uma diminuição das temperaturas no futuro a médio prazo de -0,53°C no cenário RCP 8.5 e de -0,96°C no cenário RCP 4.5. No entanto, no futuro a longo prazo, as temperaturas aumentam para valores similares ao do clima atual, de acordo com o cenário RCP 4.5, e de +2,3°C no cenário RCP 8.5.

A precipitação aumenta no futuro a médio prazo, mas o desvio padrão entre os dois modelos é muito elevado, o que impede a inferência de conclusões precisas. No futuro a

longo prazo, a precipitação é ligeiramente superior à que ocorre atualmente. Não se observam alterações no que se refere à velocidade média do vento máximo.

### 3.3.2.3.4 Outono (setembro a novembro)

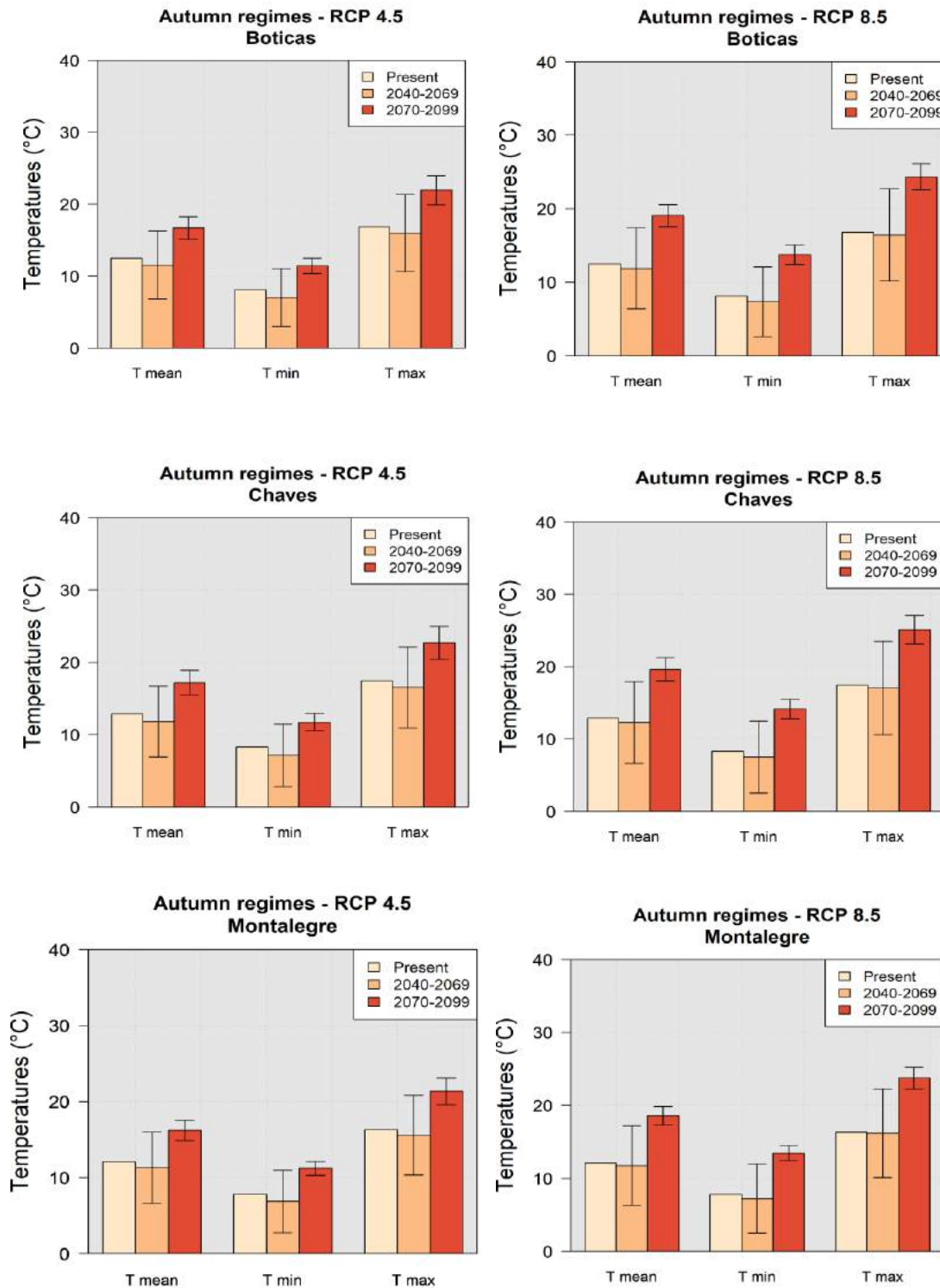


Figura 44- Regimes médios de outono para as temperaturas máxima, média e mínima de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

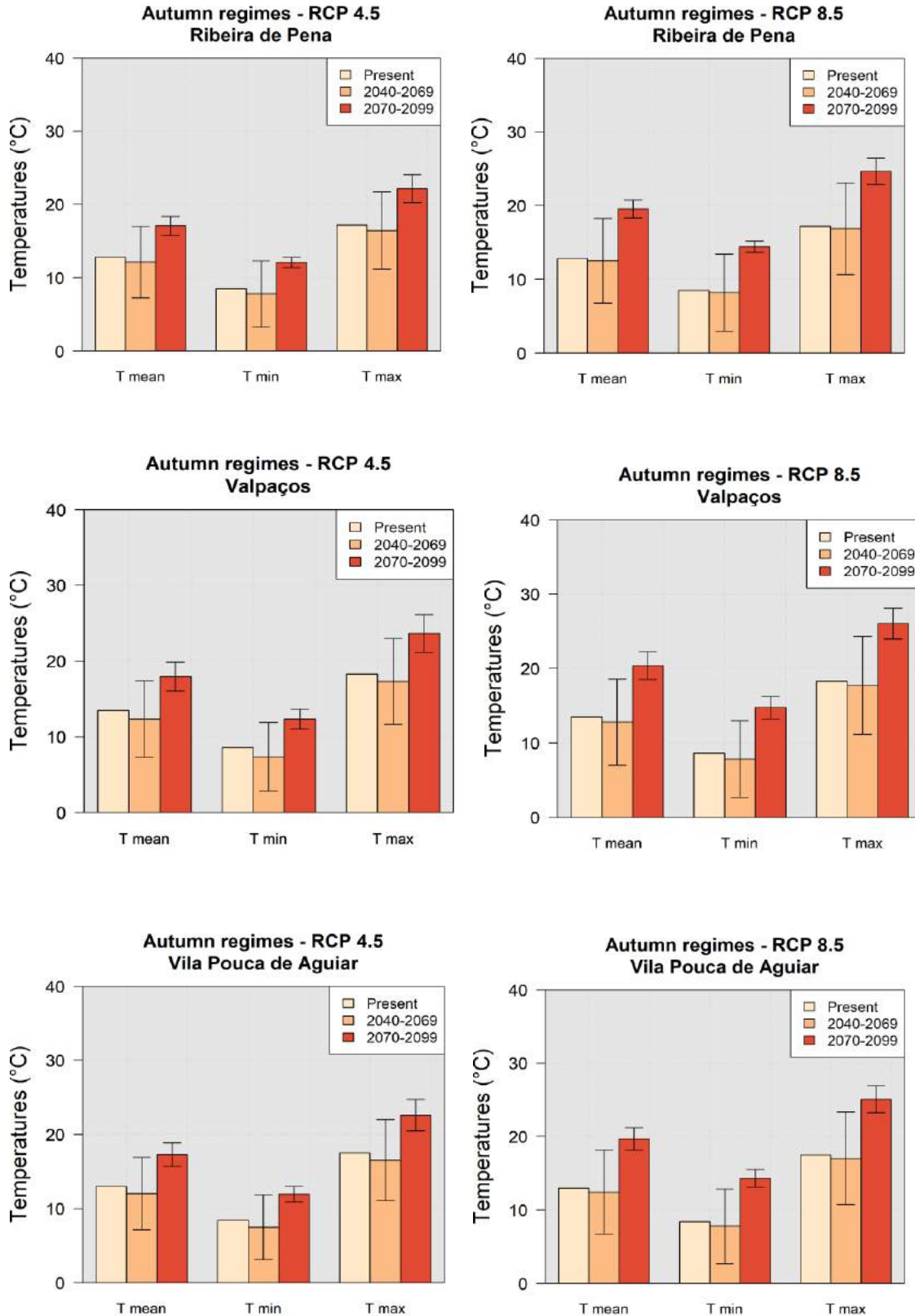


Figura 45- Regimes médios de outono para as temperaturas máxima, média e mínima de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099)

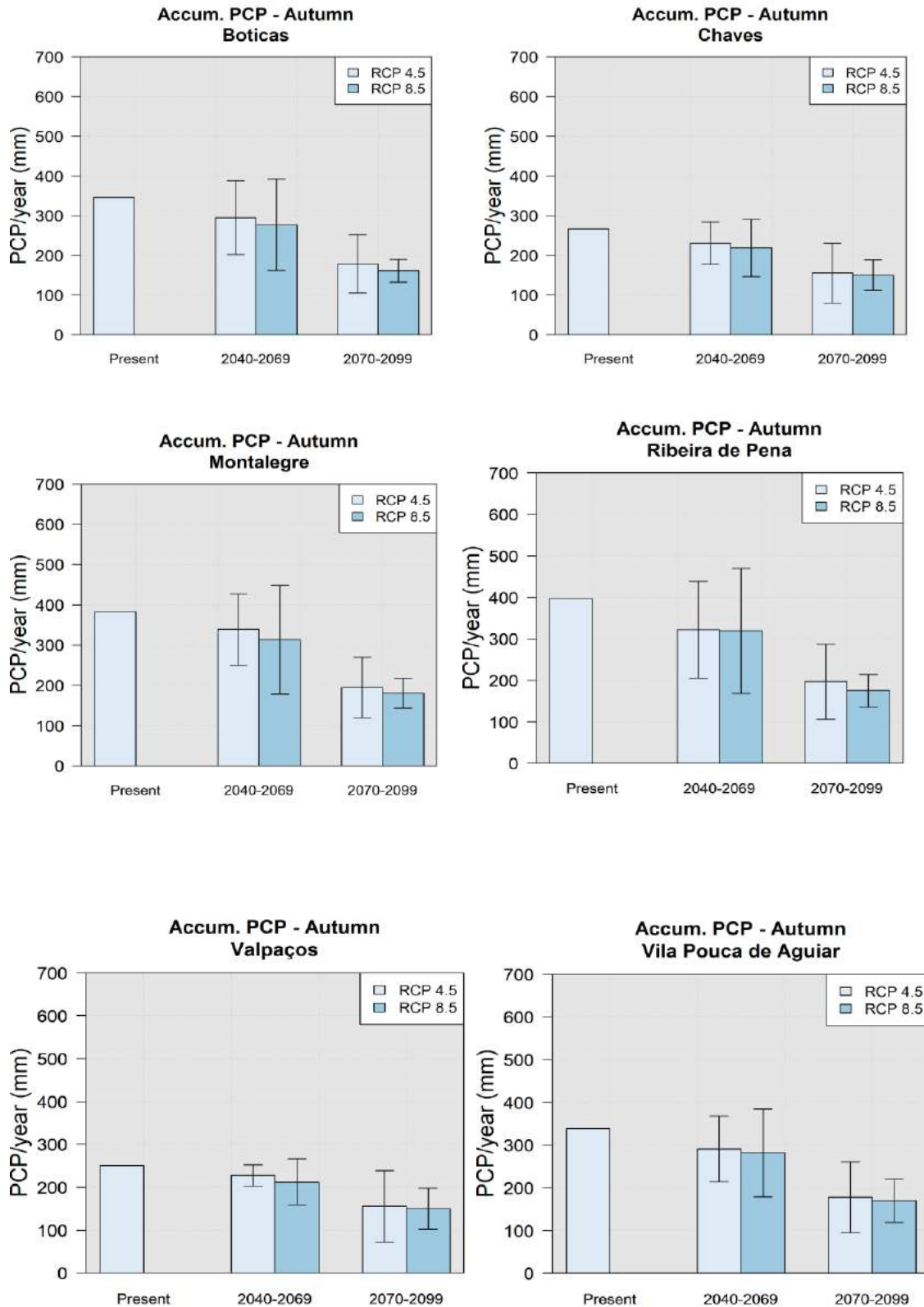


Figura 46- Regimes médios de outono para a precipitação, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099)

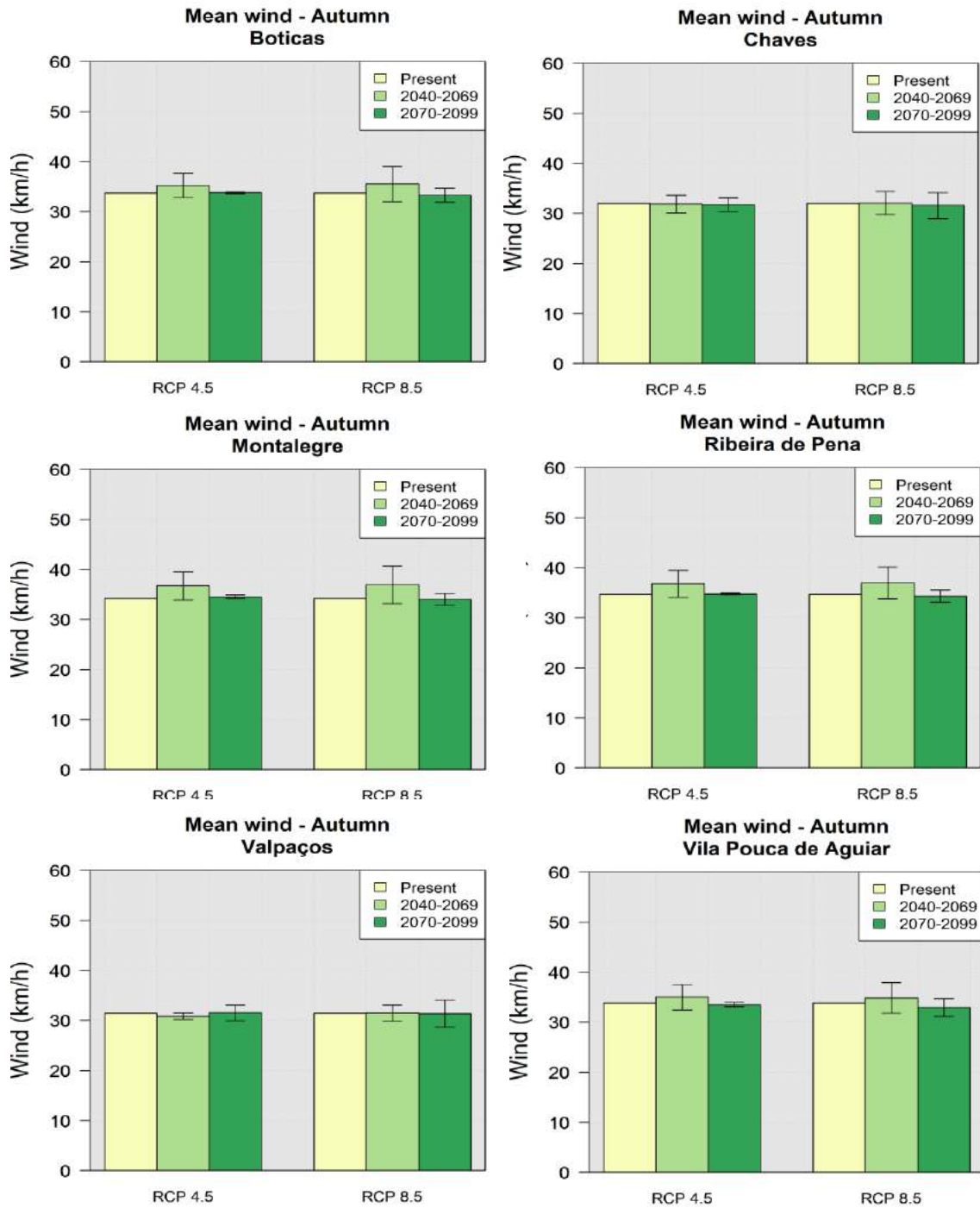


Figura 47- Regimes médios de outono para o vento médio máximo, durante o período histórico (1989-2018) e a sua projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099)

**Tabela 35-** Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Boticas

Boticas	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12,4	11,55 (-0,85)	11,9 (-0,5)	16,7 (+4,3)	19,05 (+6,65)
Temperatura média (°C)	8,1	7,05 (-1,05)	7,35 (-0,75)	11,45 (+3,35)	13,75 (+5,65)
Temperatura média (°C)	16,8	16 (-0,8)	16,45 (-0,35)	21,95 (+5,15)	24,35 (+7,55)
Precipitação média (mm)	348,96	295,09 (-15,44%)	277,16 (-20,58%)	178,55 (-48,83%)	161,29 (-53,78%)
Vento máximo (km/h)	33,7	35,25 (+1,55)	35,5 (+1,8)	33,8 (+0,1)	33,3 (-0,4)

**Tabela 36-** Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Chaves

Chaves	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12,8	11,85 (-0,95)	12,3 (-0,5)	17,2 (+4,4)	19,65 (+6,85)
Temperatura média (°C)	8,2	7,15 (-1,05)	7,5 (-0,7)	11,75 (+3,55)	14,15 (+5,95)
Temperatura média (°C)	17,4	16,55 (-0,85)	17,05 (-0,35)	22,7 (+5,3)	25,1 (+7,7)
Precipitação média (mm)	268,19	230,69 (-13,98%)	155,37 (-42,07%)	218,71 (-18,45%)	150,23 (-43,98%)
Vento máximo (km/h)	32,2	31,85 (-0,35)	32,05 (-0,15)	31,75 (-0,45)	31,55 (-0,65)



**Tabela 37-** Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Montalegre

Montalegre	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12	11,3 (-0,7)	11,75 (-0,25)	16,25 (+4,25)	18,6 (+6,6)
Temperatura média (°C)	7,8	6,9 (-0,9)	7,25 (-0,55)	11,25 (+3,45)	13,45 (+5,65)
Temperatura média (°C)	16,2	15,6 (-0,6)	16,2 (0)	21,35 (+5,15)	23,75 (+7,55)
Precipitação média (mm)	386,89	338,74 (-12,45%)	313,09 (-19,07%)	194,27 (-49,79%)	180,24 (-53,41%)
Vento máximo (km/h)	34,2	36,7 (+2,5)	36,95 (+2,75)	34,55 (+0,35)	34,05 (-0,15)

**Tabela 38-** Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Ribeira de Pena

Ribeira de Pena	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12,7	12,15 (-0,55)	12,55 (-0,15)	17,1 (+5)	19,55 (+6,85)
Temperatura média (°C)	8,4	7,8 (-0,6)	8,2 (-0,2)	12,1 (+3,7)	14,45 (+6,05)
Temperatura média (°C)	17,1	16,45 (-0,65)	16,9 (-0,2)	22,15 (+5,05)	24,65 (+7,55)
Precipitação média (mm)	402,02	322,01 (-19,90%)	319,02 (-20,65%)	196,82 (-51,04%)	175,08 (-56,45%)
Vento máximo (km/h)	34,7	36,8 (+2,1)	36,95 (+2,25)	34,8 (+0,1)	34,35 (-0,35)

**Tabela 39-** Regimes médios de outono e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Valpaços

Valpaços	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	13,4	12,35 (-1,05)	12,8 (-0,6)	17,95 (+4,55)	20,4 (+7)
Temperatura média (°C)	8,5	7,4 (-1,1)	7,85 (-0,65)	12,35 (+3,85)	14,75 (+6,25)
Temperatura média (°C)	18,2	17,3 (-0,9)	17,75 (-0,45)	23,65 (+5,45)	26,05 (+7,85)
Precipitação média (mm)	252,30	277,61 (+10,03%)	212,38 (-15,82%)	155,58 (-38,34%)	150,05 (-40,53%)
Vento máximo (km/h)	31,4	30,85 (-0,55)	31,45 (+0,05)	31,5 (+0,1)	31,35 (-0,05)

**Tabela 40-** Regimes médios de verão e variações projetadas, para os períodos indicados, obtidos a partir das séries diárias regionalizadas, em Vila Pouca de Aguiar

Vila Pouca de Aguiar	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Temperatura máxima (°C)	12,9	12,05 (-0,85)	12,45 (-0,45)	17,3 (+4,4)	19,7 (+6,8)
Temperatura média (°C)	8,4	7,5 (-0,9)	7,8 (-0,6)	11,95 (+3,55)	14,35 (+5,95)
Temperatura média (°C)	17,4	16,55 (-0,85)	17,05 (-0,35)	22,6 (+5,2)	25,1 (+7,7)
Precipitação média (mm)	342,19	290,97 (-14,97%)	281,69 (-17,68%)	177,77 (-48,05%)	169,69 (-50,41%)
Vento máximo (km/h)	33,8	35 (+1,2)	34,85 (+1,05)	33,5 (-0,3)	32,95 (-0,85)

Na estação do outono, há uma diminuição das temperaturas de  $-0,93^{\circ}\text{C}$  no cenário RCP 4.5 e de  $-0,57^{\circ}\text{C}$  no cenário RCP 8.5, no futuro a médio prazo. No futuro a longo prazo, no entanto, as temperaturas registam um aumento significativo de  $+3,58^{\circ}\text{C}$  no cenário RCP 4.5 e de  $+5,92^{\circ}\text{C}$  no cenário RCP 8.5.

Já no que se refere à precipitação, o declínio seria de mais de 50% no futuro a longo prazo, comparativamente ao clima atual. Não se observam alterações no que se refere à velocidade média do vento máximo.

#### 3.3.2.4 Índices climáticos

As figuras 48 a 55 mostram as variáveis dos eventos que foram já definidos como índices climáticos. Estas apresentam o número médio de dias por ano de ocorrência de eventos no clima atual, no futuro a médio prazo e no futuro a longo prazo, nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5.

Em cada figura, as barras de erro mostram as incertezas associadas à técnica multimodelar. As incertezas foram calculadas como o desvio padrão.

No final desta secção, incluem-se tabelas com os valores das variáveis para cada município, assim como uma descrição com as principais conclusões que se podem inferir acerca do comportamento futuro destas variáveis.

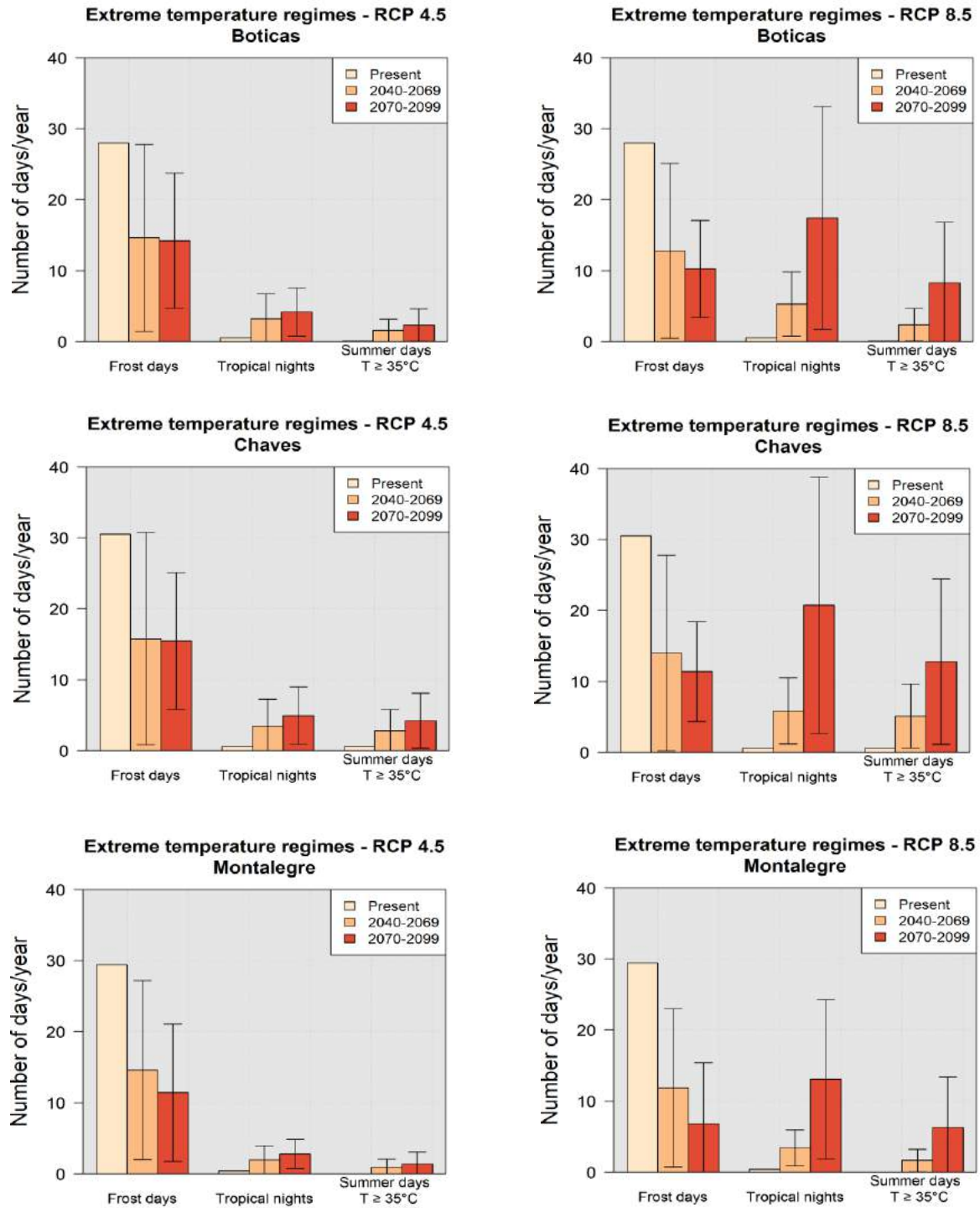


Figura 48- Dias de geada, noites tropicais e dias de verão  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ , para os municípios de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099)

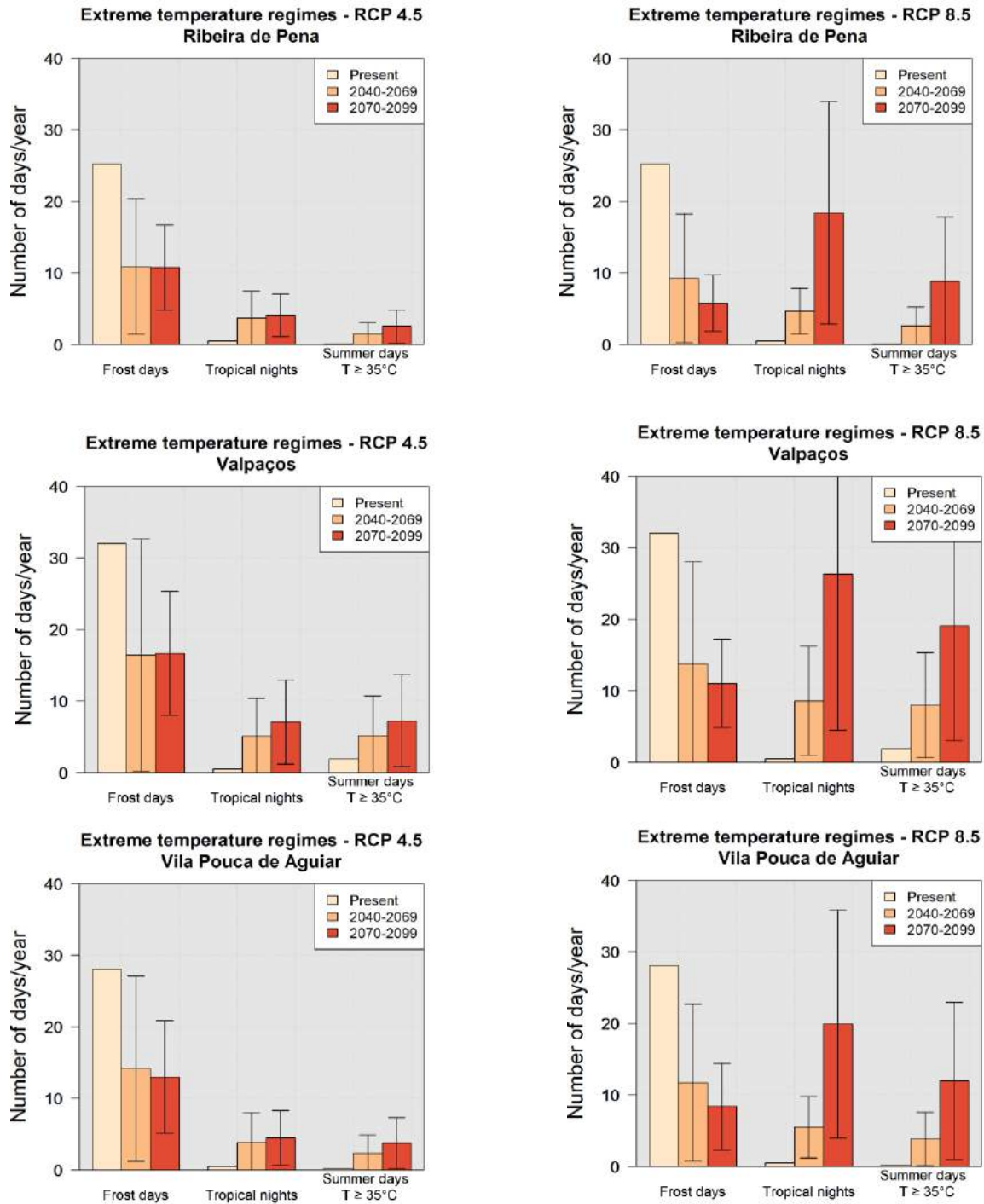


Figura 49- Dias de geada, noites tropicais e dias de verão  $\geq 35^{\circ}$  C para os municípios de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099)

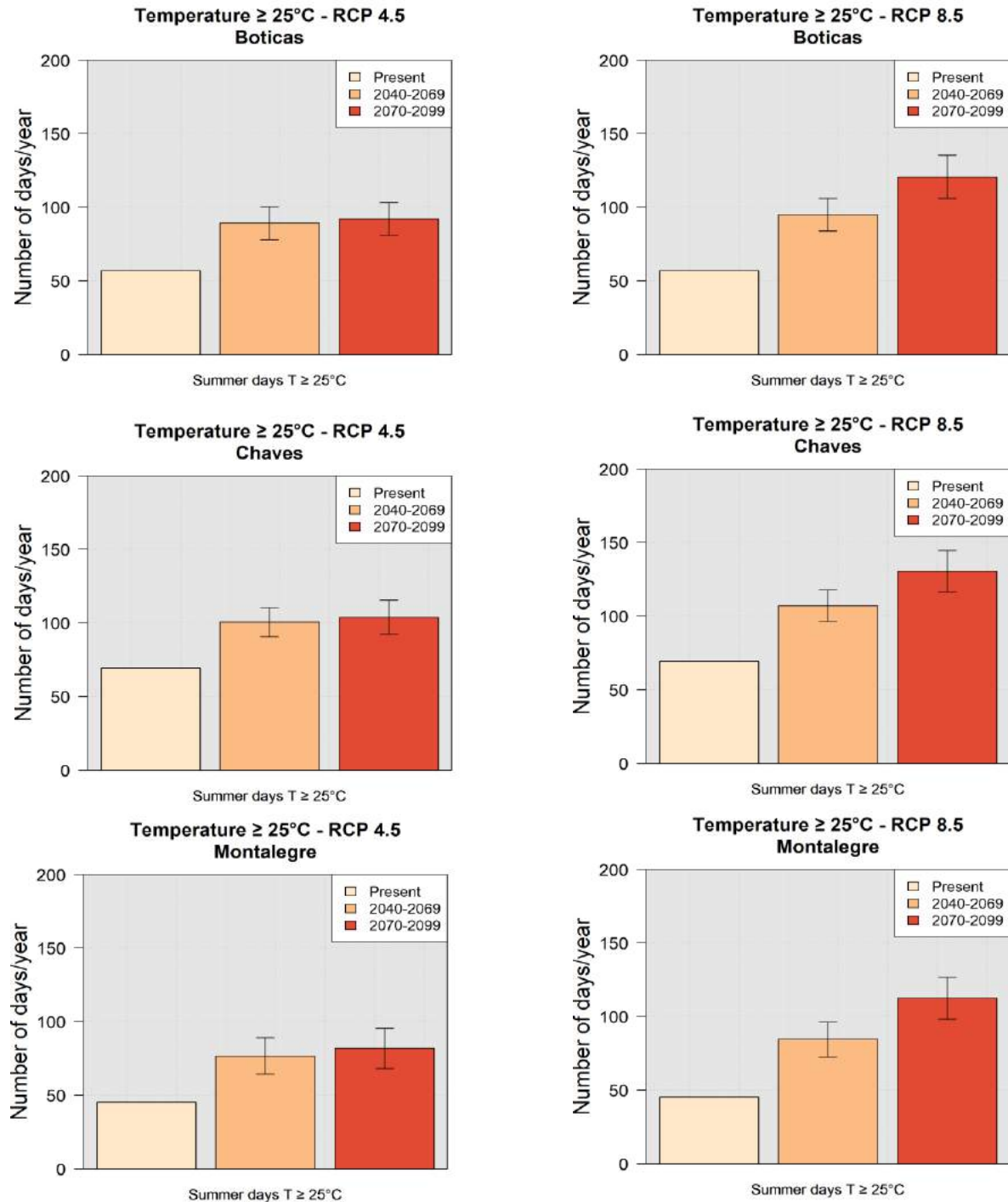


Figura 50- Dias de verão  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  para os municípios de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e a projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

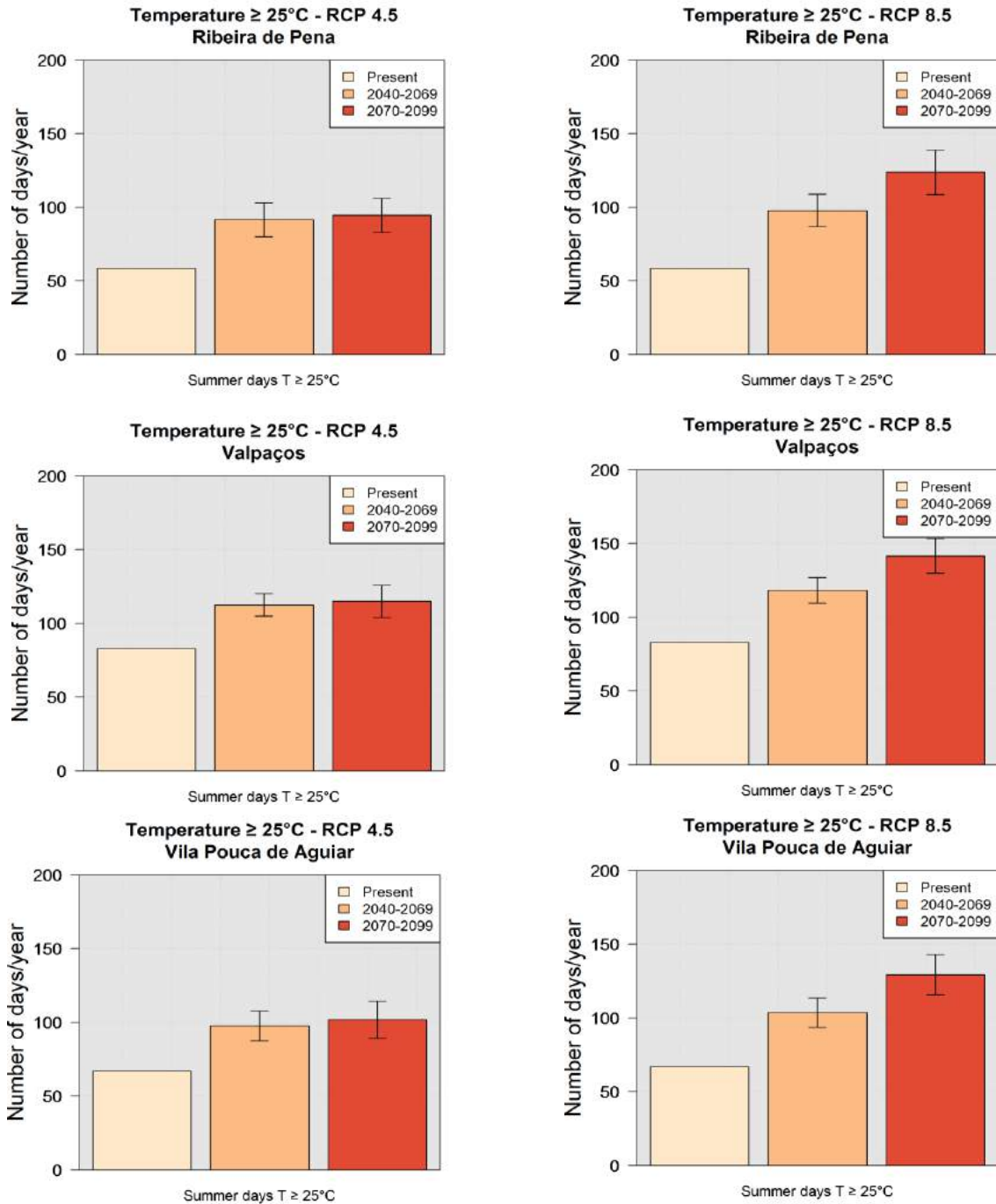


Figura 51- Dias de verão  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  para os municípios de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e a projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).



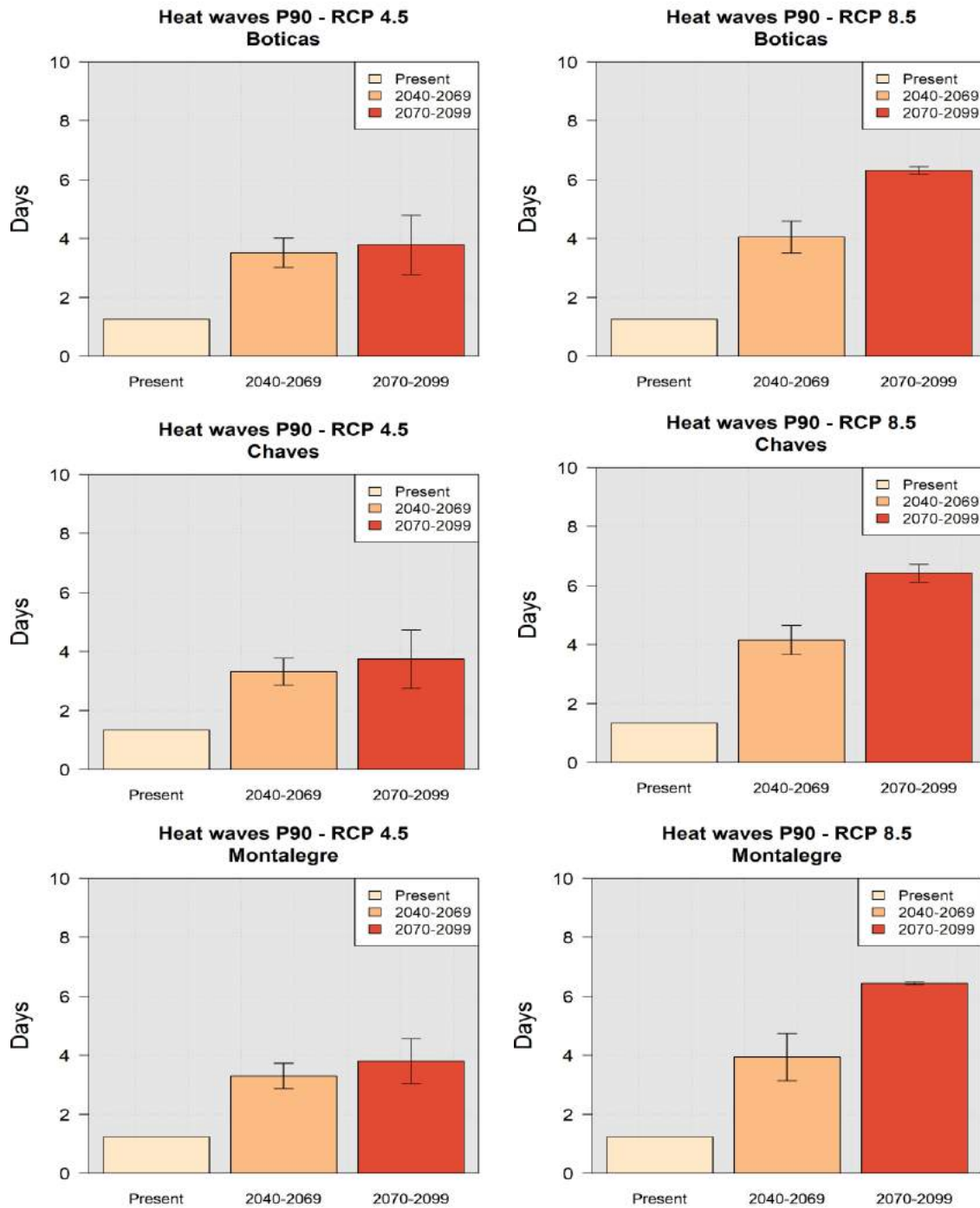


Figura 52- Ondas de calor >90th percentil, para os municípios de Boticas, Chaves e Montalegre, durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

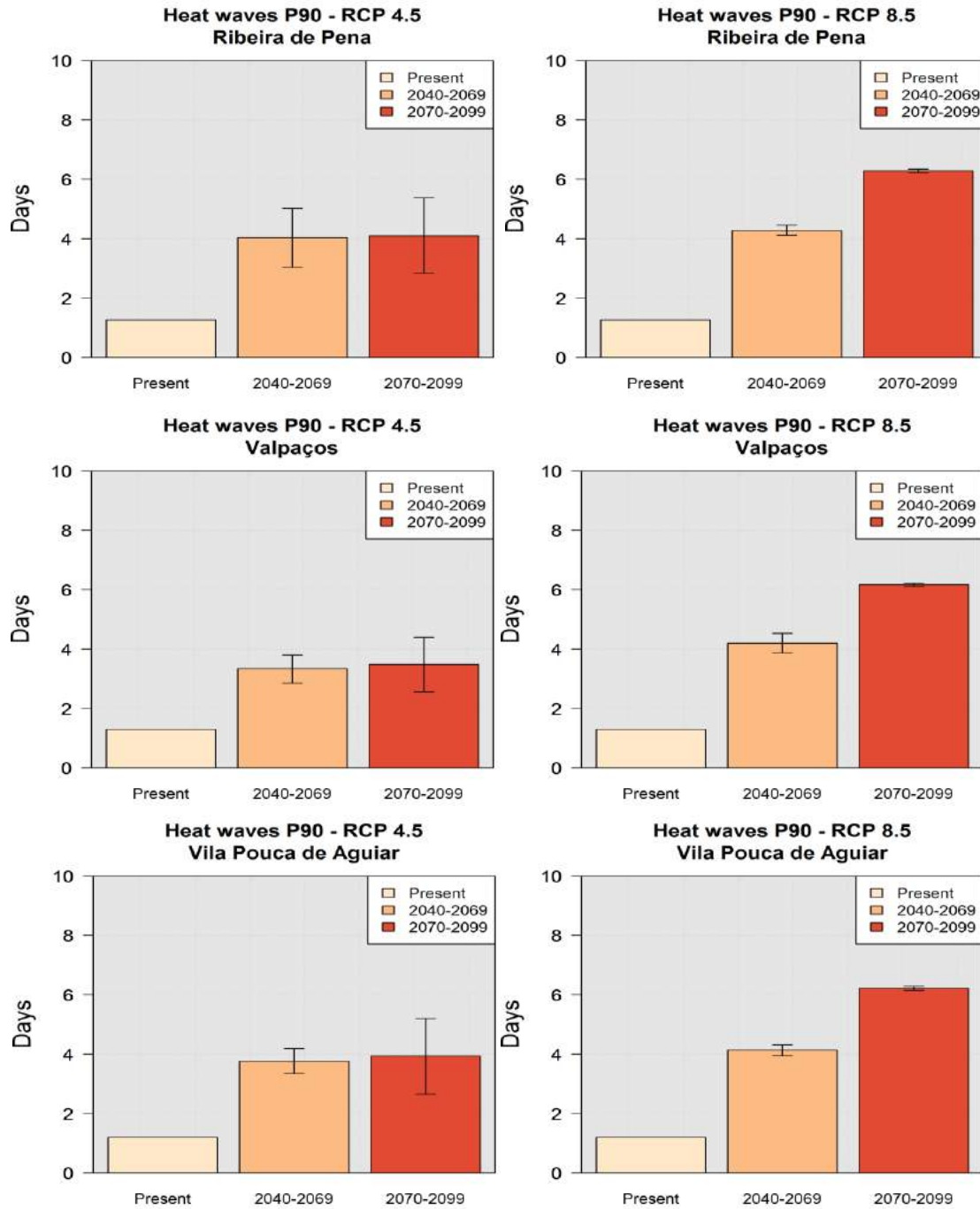


Figura 53- Ondas de calor >90th percentil, para os municípios de Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar, durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

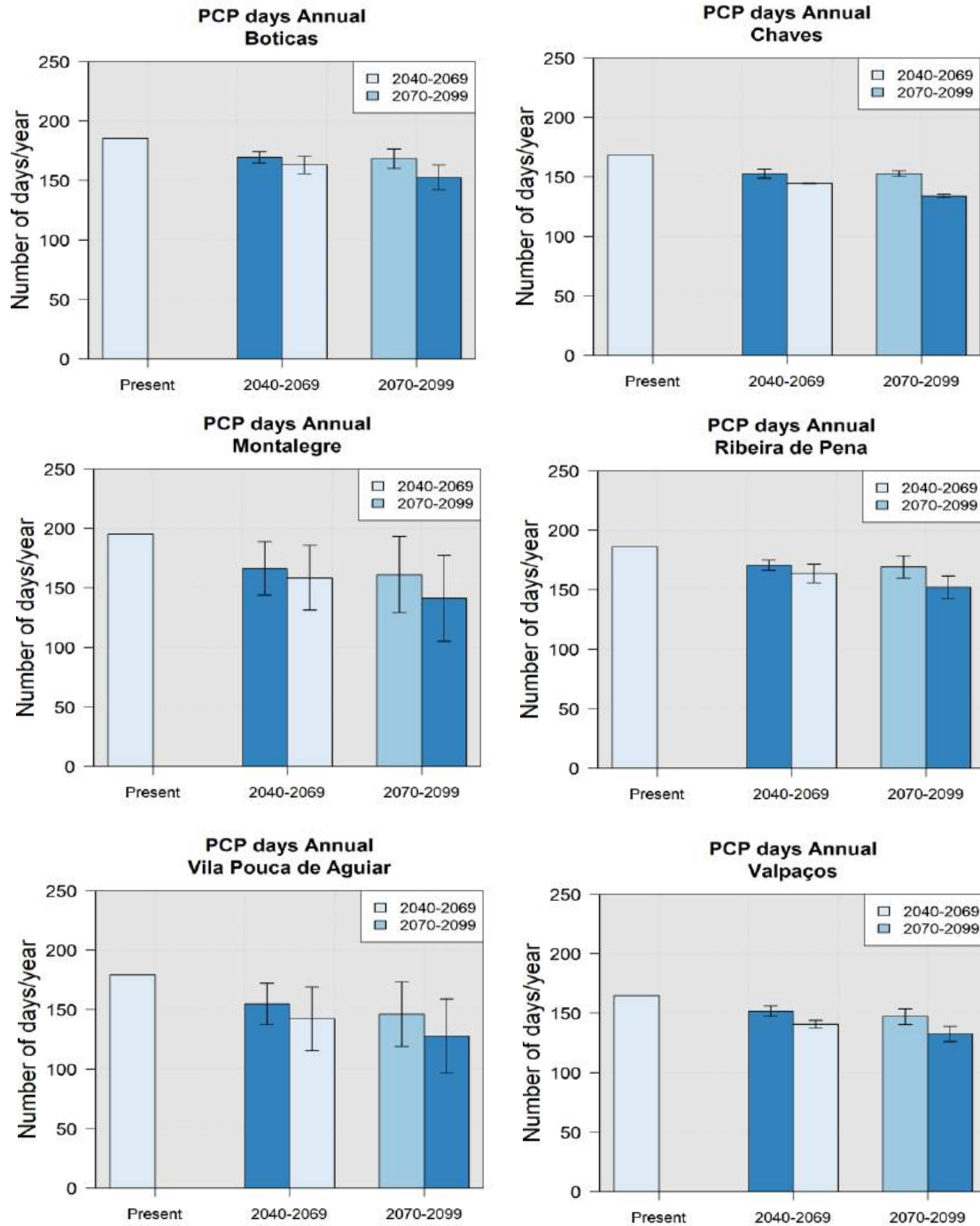


Figura 54- Dias de precipitação >1mm, durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

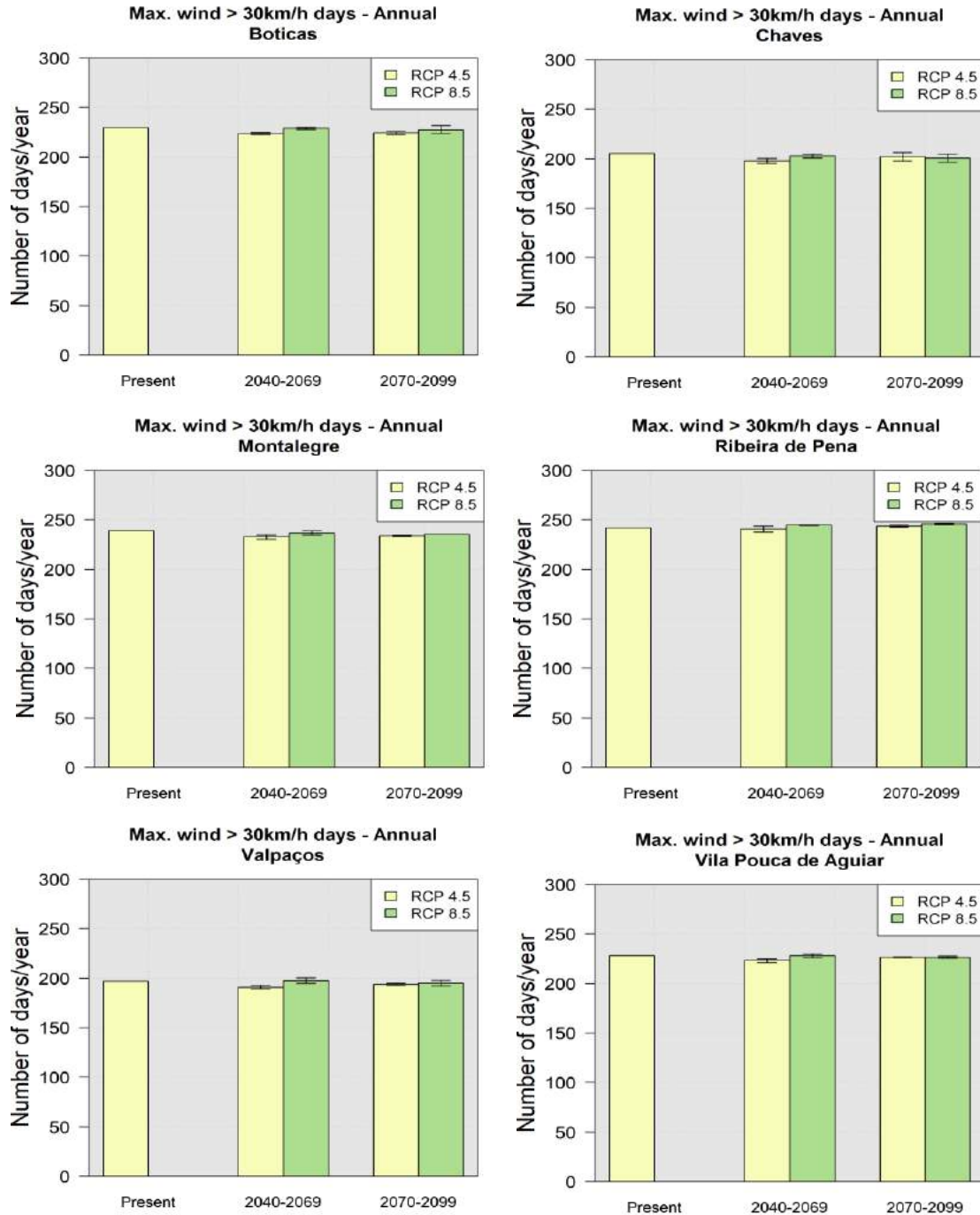


Figura 55- Dias de vento >30Km/h, durante o período histórico (1989-2018) e projeção climática nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no futuro a médio prazo (2040-2069) e futuro a longo prazo (2070-2099).

**Tabela 41-** Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Boticas

Boticas	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Dias de verão Tmax ≥ 25°C	56,4	89,3 (+32,9)	94,93 (+38,53)	92 (+35,6)	120,68 (+64,28)
Dias de verão Tmax ≥ 35°C	0	1,57 (+1,57)	2,38 (+2,38)	2,33 (+2,33)	8,27 (+8,27)
Dias de geada ≤ 0°C	28,6	14,63 (-13,97)	12,82 (-15,78)	14,23 (-14,37)	10,23 (-18,37)
Noites tropicais Tmin ≥ 20°C	0,5	3,22 (+2,72)	5,3 (+4,8)	4,17 (+3,67)	17,43 (+16,93)
Ondas de calor Tmax > 90th percentil	1,27	3,52 (+2,25)	4,05 (+2,78)	3,78 (2,51)	6,32 (+5,05)
Dias de precipitação ≥ 1mm	185,13	169,43 (-15,47)	163,1 (-22,03)	168,27 (-16,86)	152,43 (-32,7)
Dias de vento >30 km/h	230,32	223,5 (-6,82)	228,87 (-1,45)	224,18 (-6,14)	227,55 (-2,77)

**Tabela 42-** Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Chaves

Chaves	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Dias de verão Tmax ≥ 25°C	68,9	100,82 (+31,92)	107,22 (+38,32)	103,92 (+35,02)	130,65 (+61,75)
Dias de verão Tmax ≥ 35°C	0,5	2,8 (+2,3)	5,12 (+4,62)	4,23 (+3,73)	12,8 (+11,58)
Dias de geada ≤ 0°C	31,1	15,8 (-15,3)	14 (-17,1)	15,50 (-15,6)	11,4 (-19,7)
Noites tropicais Tmin ≥ 20°C	0,6	3,5 (+2,9)	5,87 (+5,27)	4,95 (+4,35)	20,73 (+20,13)
Ondas de calor Tmax > 90th percentil	1,33	3,32 (+1,99)	4,15 (+2,82)	3,73 (+2,4)	6,42 (+5,09)
Dias de precipitação ≥ 1mm	168,43	152,72 (-15,71)	144,42 (-24,01)	152,68 (-15,75)	133,97 (-34,46)
Dias de vento >30 km/h	206,5	197,63 (-8,87)	202,72 (-3,78)	201,85 (-4,65)	200,65 (-5,85)

**Tabela 43-** Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Montalegre

Montalegre	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Dias de verão Tmax ≥ 25°C	45,2	76,77 (+31,57)	84,55 (+39,35)	81,9 (+36,7)	112,43 (+67,23)
Dias de verão Tmax ≥ 35°C	0	0,92 (+0,92)	1,65 (+1,65)	1,38 (+1,38)	6,3 (+6,3)
Dias de geada ≤ 0°C	29,9	14,6 (-15,3)	11,87 (-18,03)	11,42 (-18,48)	6,82 (-23,08)
Noites tropicais Tmin ≥ 20°C	0,4	1,97 (+1,57)	3,45 (+3,05)	2,82 (+2,42)	13,06 (+12,66)
Ondas de calor Tmax > 90th percentil	1,23	3,3 (+2,07)	3,93 (+2,7)	3,8 (+2,57)	6,43 (+5,2)
Dias de precipitação ≥ 1mm	195,27	166,45 (-28,82)	158,48 (-36,79)	161,2 (-34,07)	141,3 (-53,97)
Dias de vento >30 km/h	239,36	232,48 (-6,88)	236,48 (-2,88)	233,65 (-5,71)	235,12 (-4,24)

**Tabela 44-** Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Ribeira de Pena

Ribeira de Pena	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Dias de verão Tmax ≥ 25°C	58,2	91,53 (+33,33)	97,89 (+39,69)	94,52 (+36,32)	123,83 (+65,63)
Dias de verão Tmax ≥ 35°C	0,1	1,5 (+1,4)	2,63 (+2,62)	2,58 (+2,57)	8,92 (+8,91)
Dias de geada ≤ 0°C	25,9	10,9 (-15)	9,27 (-16,63)	10,78 (-15,12)	5,8 (-20,1)
Noites tropicais Tmin ≥ 20°C	0,5	3,72 (+3,22)	4,68 (+4,18)	4,12 (+3,62)	18,38 (+17,88)
Ondas de calor Tmax > 90th percentil	1,27	4,03 (+2,76)	4,28 (+3,01)	4,1 (+2,83)	6,28 (+5,01)
Dias de precipitação ≥ 1mm	186	170,68 (-15,32)	163,83 (-22,17)	169,18 (-16,82)	152 (-34)
Dias de vento >30 km/h	242,5	240,48 (-2,02)	244,48 (+1,98)	243,6 (+1,1)	245,62 (+3,12)

**Tabela 45-** Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Valpaços

Valpaços	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Dias de verão Tmax ≥ 25°C	82	112,42 (+30,42)	118,25 (+36,25)	114,97 (+32,97)	141,53 (+59,53)
Dias de verão Tmax ≥ 35°C	1,7	5,2 (+3,5)	7,98 (+6,28)	7,28 (+5,58)	19,05 (+17,35)
Dias de geada ≤ 0°C	32,2	16,43 (-15,77)	13,83 (-18,37)	16,72 (-15,48)	11,07 (-21,13)
Noites tropicais Tmin ≥ 20°C	0,5	5,08 (+4,58)	8,6 (+8,1)	7,1 (+6,6)	26,32 (+25,82)
Ondas de calor Tmax > 90th percentil	1,3	3,33 (+2,03)	4,2 (+2,9)	3,48 (+2,18)	6,17 (+4,87)
Dias de precipitação ≥ 1mm	164,77	151,68 (-13,09)	140,83 (-23,94)	147,22 (-17,55)	132,53 (-32,24)
Dias de vento >30 km/h	197,71	190,87 (-6,84)	197,43 (-0,28)	193,73 (-3,98)	194,72 (-2,99)

**Tabela 46-** Dias médios dos índices climáticos e variações projetadas para os períodos indicados, obtidos a partir da série diária regionalizada, em Vila Pouca de Aguiar.

Vila Pouca de Aguiar	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Dias de verão Tmax ≥ 25°C	66,3	97,77 (+31,47)	103,63 (+37,33)	101,68 (+35,38)	129,23 (+62,93)
Dias de verão Tmax ≥ 35°C	0,2	2,37 (+2,17)	3,87 (+3,67)	3,82 (+3,62)	12,02 (+11,82)
Dias de geada ≤ 0°C	28,4	14,18 (-14,22)	11,77 (-16,63)	12,98 (-15,42)	8,4 (-20)
Noites tropicais Tmin ≥ 20°C	0,5	3,86 (+3,36)	5,53 (+5,03)	4,52 (+4,02)	19,95 (+19,45)
Ondas de calor Tmax > 90th percentil	1,2	3,77 (+2,57)	4,13 (+2,93)	3,93 (+2,73)	6,22 (+5,02)
Dias de precipitação ≥ 1mm	179,20	154,72 (-24,48)	140,83 (-38,37)	146,1 (-33,1)	132,53 (-46,67)
Dias de vento >30 km/h	228,68	223,23 (-5,45)	227,93 (-0,75)	226,47 (-0,21)	226,58 (-2,1)



Os resultados obtidos nas projeções dos índices climáticos foram os seguintes:

- i. **Número de dias por ano em que se excede os 25°C:** os municípios localizados mais a Oeste (Montalegre, Boticas e Ribeira de Pena) registam o maior aumento. Em Montalegre este evento extremo aumento em mais de 44% no futuro a longo prazo no cenário RCP 4.5 e mais de 59% no cenário RCP 8.5;
- ii. **Número de dias por ano em que se excede os 35°C:** todos os municípios experienciam um aumento deste evento extremo. Valpaços regista o maior aumento com +5,58 dias por ano no cenário RCP 4.5 e 17,5 dias por ano no cenário RCP 8.5 no futuro a longo prazo;
- iii. **Número de dias por ano com gelo:** todos os municípios apresentam uma diminuição de ocorrência deste evento extremo. Montalegre é o município onde os dias com gelo sofrem uma maior redução no futuro a longo prazo (-58% no cenário RCP 4.5 e -77% no cenário RCP 8.5), comparativamente com o período histórico;
- iv. **Número de dias por ano com noites tropicais:** todos os municípios apresentam um aumento do número de noite tropicais no futuro a longo prazo no cenário RCP 4.5 e um aumento mais significativo no cenário RCP 8.5. Valpaços regista mais de 7,1 noites tropicais por ano, no cenário RCP 4.5, e de 26,32 noites tropicais por ano, no cenário RCP 8.5. Contudo, o desvio padrão entre os dois modelos é elevado, o que não permite conclusões precisas;
- v. **Número de eventos de ondas de calor por ano:** no futuro a longo prazo, as ondas de calor registam um aumento em todos os municípios, aproximando-se de 4 eventos por ano no cenário RCP 4.5 e de 6 eventos por ano no cenário RCP 8.5;
- vi. **Número de dias com precipitação por ano:** no futuro a longo prazo, todos os municípios observam uma redução no número de dias com precipitação por ano. Esta redução seria mais acentuada em Vila Pouca de Aguiar: -18% no cenário RCP 4.5 e -26% no cenário RCP 8.5; e
- vii. **Número de dias por ano em que o vento médio excede os 30 km/h:** todos os municípios registam uma ligeira diminuição neste evento, aproximadamente - 4% ou menos.

#### 3.3.2.5 Principais conclusões

Esta secção descreve as principais alterações climáticas que são expectáveis na CIM-AT, de acordo com os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5.

No futuro a médio prazo (2040-2069), as temperaturas apresentam um ligeiro aumento no cenário RCP 4.5 e uma distribuição mensal semelhante ao padrão atual. Contudo, no cenário RCP 8.5 o aumento da temperatura média seria mais elevado nos meses de julho a novembro.

Relativamente à precipitação acumulada, apesar de um decréscimo médio anual, observa-se uma distribuição mais homogénea ao longo do ano, com um aumento da precipitação durante os meses de verão, fazendo com que estes meses deixem de coincidir com períodos de seca. No cenário RCP 8.5 a diminuição da precipitação seria mais pronunciada relativamente ao cenário RCP 4.5.

No futuro a longo prazo (2070-2099), verifica-se um maior aumento da temperatura média no cenário RCP 8.5, quando comparado com o cenário RCP 4.5. Este aumento é mais elevado nos meses de julho a novembro. A distribuição da precipitação caracteriza-se por períodos de seca entre os meses de julho e setembro, tal como no clima atual, e um acentuado declínio da precipitação durante a estação do outono. Em relação à média da velocidade máxima do vento, prevêem-se pequenas alterações no futuro, comparativamente ao período histórico ou clima atual.

O progressivo aumento das temperaturas influencia o aumento de eventos extremos relacionados com a temperatura. Assim, há um aumento no número de dias de verão com temperaturas superiores a 25°C e a ocorrência de dias com temperaturas superiores a 35°C. As noites tropicais, em que a temperatura mínima é superior a 20°C, serão mais frequentes, ainda que o desvio padrão entre os dois modelos seja elevado e não permita conclusões precisas. Simultaneamente, as ondas de calor serão mais frequentes se comparadas com o clima atual.

Em relação aos dias com gelo, estes serão reduzidos para menos de metade. Numa extensão menor, os dias de precipitação serão igualmente reduzidos em mais de 26%. Relativamente ao número de dias com vento a exceder os 30 km/h, observa-se uma redução de cerca de 4%.

Deve ter-se em consideração que, apesar de se observar um aumento futuro da precipitação durante os meses de verão, os resultados apresentam um desvio padrão elevado entre os dois modelos. No sentido contrário, a diminuição no número de dias de precipitação por ano apresenta um desvio padrão pequeno entre os dois modelos. Isto sugere que a ocorrência de um aumento da precipitação durante os meses de verão estará associada com um aumento da precipitação do tipo convectiva, relacionada com o clima mais quente futuro. Apresenta-se, de seguida, as principais conclusões relativamente à temperatura e precipitação para cada um dos municípios do Alto Tâmega:

### **Boticas**

Neste município verifica-se um contínuo aumento das temperaturas médias entre 1,6°C e 2°C no futuro a médio prazo e de 1,90°C a 3,9°C no futuro a longo prazo.

Adicionalmente, constata-se uma redução entre 9% e 17% da precipitação, sendo esta diminuição mais expressiva nos meses de outono.

### **Chaves**

Este município experienciará um contínuo aumento das temperaturas, que oscila entre 1,65°C e 2,1°C no futuro a médio prazo e de 1,65°C e 2,1°C no futuro a longo prazo.

Assistir-se-á a uma diminuição entre 5% e 16% da precipitação, sendo também mais expressiva nos meses de outono.

### **Montalegre**

O aumento da temperatura oscilará entre 1,7°C e 2,1°C no futuro a médio prazo e 2,05°C e 3,95°C no futuro a longo prazo.

Este será o município onde se verificará o maior aumento no número de dias por ano com temperaturas acima de 25°C e onde a redução do número de dias com gelo será mais significativa.

A precipitação diminuirá entre 10% e 17%, voltando a ser mais pronunciada nos meses de outono.

### **Ribeira de Pena**

Verificar-se-á um contínuo aumento da temperatura neste município, que variará entre 1,05°C e 1,4°C no futuro a médio prazo e 1,35°C e 3,41°C no futuro a longo prazo.

A redução da precipitação ficará entre o intervalo de 11% e 19%, sendo mais expressiva na estação do outono.

### **Valpaços**

Neste município, o contínuo aumento das temperaturas variará entre 1,7°C e 2,2°C no futuro a médio prazo e 2,05°C e 4,05°C no futuro a longo prazo.

Este será o município com o maior aumento no número de dias com temperaturas superiores a 35°C.

A redução da precipitação oscilará entre 4% e 12%, sendo mais acentuada nos meses de outono.

### **Vila Pouca de Aguiar**

O aumento contínuo das temperaturas neste município será de 1,75°C e 2,15°C no futuro a médio prazo e de 2,05°C e 4°C no futuro a longo prazo.

Este município registará a mais elevada redução no número de dias de precipitação na região, prevendo-se uma redução que variará entre os 9% e os 16%.

### **Efeitos de sistemas hidroelétricos no clima local**

A construção de reservatórios ou barragens hidráulicas pode ter consequências no clima local, conhecido como microclima. Existem três reservatórios atualmente em construção que fazem fronteira com os municípios de Ribeira de Pena e Vila Pouca de Aguiar. Relativamente aos efeitos no microclima da área, é expectável que tenha implicações a jusante do rio e, conseqüentemente, que não afete a CIM-AT como um todo. No futuro, nas proximidades dos reservatórios de Ribeira de Pena e Vila Pouca de Aguiar, a amplitude térmica diária poderá diminuir. Será também expectável um aumento no número de dias de gelo, embora a alteração mais relevante que possa ocorrer incida na sua intensidade. Será também expectável um aumento da frequência do nevoeiro, de chuvas leves ou chuviscos.

## **4. Vulnerabilidades futuras**

### **4.1 Cenarização das alterações climáticas**

Tendo presente a expressão territorial da suscetibilidade a secas e escassez de água na Região CIM-AT, identificada no relatório da Fase 1, onde quase metade do território (48,6%) apresenta suscetibilidade elevada e cerca de 47,6% suscetibilidade moderada, admite-se que as projeções climáticas consideradas no presente estudo possam contribuir para afetar direta ou indiretamente os pontos fortes da região, nomeadamente a agricultura, a pecuária, as águas mineromedicinais e a diversidade paisagística e faunística da CIM do Alto Tâmega.

De facto, verifica-se uma tendência de diminuição da precipitação anual média, tanto no médio prazo como no longo prazo, embora se preveja um aumento nos meses de verão o que poderá atenuar as condições de aridez de parte significativa do território durante esse período. Por outro lado, a previsão aponta para um decréscimo mais pronunciado da precipitação durante o outono. Esta variação da precipitação tenderá a proporcionar uma menor irregularidade intermensual da repartição da precipitação no ano, não obstante continuar a verificar-se um período de aridez nos meses de julho a setembro. A diminuição da precipitação anual média é mais expressiva no cenário RCP 8.5 e no longo prazo considerados.

Esta redução dos quantitativos da precipitação, associada ao aumento da temperatura, contribuirá para acentuar as condições de aridez do território e a escassez de água, embora de forma diferenciada nos municípios da CIM-AT.

Os cenários climáticos desenvolvidos na secção 3 abordam um conjunto relevante de fatores cuja evolução terá influência direta e indireta na intensidade e consequências dos eventos climáticos em análise, mais significativos na CIM-AT, nomeadamente a precipitação, a temperatura, os dias quentes ou as ondas de calor. Relativamente a estas variáveis climáticas, os cenários desenvolvidos projetam as seguintes tendências, relevantes para os diversos setores.

#### **Temperatura**

As anomalias projetadas apresentam uma tendência de aumento da temperatura média anual generalizado em toda a sub-região, de 1,6°C no RCP 4.5 e de 2°C (1,99°C) no RCP 6.5, para o médio termo (2040-2069). Para o longo termo (2070-2099), o aumento previsto é de 1,9°C no RCP 4.5 e de 3,9°C no RCP 8.5. Anomalias equivalentes também

estão projetadas para a médias das temperaturas mínimas e máximas (Tabelas 47 e 48 e Figura 56).

**Tabela 47-** Projeção das temperaturas no regime anual, CIM-AT (2040-69 e 2070-99)

Municípios CIM-AT	Temperatura °C	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Boticas	Tmin	6,9	8,35	8,75	8,7	10,55
	Tmed	11,7	13,3	13,7	13,6	15,6
	Tmax	16,4	18,3	18,7	18,6	20,65
Chaves	Tmin	7,1	8,55	9,0	8,95	10,75
	Tmed	12,1	13,75	14,2	14,15	16,1
	Tmax	17,1	18,95	19,45	19,3	21,35
Montalegre	Tmin	6,6	8,1	8,5	8,45	10,15
	Tmed	11,2	12,9	13,3	13,25	15,15
	Tmax	15,8	17,7	18,15	18,05	20,1
Ribeira de Pena	Tmin	7,3	8,8	9,2	9,15	11,05
	Tmed	12,7	13,75	14,1	14,05	16,11
	Tmax	16,7	18,6	19,0	18,95	21,0
Valpaços	Tmin	7,7	8,95	9,45	9,4	11,25
	Tmed	12,7	14,4	14,9	14,75	16,75
	Tmax	18,0	19,8	20,3	20,15	22,25
Vila Pouca de Aguiar	Tmin	7,39	8,75	9,15	9,05	10,9
	Tmed	12,1	13,85	14,25	14,15	16,1
	Tmax	17,0	18,9	19,35	19,25	21,3

Legenda: Tmin- Temperatura mínima; Tmed- Temperatura média; Tmax- Temperatura máxima

No regime anual, a média da temperatura média anual na Região CIM-AT, na situação presente (1989-2018), situa-se em 12,08°C, com um máximo de 12,7°C em Ribeira de Pena e Valpaços, e um mínimo de 11,2°C em Montalegre. A média da temperatura mínima situa-se em 7,17°C, com um máximo de 7,7°C em Valpaços e um mínimo de 6,6°C em Montalegre. A média da temperatura máxima situa-se em 16,83°C, com um máximo de 18,0°C em Valpaços e um mínimo de 15,8°C em Montalegre.

Nos cenários de projeção da temperatura, para o regime anual, estimam-se aumentos significativos das temperaturas média, máxima e mínima na Região CIM-AT, nos dois horizontes temporais e nos quatro cenários de projeção, o mesmo se aplicando para os regimes sazonais.

Para a temperatura média anual projeta-se um acréscimo de +1,58°C, em média nos seis municípios, no cenário RCP 4.5 médio termo, e um acréscimo de +3,89°C no cenário

RCP 8.5 longo termo. O aumento da temperatura média anual deverá ser mais significativo nos concelhos de Valpaços e Vila Pouca de Aguiar.

Nas projeções de evolução da temperatura, estima-se, também, um aumento significativo das médias anuais dos três parâmetros de temperatura aferidos, para todos os cenários, quer no regime anual como nos regimes sazonais, sendo esse aumento mais significativo no regime de inverno, conforme se apresenta na Tabela 48.

**Tabela 48-** Projeção das temperaturas no regime anual e regime de inverno e acréscimos estimados de temperatura, CIM-AT (2040-69 e 2070-99)

Médias anuais por regime anual e sazonal - CIM-AT	Temperatura °C	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Regime anual Temperatura estimada	Tmin	7,17	8,58	9,01	8,95	10,78
	Tmed	12,08	13,66	14,08	13,99	15,97
	Tmax	16,83	18,71	19,16	19,05	21,11
Regime anual Acréscimo de Temperatura	Tmin	-	1,42	1,84	1,79	3,61
	Tmed	-	1,58	1,99	1,91	3,89
	Tmax	-	1,88	2,33	2,22	4,28
Regime de inverno Temperatura estimada	Tmin	1,73	5,63	6,02	5,23	6,63
	Tmed	5,53	10,30	10,73	9,26	10,78
	Tmax	9,33	14,98	15,43	13,27	14,93
Regime de inverno Acréscimo de Temperatura	Tmin	-	3,90	4,28	3,49	4,89
	Tmed	-	4,77	5,19	3,73	5,25
	Tmax	-	5,64	6,10	3,93	5,60

No horizonte de médio prazo, o aumento da temperatura média anual será menos expressivo em Ribeira de Pena, com valores entre 1,05°C e 1,40°C, respetivamente nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, tendo o maior aumento em Vila Pouca de Aguiar (1,75°C) no cenário RCP 4.5 e o aumento mais expressivo em Valpaços (2,2°C), no cenário RCP 8.5.



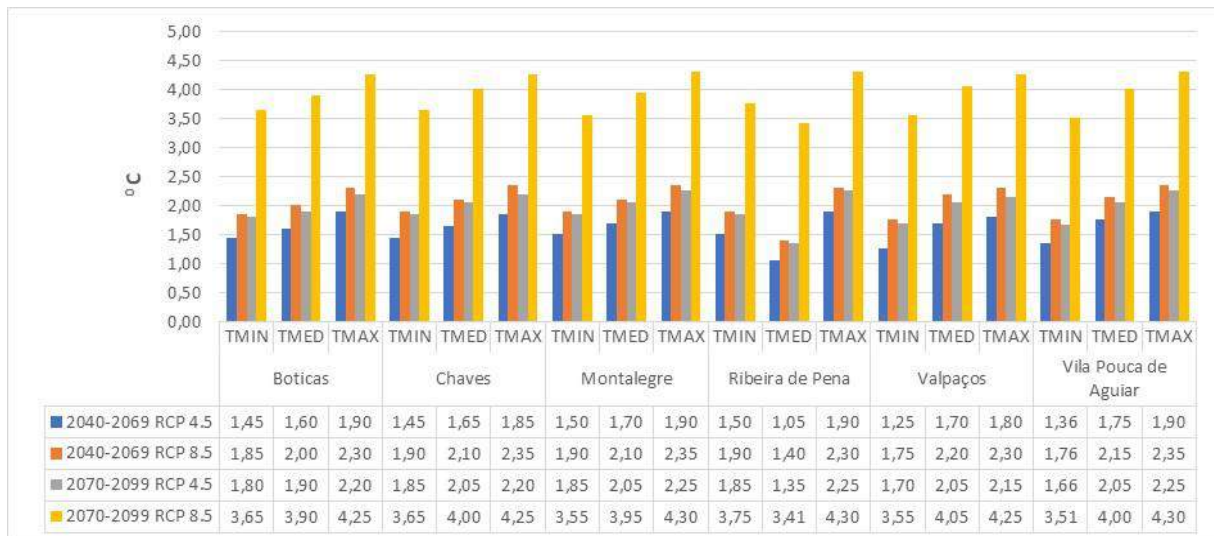


Figura 56- Projeção da variação (°C) das temperaturas médias anuais, CIM-AT (2040-69 e 2070-99).

No horizonte de longo prazo, os aumentos previstos para a temperatura média anual apresentam ligeiras flutuações entre os seis municípios, com valores entre 1,35°C (Ribeira de Pena) e 2,05°C (Chaves, Montalegre, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar) no cenário RCP 4.5, e valores entre 3,41°C (Ribeira de Pena) e 4,05°C (Valpaços).

Conforme se evidenciou, os aumentos nas médias das temperaturas são mais significativos no inverno do que nas restantes estações do ano, cujas projeções apontam para alguns decréscimos na primavera e verão, no período 2040-2069, pelo que os impactes decorrentes da variação das médias das temperaturas (mínima, média e máxima) nestas estações deverão ser menos significativos.

Nas projeções para a estação do inverno, a temperatura média pode subir até +3,8°C no cenário RCP 4.5 (Montalegre e Ribeira de Pena) e +5,4°C no cenário RCP 8.5 (Ribeira de Pena), no longo termo até final de 2099.

Para a temperatura máxima e mínima também se projeta um aumento à escala anual que, até final do século, pode atingir + 2,22°C no RCP 4.5 e +4,28°C no RCP 8.5, no caso da temperatura máxima, e +1,80°C e +3,63°C, respetivamente nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5.

### Dias quentes, muito quentes e ondas de calor

A frequência de dias de verão quentes ( $T_{max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ) e de dias de verão muito quentes ( $T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$ ) tenderá a aumentar significativamente à escala anual, principalmente os dias de verão com temperaturas máximas iguais ou superiores a 25°C, com um acréscimo médio na CIM-AT de 38,5 dias no RCP 8.5 médio termo e de 63,6 dias no RCP 8.5 longo termo.

Para os dias de verão quentes, no médio termo, Ribeira de Pena deverá registar o aumento em valor absoluto mais significativo do número de dias com temperaturas  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ , da ordem de 33,3 dias no RCP 4.5 e 39,7 dias no RCP 8.5. Por outro lado, o menor aumento deverá ocorrer em Valpaços, da ordem de 30,4 dias no RCP 4.5 e 36,2 dias no RCP 8.5. Quanto ao longo termo, o aumento absoluto mais significativo será em Montalegre, com 36,7 e 67,2 dias, respetivamente no RCP 4.5 e RCP 8.5.

Para temperatura máxima  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ , as projeções apontam para um máximo de acréscimo no meio termo de 3,5 dias e 6,3 dias, respetivamente no RCP 4.5 e RCP 8.5, em Valpaços, e para o longo termo os cenários apontam para acréscimos mais significativos, que poderão ser da ordem dos 17 dias no cenário RCP 8.5 (Valpaços).

**Tabela 49-** Projeção do número de dias de verão com temperaturas máximas ( $T_{\text{max}}$ ) quentes ( $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ), muito quentes ( $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ) e ondas de calor, CIM-AT (2040-69 e 2070-99)

Municípios CIM-AT	Dias de verão / ondas de calor (N.º de dias)	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Boticas	$T_{\text{max}} \geq 25^{\circ}\text{C}$	56,4	89,3	94,93	92	120,68
	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	0	1,57	2,38	2,33	8,27
	Onda Calor	1,27	3,52	4,05	3,78	6,32
Chaves	$T_{\text{max}} \geq 25^{\circ}\text{C}$	68,9	100,82	107,22	103,92	130,65
	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	0,5	2,8	5,12	4,23	12,8
	Onda Calor	1,33	3,32	4,15	3,73	6,42
Montalegre	$T_{\text{max}} \geq 25^{\circ}\text{C}$	45,2	76,77	84,55	81,9	112,43
	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	0	0,92	1,65	1,38	6,3
	Onda Calor	1,23	3,3	3,93	3,8	6,43
Ribeira de Pena	$T_{\text{max}} \geq 25^{\circ}\text{C}$	58,2	91,53	97,89	94,52	123,83
	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	0,1	1,5	2,63	2,58	8,92
	Onda Calor	1,27	4,03	4,28	4,1	6,28
Valpaços	$T_{\text{max}} \geq 25^{\circ}\text{C}$	82	112,42	118,25	114,97	141,53
	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	1,7	5,2	7,98	7,28	19,05
	Onda Calor	1,3	3,33	4,2	3,48	6,17
Vila Pouca de Aguiar	$T_{\text{max}} \geq 25^{\circ}\text{C}$	66,3	97,77	103,63	101,68	129,23
	$T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$	0,2	2,37	3,87	3,82	12,02
	Onda Calor	1,2	3,77	4,13	3,93	6,22

**Tabela 50-** Projeção da variação do número de dias de verão com temperaturas máximas (Tmax) quentes ( $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ), muito quentes ( $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ) e ondas de calor, CIM-AT (2040-69 e 2070-99)

Municípios CIM-AT	Temperatura	1989-2018	2040-2069		2070-2099	
	$^{\circ}\text{C}$		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Boticas	Tmax $\geq 25^{\circ}\text{c}$	56,4	32,9	38,53	35,6	64,28
	Tmax $\geq 35^{\circ}\text{c}$	0	1,57	2,38	2,33	8,27
	Onda Calor	1,27	2,25	2,78	2,51	5,05
Chaves	Tmax $\geq 25^{\circ}\text{c}$	68,9	31,92	38,32	35,02	61,75
	Tmax $\geq 35^{\circ}\text{c}$	0,5	2,3	4,62	3,73	12,3
	Onda Calor	1,33	1,99	2,82	2,4	5,09
Montalegre	Tmax $\geq 25^{\circ}\text{c}$	45,2	31,57	39,35	36,7	67,23
	Tmax $\geq 35^{\circ}\text{c}$	0	0,92	1,65	1,38	6,3
	Onda Calor	1,23	2,07	2,7	2,57	5,2
Ribeira de Pena	Tmax $\geq 25^{\circ}\text{c}$	58,2	33,33	39,69	36,32	65,63
	Tmax $\geq 35^{\circ}\text{c}$	0,1	1,4	2,53	2,48	8,82
	Onda Calor	1,27	2,76	3,01	2,83	5,01
Valpaços	Tmax $\geq 25^{\circ}\text{c}$	82	30,42	36,25	32,97	59,53
	Tmax $\geq 35^{\circ}\text{c}$	1,7	3,5	6,28	5,58	17,35
	Onda Calor	1,3	2,03	2,9	2,18	4,87
Vila Pouca de Aguiar	Tmax $\geq 25^{\circ}\text{c}$	66,3	31,47	37,33	35,38	62,93
	Tmax $\geq 35^{\circ}\text{c}$	0,2	2,17	3,67	3,62	11,82
	Onda Calor	1,2	2,57	2,93	2,73	5,02

Os cenários climáticos não apontam anomalias expressivas no número de dias com ocorrência de ondas de calor, prevendo-se um aumento de cerca de 3 dias (2,86) no RCP 8.5 médio termo e da ordem dos 5 dias no cenário RCP 8.5 longo termo.

As projeções apontam anomalias significativas para o número de dias com noites tropicais (Tmin  $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ), com um aumento de cerca de 30 dias no RCP 8.5 médio termo e de cerca de 108 dias no RCP 8.5 longo termo, o que pode configurar oportunidades para os setores económicos, em particular ao nível do turismo.

Para os dias com temperaturas  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ , as projeções apontam anomalias significativas nos quatro cenários, prevendo-se uma diminuição de cerca de 102 dias no RCP 8.5 médio termo e da ordem dos 122 dias no cenário RCP 8.5 longo termo. A redução do número de dias com temperaturas negativas representa um impacto positivo (oportunidade), que se poderá repercutir na segurança das pessoas e nas várias dimensões da atividade económica.

**Tabela 51-** Resumo da projeção das anomalias dos indicadores e índices extremos para a temperatura, CIM-AT (2040-69 e 2070-99)

Indicadores e Índices	Referência (1989-2018)	2040-2069		2070-2099	
		RCP 8.5	Anomalia (RCP 8.5 – Ref)	RCP 8.5	Anomalia (RCP 8.5 – Ref)
N.º médio de noites tropicais por ano	3,00	33,43	30,43	110,87	107,87
N.º médio de dias quentes por ano	62,83	101,08	38,25	126,39	63,56
N.º médio de dias muito quentes por ano	0,42	3,94	3,52	11,23	10,81
N.º médio de dias de ondas de calor por ano	1,27	4,12	2,86	6,31	5,04
N.º médio de dias com noites de temperaturas negativas	176,10	73,56	-102,54	53,72	-122,38

### Vento

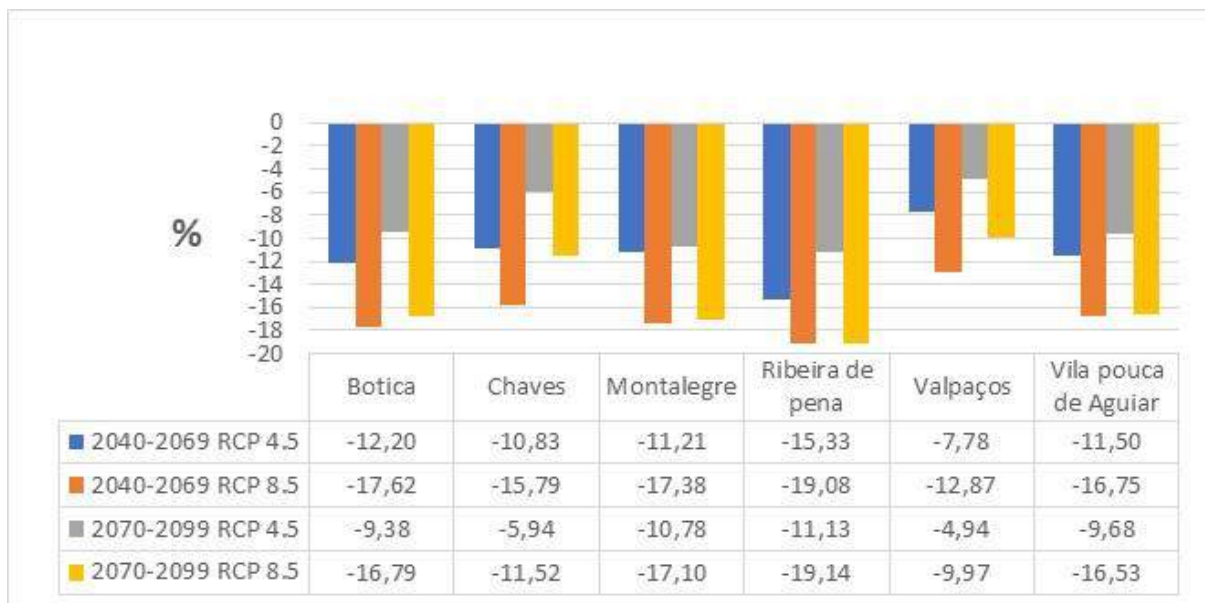
No caso do vento, as projeções apontam para alterações pouco significativas na velocidade máxima, que tenderá a decrescer ligeiramente na média anual, na ordem de 1 km/hora, nos cenários e períodos considerados. Nos regimes sazonais, as projeções apontam diferenças no regime dos ventos, prevendo-se aumentos que poderão ser da ordem de 3 km/hora no período de inverno, no cenário RCP 4.5 médio termo, com decréscimos de intensidade na estação primavera, que poderão ser da ordem de -5 km/hora no cenário RCP 4.5 médio termo.

### Precipitação

As projeções apuraram uma redução da precipitação média anual, ainda que se prevejam alterações sazonais. A este nível, projeta-se uma redução da precipitação na primavera, verão e outono, enquanto que, no inverno, deverá aumentar e com ocorrências de precipitação extrema. Com esta tendência, será previsível o alargamento e aumento de gravidade da estação seca, com o início a dar-se nos meses de primavera e o término a ocorrer em meados do outono. Na Tabela 52 apresenta-se a projeção da precipitação para os 6 municípios, evidenciando-se o decréscimo significativo na precipitação média anual (mm) nos 4 cenários considerados e nos 6 municípios.

**Tabela 52-** Projeção da variação (mm) da precipitação média anual, CIM-AT (2040-69 e 2070-99)

Municípios CIM-AT	1989-2018 (mm)	2040-2069		2070-2099	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Boticas	1101,74	-134,46	-194,1	-103,39	-185
Chaves	833,71	-90,29	-131,65	-49,54	-96,04
Montalegre	1238,20	-138,85	-215,19	-133,5	-211,77
Ribeira de Pena	1273,21	-195,16	-242,93	-141,69	-243,71
Valpaços	770,10	-59,9	-99,14	-38,01	-76,77
Vila Pouca de Aguiar	1074,28	-123,59	-179,98	-103,98	-177,62



**Figura 57-** Projeção da variação (%) da precipitação média anual, CIM-AT (2040-69 e 2070-99).

A maior redução da precipitação ocorrerá em Ribeira de Pena, com valores entre - 15,33% e -19,08% no período 2040-2069 e - 11,13% e - 19,14% no período 2070-2099, enquanto a previsão de menor redução será para Valpaços, com valores entre - 7,78% e - 12,87% no cenário de médio prazo, e - 4,94% e - 9,97% no cenário de longo prazo.

## 4.2 Riscos naturais e tecnológicos e Segurança de Pessoas

### 4.2.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras

Com base nos cenários de evolução das principais variáveis climáticas, bem como o conjunto de eventos relevantes em matéria de segurança de pessoas e bens e riscos naturais e tecnológicos, pode-se antecipar um aumento dos impactes negativos (ameaças) diretos e indiretos sobre estes setores. Com o projetado agravamento da maior parte das variáveis associadas à ocorrência dos eventos climáticos identificadas, será expectável a intensificação e aumento futuros da capacidade destrutiva destes eventos. Mas, por outro lado, algumas das variáveis tenderão a desagravar-se, o que representará um impacte positivo (oportunidades) para a Segurança de Pessoas e Bens, ainda que os ganhos possam não ser muito expressivos, no balanço final das consequências e impactes esperados das alterações climáticas.

No PIC-L da CIM-AT, sobressaem os fenómenos de precipitação excessiva/inundações, no domínio dos fatores climáticos. As projeções climáticas apontam para uma redução generalizada da quantidade de precipitação média anual na CIM-AT. No entanto, as projeções também preveem a tendência para a concentração da ocorrência de precipitação no período de inverno e a sua diluição nas restantes estações do ano.

Assim, serão esperados mais episódios de fenómenos de precipitação extrema, tal como se tem observado no decorrer das duas últimas décadas, aumentando a exposição e vulnerabilidade de pessoas e bens.

No entanto, conforme se constata e foi transmitido pelos diferentes interlocutores municipais, no decorrer dos trabalhos de campo, este fenómeno e as suas consequências adversas não incidem de igual modo nos 6 municípios da CIM-AT.

De acordo com os eventos identificados no primeiro ciclo de planeamento para a Região Hidrográfica 3 (RH3), as zonas em que, reconhecidamente, se verificaram cheias históricas de origem fluvial e/ou pluvial com danos patrimoniais e humanos significativos na Bacia do Douro afetaram a zona ribeirinha da cidade de Chaves e o concelho de Ribeira de Pena (APA 2018, Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundações. Região Hidrográfica do Douro – RH3).

Entre 2011 e 2018, foram reportados e caracterizados 46 eventos na RH3, dos quais 5 em Chaves. As cheias registadas em Chaves<sup>7</sup> foram todas de origem fluvial, associadas a

---

<sup>7</sup> Eventos reportados em: novembro de 2012, fevereiro de 2013, fevereiro de 2014, janeiro de 2016 e março de 2018.

situações de forte precipitação, subida do rio Tâmega e/ou deficiente drenagem. Os serviços afetados foram redes viárias e outros serviços públicos (APA, 2018).

A alteração nos regimes e quantitativos de precipitação conjugada com o aumento das temperaturas médias e o aumento significativo do número de dias com temperaturas  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  e do número, menos significativo, de dias com temperaturas  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  constituem, igualmente, um risco acrescido para a ocorrência de incêndios rurais / florestais com maior incidência no verão, mas antecipando e alargando no tempo o período mais propício às suas deflagrações .

Assim, o alargamento do período de maior exposição e vulnerabilidade ao risco de incêndio, terá implicações diretas e indiretas na afetação e emprego operacional dos meios de emergência, ao nível da mobilização dos Corpos de Bombeiros, disponibilidade de meios de combate a incêndios e emprego de meios aéreos.

O elevado número de incêndios (7 981) registado na sub-região CIM-AT tem comportado impactes diretos significativos sobre as pessoas, bens, equipamentos e infraestruturas, para além das consequências noutros setores, relacionados a montante e jusante, que se relacionam e impactam indiretamente na segurança de pessoas e bens.

Em termos do que se perspetiva como evolução “positiva” nos cenários climáticos, o aumento da temperatura média anual e do número de dias de noites tropicais, conjugada com a tendência de redução do número de dias com temperaturas negativas, tenderá a atenuar os impactes negativos relacionados com a ocorrência da queda de neve e formação de gelo e geada, mais frequentes no concelho de Montalegre, no âmbito da CIM-AT.

As projeções climáticas não são de molde a definir uma tendência objetiva quanto à evolução futura nas restantes tipologias de eventos, nomeadamente os ventos fortes e as tempestades/tornados, prevendo-se uma diminuição da média anual da velocidade máxima do vento e flutuações sazonais no regime de ventos.

Para além dos impactes diretos das alterações climáticas no Setor Segurança de Pessoas e Bens, as alterações climáticas projetadas resultarão em potenciais impactes negativos noutros setores, com relevância na segurança de pessoas e bens, nomeadamente:

- i. Agricultura e Florestas: as alterações no padrão médio anual e nos regimes sazonais de temperatura e precipitação, com implicação na duração e intensidade de situações de seca, poderão ter reflexos na produção agrícola de base familiar e afetar a segurança alimentar. Por outro lado, o aumento das condições de seca potência o risco de deflagração e propagação de incêndios rurais / florestais e a escassez de água para consumo;
- ii. Segurança energética: a ocorrência de fenómenos climáticos extremos, pouco provável nos cenários para a CIM-AT, como precipitação excessiva e ventos fortes / tornados, poderão contribuir para um aumento de falhas intermitentes



no fornecimento de energia elétrica, afetando o acesso a bens e serviços pela população e o funcionamento de equipamentos sociais e unidades de emergência e socorro. Por outro lado, a maior ocorrência de incêndios florestais também poderá ter implicações na segurança energética, pela afetação das redes de transporte e de distribuição de energia elétrica;

- iii. Produção de energia elétrica de origem hídrica: a redução da precipitação, conforme apontada na Figura 2, e conseqüentemente dos caudais dos principais cursos de água dos concelhos, poderá ter implicações na produção de energia elétrica nos aproveitamentos hidroelétricos existentes e em construção; e
- iv. Saúde humana: a afetação da qualidade do ar, associada às alterações nos padrões da temperatura, da precipitação, da ocorrência de ondas de calor e incêndios florestais, poderá potenciar o aumento de endemias, problemas respiratórios e cardiovasculares e o desconforto térmico, com efeitos na saúde humana e risco de perdas humanas, em particular nos segmentos da população considerados mais vulneráveis (idosos e crianças). A ocorrência de incêndios nas florestas contribui para a emissão de grandes quantidades de poluentes, com repercussões na qualidade do ar e com conseqüências na saúde das populações afetadas. O fumo é constituído por pequenas partículas, gases e vapor de água. O vapor de água constitui a maioria do fumo. O restante inclui monóxido de carbono (CO), óxido nítrico (NO<sub>3</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), compostos orgânicos voláteis irritantes (COV) (tóxicos do ar e partículas muito pequenas: PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>)<sup>8</sup>.

A Tabela 53 apresenta, esquematicamente, a síntese dos principais impactes futuros no setor segurança de pessoas e bens e riscos naturais e tecnológicos, considerando, também, os impactes positivos (oportunidades) e os impactes negativos (ameaças), decorrentes das tendências de evolução dos riscos climáticos e dos riscos naturais e tecnológicos.

---

<sup>8</sup> <https://www.dgs.pt/saude-ambiental-calor/incendios-riscos.aspx>

**Tabela 53-** Síntese dos principais impactes futuros – Setor Segurança de Pessoas e Bens

Variáveis	Anomalia Climática	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
Precipitação	Diminuição da precipitação média anual	-	<p>Redução da disponibilidade de recursos hídricos para fins agrícolas e de água para consumo, durante maiores períodos ao longo do ano</p> <p>Redução da disponibilidade de recursos hídricos para a produção de energia hidroelétrica</p>
	Alteração do padrão de precipitação, com tendência para a concentração no inverno e diminuição nas restantes estações do ano	-	<p>Aumento da probabilidade de cheias/inundações em meio urbano.</p> <p>Associado ao aumento das temperaturas e do número de dias quentes e muito quentes constitui, também, um fator de risco para a ocorrência de incêndios durante a época de verão e, estendendo-se, à primavera e outono.</p>
	Picos de precipitação excessiva	-	<p>Aumento da probabilidade de cheias súbitas;</p> <p>Deslizamento de taludes; Cortes de Vias;</p> <p>Colapso de edifícios;</p> <p>Danos em infraestruturas;</p> <p>Acidentes rodoviários.</p>
Temperatura	Aumento da temperatura média anual, da temperatura máxima e da temperatura mínima	<p>Novas oportunidades para o aproveitamento turístico e de atividades de lazer, associadas à fruição dos espaços naturais, nomeadamente florestais e hídricos.</p>	<p>Tendência para o incremento de situações de escassez de água, para consumo humano e atividades económicas;</p> <p>Contributo para o acentuar das situações de aridez e erosão do solo;</p> <p>Favorecimento das condições para a eclosão de incêndios florestais.</p>

Variáveis	Anomalia Climática	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
	Aumento do número de dias quentes, muito quentes e ondas de calor	-	<p>Tendência para o agravamento de problemas respiratórios e doenças cardiovasculares;</p> <p>Provável aumento da mortalidade, em grupos de risco;</p> <p>Danos para as cadeias de produção, em especial no setor primário (agricultura, pecuária e silvicultura);</p> <p>Alterações nos estilos de vida;</p> <p>Tendência para o incremento de equipamentos para manter o conforto térmico no parque edificado;</p> <p>Incremento do risco de incêndio.</p>
	Diminuição do número de dias com temperaturas negativas / ondas de frio	<p>Redução da morbilidade associada a ondas de frio;</p> <p>Redução da utilização de lareiras e outros sistemas de aquecimento com queima de combustíveis fósseis e inerente redução da probabilidade da ocorrência de acidentes por inalação de emissões da queima e risco de incêndio doméstico.</p>	-
	Diminuição das ocorrências de queda de neve e formação de gelo e geada	<p>Redução da afetação de culturas agrícolas, com reflexo positivo na segurança alimentar de populações idosas e isoladas;</p> <p>Redução da afetação de equipamentos e serviços (estradas, escolas, etc.);</p> <p>Redução da morbilidade associada;</p>	-

Variáveis	Anomalia Climática	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
		Redução de acidentes rodoviários.	
Seca / Erosão dos Solos	-	-	<p>Afetação da qualidade de vida das pessoas;</p> <p>Danos para as atividades produtivas, empresarias e/ou não-empresarias, com maior incidência no Setor Primário;</p> <p>Afetação da disponibilidade de água;</p> <p>Perturbação no abastecimento de água;</p> <p>Incêndios florestais;</p> <p>Problemas fitossanitários;</p> <p>Alteração nos ecossistemas.</p>

Na região CIM-AT, as alterações deverão ter como principais impactes negativos diretos o aumento das temperaturas, a diminuição da precipitação média anual, a concentração da precipitação no período de inverno e a sua redução nas restantes estações e o aumento dos dias quentes e muito quentes.

O aumento da temperatura, com a inerente redução da humidade, conjugado com a ocorrência de dias consecutivos de temperaturas elevadas / muito elevadas e do período seco, são fatores que potenciam o risco dos incêndios florestais. Os incêndios florestais ocorrem todos os anos no território de Portugal Continental, com particular incidência durante o período de verão. Com a intensificação dos incêndios, a capacidade de regeneração dos ecossistemas diminui, há perda de biodiversidade, escassez de água, alterações na temperatura, erosão do solo devido à da destruição do coberto vegetal, e poluição dos

recursos hídricos. Um incêndio com maior duração afeta a saúde de quem está exposto, não só as populações, como todos os envolvidos na resposta.

Como principais impactes positivos (oportunidades) na região CIM-AT identificaram-se os associados ao aumento do número de dias de noites tropicais e à redução do número de noites com temperaturas negativas, o que reduz as necessidades de aquecimento no inverno e a ampliação do período de atividades turísticas mais repartido ao longo do ano, atenuando os efeitos da sazonalidade e dependência do verão.

Associados aos impactes diretos nos fatores meteorológicos, associam-se a desertificação e erosão dos solos, e consequente afetação dos ecossistemas deles dependentes, com reflexos nas atividades humanas.

As vulnerabilidades futuras, no contexto dos cenários considerados no presente estudo, estarão relacionadas com a maior suscetibilidade do território à desertificação dos solos, devido particularmente à erosividade da precipitação associada aos eventos extremos e ao aumento das temperaturas.

No território da CIM-AT a maior vulnerabilidade ocorrerá nas áreas de suscetibilidade elevada e moderada (66,5% e 14% da área da CIM-AT, respetivamente).

Como salientado no relatório da Fase 1, no horizonte temporal dos cenários considerados no presente estudo, o território exposto a esta tipologia de risco está associado principalmente às vertentes das principais elevações do território da CIM do Alto Tâmega.

À semelhança do estimado para as consequências de impactes diretos, também ao nível de consequências de impactes indiretos se identificam outros setores, cujos efeitos adversos podem ser relevantes para a Segurança de Pessoas e Bens, nomeadamente:

- i. Recursos hídricos – a concentração da precipitação no período de inverno e a redução de precipitação nas estações de primavera, verão e outono, aumentam a probabilidade de ocorrência de cheias e inundações, em situações extremas. A ocorrência de situações de precipitação intensa/extrema nos pós incêndios florestais severos intensifica a erosão hídrica dos solos e a possibilidade de contaminação de rios e albufeiras com as cinzas e outros contaminantes, transportados pela escorrência das águas, podendo afetar as próprias redes públicas de água para consumo;
- ii. Transportes e comunicações – num cenário de maior probabilidade de frequência e intensidade de fenómenos climáticos extremos, os danos em infraestruturas de distribuição de energia elétrica, de telecomunicações e de transporte rodoviárias podem dificultar a resposta de emergência, dificultando a coordenação e ação dos meios de socorro, o que poderá constituir um fator de risco acrescido, principalmente sobre as populações envelhecidas e em situações de isolamento; e

- iii. Sistemas hidráulicos – situações de precipitação extrema poderão ter implicações na gestão de caudais nas barragens, aumentando o risco de cheias súbitas, com afetação de pessoas, bens e equipamentos.

No território da CIM-AT existem numerosas barragens em exploração e está em curso a construção de três novas barragens, duas no rio Tâmega e uma no rio Torno, as quais constituem perigosidade potencial para a população e para infraestruturas e atividades humanas dos vales a jusante e também das próprias albufeiras.

Na presente fase dos estudos, ainda não foram disponibilizados os respetivos Planos de Emergência, os quais permitiriam identificar com detalhe as vulnerabilidades futuras nos vales a jusante das barragens e também nas respetivas albufeiras.

As atividades e presença humanas nos vales a jusante das barragens e nas albufeiras e margens poderão ser afetadas em caso de rotura, considerando-se assim que existe uma vulnerabilidade significativa a este tipo de risco no território da CIM-AT, relacionado com eventos climáticos extremos (precipitação intensa), e com outros tipos de eventos como sismos de magnitude elevada, atos terroristas, manobra inadequada dos órgãos de segurança, entre outros, que possam desencadear processos que conduzam à rotura de barragens.

No contexto de alterações climáticas, e tendo presente os cenários estudados no âmbito do presente estudo, consideram-se as áreas potencialmente inundadas dos vales a jusante como as mais vulneráveis, devido a eventual rotura de barragens provocada por eventos externos de precipitação.

Assumem particular relevância as vulnerabilidades futuras das captações de água localizadas nas albufeiras das referidas barragens, as quais constituem parte dos sistemas de abastecimento de água que servem os municípios da CIM-AT. Num cenário de uma eventual rotura de barragem, a inoperacionalidade dessas captações, tanto nas albufeiras como nos vales a jusante das barragens, afetará a população, atividades humanas, infraestruturas e ecossistemas.

#### **4.2.2 Avaliação do risco climático setorial**

A avaliação de riscos climáticos futuros na região da CIM-AT é um passo fundamental para o reconhecimento dos setores particularmente vulneráveis e para delinear as diferentes opções de adaptação, tendo em vista a mitigação das ameaças e vulnerabilidades identificadas e a potenciação de oportunidades.

A determinação de risco foi obtida através da multiplicação da frequência de ocorrência de um determinado tipo de evento, pela magnitude das consequências causadas

pelos impactes desse evento. Tanto a frequência de ocorrência (atual e futura) de um evento como a magnitude das suas consequências foram avaliadas numa escala de 1 (baixa) a 3 (alta).

Os riscos climáticos que apresentam um potencial de aumento mais acentuado são os relacionados com o aumento da temperatura média, com o acréscimo de dias muito quentes, dias de verão e noites tropicais, e de dias de ondas de calor. Por outro lado, a precipitação total tenderá a diminuir nos dois cenários, quer no médio prazo, quer no longo prazo. O regime sazonal registará uma alteração no sentido de um provável alargamento e acentuação da severidade da estação seca, com maior concentração e picos elevados de precipitação no inverno.

No âmbito deste Setor, salientam-se os efeitos das alterações nos padrões de temperatura e precipitação na intensificação das situações de seca, de escassez e/ou degradação de recursos hídricos, desertificação e erosão do solo e no risco de incêndio, devido às condições dos combustíveis florestais. A escassez de água tenderá a agravar-se e constituirá um problema ambiental e humano de maior relevância.

Como salientado no relatório da Fase 1, a erosão dos solos pode levar à desertificação e conseqüente afetação dos ecossistemas deles dependentes, com reflexos nas atividades humanas.

As vulnerabilidades futuras, no contexto dos cenários considerados no presente estudo, estarão relacionadas com a maior suscetibilidade do território à desertificação dos solos, devido particularmente à erosividade da precipitação associada aos eventos extremos.

No território da CIM-AT a maior vulnerabilidade ocorrerá nas áreas de suscetibilidade elevada e moderada (66,5% e 14% da área da CIM-AT, respetivamente).

Como salientado no relatório da Fase 1, no horizonte temporal dos cenários considerados no presente estudo, o território exposto a esta tipologia de risco está associado principalmente às vertentes das principais elevações do território da CIM do Alto Tâmega. Relativamente ao risco de queda de neve e à queda de granizo, não são expetáveis alterações significativas aos padrões atuais, registando-se uma tendência generalizada aos seis municípios para um decréscimo de dias neste evento extremo.

As tempestades/tornados e as trovoadas/raios têm pouca expressão em matéria de segurança de pessoas e bens na CIM-AT, além de que as projeções não permitem avaliar tendências de evolução, pelo que para o perfil de risco não se identificam alterações ao longo do período de análise.

Por último, no que concerne aos ventos fortes, os cenários de evolução apontam para a redução do número de dias em que a velocidade máxima do vento excede os 30 km/h, todos os municípios deverão registar um decréscimo da ordem de -4%. No entanto, a incerteza associada a estes eventos e considerando as características dos seus impactes e



consequências, a projeção do nível de risco deve ser observada com cautela e em articulação com o princípio da precaução.

Na Tabela 54 sintetizam-se os principais riscos climáticos que poderão ocorrer como resultado das alterações climáticas nos territórios municipais da CIM-AT, do presente ao longo prazo, com a definição da tendência de risco.

A avaliação da potencial evolução dos riscos climáticos na sub-região Alto Tâmega é indispensável para o passo seguinte, onde se procede à priorização dos riscos climáticos e, posterior, levantamento das necessidades de adaptação dos setores Segurança de Pessoas e Bens e Riscos Naturais e Tecnológicos.

**Tabela 54-** Avaliação do risco climático – Setor Segurança de Pessoas e Bens

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2099)	
1.A Temperaturas elevadas/ ondas de calor	2	6	9	↑
1.B Secas	7	9	9	↑
2.A Redução da precipitação média anual	3	6	9	↑
2.B Precipitação extrema /inundações	3	4	6	↑
3.A Temperaturas baixas/ondas de frio	4	3	2	↓
3.B Neve/gelo/geadas	6	4	3	↓
3.C Granizo	3	3	3	↔
4.A Ventos fortes	2	2	2	↔
4.B Tempestades/tornados/trovoadas	1	1	1	↔

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

Perante esta avaliação do risco climático, no âmbito do da Segurança de pessoas e Bens, também são relevantes os fatores não climáticos. Da interação entre os dois tipos de fatores, a ocorrência de determinado evento pode ter consequências mais ou menos gravosas. Assim, a conjugação destes dois conjuntos de fatores deve, também, ser

considerada em termos evolutivos, uma vez que a sua conjugação poderá potenciar os riscos e a afetação de vidas humanas e bens na sub-região Alto Tâmega. Desta articulação, resultará a determinação das medidas de adaptação a implementar, pelo que desde já se identificam os fatores não-climáticos relevantes para este Setor:

- i. Aspectos demográficos – designadamente relacionados com a prevalência de índices de envelhecimento e isolamento da população residente, com menor autonomia e mobilidade, maior exposição e maior vulnerabilidade aos efeitos dos eventos extremos de origem climática, com implicações na saúde humana e segurança alimentar;
- ii. Aspectos sociais – decorrentes da menor capacidade de intervenção no território por parte da população idosa, refletindo-se na capacidade de resposta e na implementação eficaz de medidas de prevenção e mitigação;
- iii. Aspectos económicos – relacionados com as necessidades de financiamento e manutenção dos meios de resposta às várias tipologias de eventos climáticos extremos, o que pode influenciar de forma significantes os impactes resultantes da ocorrência destes eventos; e
- iv. Aspectos institucionais – designadamente no que concerne aos mecanismos de articulação entre serviços e entre as várias entidades regionais, municipais e locais envolvidas, refletindo-se na capacidade de resposta a emergências, principalmente face a eventos cujos impactes assumam uma dimensão territorial mais vasta.

#### **4.2.3 Priorização dos riscos climáticos**

Para a priorização dos riscos climáticos com maior incidência no Setor Segurança de Pessoas e Bens / Riscos Naturais e Tecnológicos procedeu-se à elaboração das respetivas matrizes de risco, considerando a situação atual, o médio termo e o longo termo.

Esta priorização permite identificar as vulnerabilidades futuras e que necessitam de respostas efetivas através da adaptação, a serem identificadas e implementadas globalmente no território da sub-região Alto Tâmega e, especificamente, ao nível de cada um dos 6 municípios deste território.

O aumento dos fenómenos extremos, ao nível das temperaturas elevadas/ondas de calor (1.A) e secas (1.B), da redução da precipitação média anual (2.A) e da precipitação intensa (2.B), serão os novos desafios que apresentam um nível de risco mais elevado no médio e longo termo, no setor Segurança de Pessoas e Bens, e, assim, necessitam de ser equacionados desde já (Figura 58).

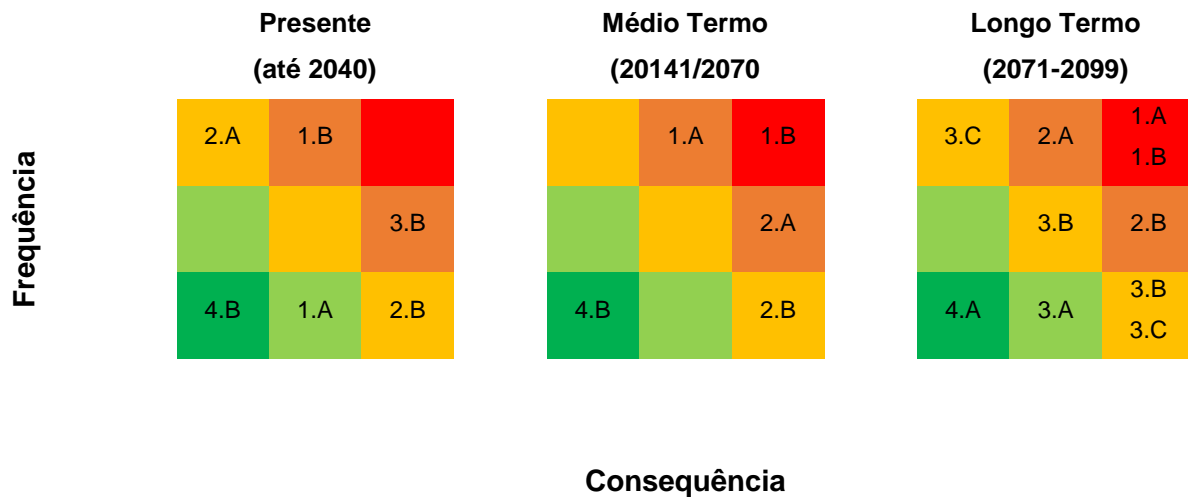


Figura 58- Matriz de risco

#### 4.2.4 Principais conclusões

A partir do conjunto de eventos climáticos ocorridos no Alto Tâmega, com relevância para os setores Segurança de Pessoas e Bens e Riscos Naturais e Tecnológicos, salientam-se que os impactes diretos associados a eventos de precipitação excessiva/cheias inundações (292), a situações de queda de gelo/neve/geada (45) e a situações de ocorrência de tempestades/tornados (11) foram os mais significativos no período considerado, que é a base da avaliação do risco presente.

A médio e a longo prazo, os impactes diretos decorrentes do aumento da temperatura média e do número de dias com temperaturas elevadas, em conjugação com a redução dos quantitativos anuais de precipitação e a sua concentração na estação do inverno, levarão ao agravamento das situações de seca e de escassez de água, com afetação direta das populações.

Em termos de impactes indiretos, com incidência na segurança de pessoas e bens, a elevação da temperatura, aumento dos períodos de seca e concentração da precipitação, potenciarão a ignição de incêndios rurais/florestais que, para além da afetação de pessoas e bens, também terão impactes negativos pela afetação de infraestruturas e equipamentos.

As situações de precipitação extrema também terão impactes indiretos na segurança de pessoas e bens e nos riscos naturais e tecnológicos que, para além das cheias/inundações, tenderão a aumentar os riscos de erosão hídrica de solos, afetação de infraestruturas rodoviárias, deslizamento de vertentes, afetação de construções (risco de derrocada) e os riscos de acidentes hidráulicos, decorrentes de uma forte presença de barragens de várias dimensões no Alto Tâmega.

Para além dos impactes diretos e indiretos dos fenómenos climáticos extremos na segurança de pessoas e bens e nos riscos naturais e tecnológicos, também se identificaram fatores não-climáticos relevantes para estes setores, nomeadamente os aspetos demográficos (envelhecimento e isolamento), aspetos económicos para a necessária adaptação (onde se identificaram oportunidades), e aspetos institucionais, onde se destacam o relacionamento de entidades aos diferentes níveis espaciais e a alocação de meios de emergência em situações de grande abrangência territorial.

A visita realizada à região em estudo permitiu ver no terreno a especificidade de cada um dos 6 municípios e auscultar a sensibilidade dos representantes municipais para a questão das alterações climáticas e respetivos impactes no desenvolvimento futuro da região CIM-AT.

As diferenças nos efetivos populacionais e usos e ocupação predominantes do solo em cada um dos municípios, ainda que apresentem aspetos comuns, comportam uma grande diversidade.

O concelho de Chaves, sendo o mais populoso, concentra uma parte significativa da população residente e das atividades empresarias na cidade de Chaves e nos seus arredores, nas duas margens do rio Tâmega.

Os impactes identificados e avaliados das alterações climáticas terão, assim, dimensões diversificadas nos municípios, decorrentes da especificidade e diversidade presente em cada um deles.


Um fator de preocupação comum a todos os municípios, referido na visita, será o risco associado ao aumento das temperaturas e alteração nos padrões de precipitação, que terão repercussões na erosão dos solos, baixa de produtividade agrícola e abastecimento de água para consumo.

Os riscos mistos e tecnológicos não foram valorizados pelos municípios, sendo apontados alguns riscos associados ao abandono de antigas pedreiras, sem os respetivos planos de segurança e de recuperação, e os riscos associados ao transporte rodoviário de mercadorias perigosas, como na estrada N213, entre Valpaços e Mirandela.

Segundo se apurou localmente, as unidades autónomas de regaseificação (UAG's) de gás natural liquefeito (GNL) existentes na CIM-AT não levantam preocupações acrescidas, tendo em conta a sua localização e pouca vulnerabilidade face aos cenários de alterações climáticas.

De seguida apresenta-se um pequeno enquadramento de aspetos em destaque em cada um dos 6 municípios da CIM-AT, que também procura refletir a informação veiculada em cada município no decorrer da visita efetuada pela equipa do Plano.

**Tabela 55-** Ficha síntese do município de Boticas

Riscos Climáticos e Mistos	Impactes: diretos e indiretos
Precipitação	<p>A redução da precipitação média e da sua repartição ao longo do ano poderá ter consequências na exploração hidroelétrica na Barragem do Canedo e na Barragem de Covas do Barroso, para assegurar outros usos da água.</p> <p>Poderá acrescer o risco de deflagração propagação de incêndios florestais.</p>
Temperatura	<p>O aumento das temperaturas médias, associado à diminuição da precipitação, darão origem a secas e escassez de água, com afetação de pessoas e bens.</p> <p>Risco moderado de afeção da saúde humana, em consequência de dias contínuos de temperaturas elevadas e muito elevadas e possibilidade de ondas de calor.</p>
Secas	<p>A seca associada à redução de precipitação poderá implicar a afetação da distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>Aumenta a vulnerabilidade aos riscos futuros de erosão dos solos na maioria da extensão do território, excetuando-se o setor nordeste.</p>
Incêndios	<p>Aumento de ocorrências de incêndios agrícolas / florestais.</p> <p>Emissão de grandes quantidades de poluentes, com repercussões na qualidade do ar e com consequências na saúde das populações afetadas.</p> <p>Agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares devido aos fumos dos incêndios de grande dimensão e duração.</p>
Tecnológicos	<p>Risco de falhas nos sistemas de recolha e drenagem de águas pluviais e lixivantes no Aterro Sanitário de Boticas, em situações de precipitação intensa e concentrada.</p> <p>Risco de derrame de lixiviados (líquidos) e acidentes rodoviários no transporte de resíduos, associados a situações de condições meteorológicas extremas.</p> <p>Risco do aumento da incidência de vetores transmissores dos perigos associados ao depósito de resíduos, por via do aumento da temperatura média e das temperaturas máximas.</p>
 <p>A Marca “Carne Barrosã” – DOP, um dos produtos emblemáticos no município de Boticas</p>	

**Tabela 56-** Ficha síntese do município de Chaves

Riscos Climáticos e Mistos	Impactes: diretos e indiretos
Precipitação	<p>O risco de inundações urbanas pode aumentar, devido a situações de precipitação intensa e concentrada.</p> <p>A diminuição da precipitação média e da sua repartição ao longo do ano poderá afetar a distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>Poderá acrescer o risco de deflagração propagação de incêndios florestais.</p>
Temperatura	<p>O aumento das temperaturas médias, associado à diminuição da precipitação poderão desencadear secas e escassez de água, com afetação de pessoas e bens.</p> <p>O aumento da temperatura mínima e a redução dos dias favoráveis à formação de gelo e geada poderão ter um impacte positivo na exploração agrícola na veiga ao longo do Tâmega.</p> <p>Risco moderado de afeção da saúde humana, em consequência de dias contínuos de temperaturas elevadas e muito elevadas e possibilidade de ondas de calor.</p>
Secas	<p>A seca associada à redução de precipitação poderá implicar a afetação da distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>A maior vulnerabilidade futura aos riscos de erosão estará associada às áreas de suscetibilidade elevada, com maior expressividade nas áreas limítrofes do concelho, abrangendo sobretudo os setores nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste.</p>
Incêndios	<p>Aumento de ocorrências de incêndios agrícolas / florestais.</p> <p>Emissão de grandes quantidades de poluentes, com repercussões na qualidade do ar e com consequências na saúde das populações afetadas.</p> <p>Agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares devido aos fumos dos incêndios de grande dimensão e duração.</p>
Tecnológicos	<p>Risco associado a pedreiras abandonadas, sem implementação de medidas de segurança.</p> <p>Risco associado a areiros e saibeiros abandonados, sem a implementação de medidas de segurança.</p> <p>Risco de descargas e contaminação dos recursos hídricos, nomeadamente o rio Tâmega.</p>






Veiga de Chaves a ladear o rio Tâmega, com a exploração agrícola atual vocacionada para a produção de forragens para alimentar as explorações pecuárias.

**Tabela 57-** Ficha síntese do município de Montalegre

Riscos Climáticos e Mistos	Impactes: diretos e indiretos
Precipitação	<p>A diminuição da precipitação média e da sua repartição ao longo do ano poderá afetar a distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>Imprevisibilidade na ocorrência de precipitação, com afetação de algumas atividades agrícolas (e.g. ceifa, aplicação de tratamentos, etc.).</p> <p>Poderá acrescer o risco de deflagração propagação de incêndios florestais.</p>
Temperatura	<p>O aumento das temperaturas médias, associado à diminuição da precipitação poderão desencadear secas e escassez de água, com afetação de pessoas e bens.</p> <p>O aumento da temperatura mínima e a redução dos dias favoráveis à formação de gelo e geada poderão ter um impacte positivo na agricultura e na afetação de pessoas e atividades.</p> <p>Risco moderado de afeção da saúde humana, em consequência de dias contínuos de temperaturas elevadas e muito elevadas e possibilidade de ondas de calor.</p>
Secas	<p>A seca associada à redução de precipitação poderá implicar a afetação da distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>A maior parte do território (79,2%) terá maior vulnerabilidade à erosão dos solos, com particular incidência nos setores noroeste, oeste e sudoeste, sobretudo devido à existência de declives acentuados.</p>
Incêndios	<p>Aumento de ocorrências de incêndios agrícolas / florestais.</p> <p>Emissão de grandes quantidades de poluentes, com repercussões na qualidade do ar e com consequências na saúde das populações afetadas.</p> <p>Agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares devido aos fumos dos incêndios de grande dimensão e duração.</p>



Tecnológicos	<p>Risco associado a pedreiras abandonadas, sem implementação de medidas de segurança.</p> <p>Risco associado a areiros e saibreiros abandonados, sem a implementação de medidas de segurança.</p> <p>Risco de descargas e contaminação dos recursos hídricos, nomeadamente o rio Cávado.</p>
 <p>Albufeira da Barragem do Alto Rabagão, no Rio Cávado.</p>	

**Tabela 58-** Ficha síntese do município de Ribeira de Pena

Riscos Climáticos e Mistos	Impactes: diretos e indiretos
Precipitação	<p>A diminuição da precipitação média e da sua repartição ao longo do ano poderá afetar a distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>Potencias afetações nos aproveitamentos hidroelétricos.</p> <p>Poderá acrescer o risco de deflagração propagação de incêndios florestais.</p>
Temperatura	<p>O aumento das temperaturas médias, associado à diminuição da precipitação poderão desencadear secas e escassez de água , com afetação de pessoas e bens.</p> <p>Risco moderado de afeção da saúde humana, em consequência de dias contínuos de temperaturas elevadas e muito elevadas e possibilidade de ondas de calor.</p>
Secas	<p>A seca associada à redução de precipitação poderá implicar a afetação da distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>A maior parte do território (77%) no concelho de Ribeira de Pena apresenta suscetibilidade elevada à erosão do solo, principalmente nos setores norte, leste e sul do concelho.</p>
Incêndios	<p>Aumento de ocorrências de incêndios agrícolas / florestais.</p> <p>Emissão de grandes quantidades de poluentes, com repercussões na qualidade do ar e com consequências na saúde das populações afetadas.</p> <p>Agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares devido aos fumos dos incêndios de grande dimensão e duração.</p>

<p>Tecnológicos</p>	<p>Risco associado a pedreiras abandonadas, sem implementação de medidas de segurança.</p> <p>Incerteza quanto à influência da albufeira da Barragem de Daivões na formação de nevoeiros.</p> <p>Risco de afetação do Rio Tâmega, pela construção da Barragem de Daivões.</p> <p>Risco associado a escombrelas nas vertentes do Tâmega.</p>
 <p>Barragem de Daivões (construção), no Rio Tâmega.</p>	

**Tabela 59-** Ficha síntese do município de Valpaços

<p><b>Riscos Climáticos e Mistos</b></p>	<p><b>Impactes: diretos e indiretos</b></p>
<p>Precipitação</p>	<p>A diminuição da precipitação média e da sua repartição ao longo do ano poderá afetar a distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>Afetação de soutos, amendoal e olival.</p> <p>Poderá acrescer o risco de deflagração propagação de incêndios florestais.</p>
<p>Temperatura</p>	<p>O aumento das temperaturas médias, associado à diminuição da precipitação poderão desencadear secas e escassez de água , com afetação de pessoas e bens.</p> <p>Afetação da produção das principais culturas agrícolas.</p> <p>Risco moderado de afeção da saúde humana, em consequência de dias contínuos de temperaturas elevadas e muito elevadas e possibilidade de ondas de calor.</p>
<p>Secas</p>	<p>A seca associada à redução de precipitação poderá implicar a afetação da distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>As áreas com maior vulnerabilidade futura ocupam mais de metade do território concelhio, correspondendo aos setores sudoeste, sul e nordeste do concelho de Valpaços.</p>
<p>Incêndios</p>	<p>Aumento de ocorrências de incêndios agrícolas / florestais.</p> <p>Emissão de grandes quantidades de poluentes, com repercussões na qualidade do ar e com consequências na saúde das populações afetadas.</p> <p>Agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares devido aos fumos dos incêndios de grande dimensão e duração.</p>

Tecnológicos	Risco associado ao movimento de viaturas pesadas na estrada N213, entre Valpaços e Mirandela.
 <p data-bbox="459 831 1134 853">Mosaicos de culturas predominantes no concelho de Valpaços.</p>	

**Tabela 60-** Ficha síntese do município de Vila Pouca de Aguiar

Riscos Climáticos e Mistos	Impactes: diretos e indiretos
Precipitação	<p>A diminuição da precipitação média e da sua repartição ao longo do ano poderá afetar a distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>Poderá acrescer o risco de deflagração propagação de incêndios florestais.</p>
Temperatura	<p>O aumento das temperaturas médias, associado à diminuição da precipitação poderão desencadear secas e escassez de água, com afetação de pessoas e bens.</p> <p>Risco moderado de afeção da saúde humana, em consequência de dias contínuos de temperaturas elevadas e muito elevadas e possibilidade de ondas de calor.</p> <p>Fragilidade dos sistemas agroflorestais e aumento da suscetibilidade às pragas após a ocorrência de incêndios.</p>
Secas	<p>A seca associada à redução de precipitação poderá implicar a afetação da distribuição de água para consumo humano e atividades económicas.</p> <p>A suscetibilidade à desertificação e erosão do solo com maior representatividade no concelho de Vila Pouca de Aguiar abrange cerca de 66% do território, com particular incidência nos setores noroeste, oeste, sudoeste, leste e nordeste.</p>
Incêndios	<p>Aumento de ocorrências de incêndios agrícolas / florestais.</p> <p>Emissão de grandes quantidades de poluentes, com repercussões na qualidade do ar e com consequências na saúde das populações afetadas.</p> <p>Agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares devido aos fumos dos incêndios de grande dimensão e duração.</p>
Tecnológicos	<p>Riscos associados à exploração da Pedreira de Gouvães.</p> <p>Risco de afetação do Rio Torno, associado à exploração da pedreira e construção da Barragem de Gouvães.</p>





Esquerda: Barragem de Gouvães (construção), no Rio Torno.  
Direita: Rio Torno. Em 2º plano, Pedreira de Gouvães



Unidade Autónoma de Gaseificação de Vila Pouca de Aguiar.

### **4.3 Ordenamento de território, cidade e vulnerabilidades urbanas**

#### **4.3.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras**

Como referido no relatório da Fase 1, o PNPT 2019 introduz o conceito das Mudanças Críticas, dando relevância às Mudanças Ambientais e Climáticas, as quais são transversais às outras mudanças críticas identificadas naquele Plano de âmbito nacional.

No âmbito do território da CIM-AT, entre as Mudanças Ambientais e Climáticas previstas (secção 3), destacam-se os fatores aumento da temperatura média diária e variações nas temperaturas médias máximas e mínimas, assim como no aumento da ocorrência de noites tropicais, e alteração dos padrões de precipitação, cujos impactes serão mais prováveis de afetar a Região do Alto Tâmega, provocando a degradação e perda de recursos ambientais, atuando nos riscos e vulnerabilidades e induzindo alterações económicas e sociais no âmbito territorial da CIM-AT.

As cidades e outras áreas urbanas, como os aglomerados populacionais, enquanto espaços privilegiados de concentração da maior parte da população no território, são particularmente vulneráveis às alterações climáticas, em resultado de fatores como a artificialização do território, da dependência de sistemas de infraestruturas e de recursos exteriores. Estes espaços de intensa atividade humana contribuem para emissões gasosas e de partículas, com efeitos acentuados pelo aumento da temperatura e diminuição da precipitação, os quais têm incidência na saúde humana.

Por outro lado, as cidades têm uma influência importante no seu próprio clima, gerando “ilhas de calor” no espaço territorial urbano devido às modificações dos balanços radiativos e energéticos. Estas modificações traduzem-se pelo aumento da temperatura do ar, particularmente no centro das cidades, interferindo também com a velocidade e direção do vento, determinando por um lado a redução da velocidade e por outro lado criando corredores de aceleração do vento em função da morfologia urbana, e por vezes contribuindo para o aumento localizado da precipitação.

Como salientado nas previsões de alteração das variáveis climáticas no âmbito do presente estudo, o vento, a frequência de ondas de calor e de frio registarão variações pouco expressivas.

A estas variações corresponderão impactes nas cidades e espaços urbanos e relacionados com o Ordenamento do Território, devido às alterações climáticas e considerando os cenários desenvolvidos no presente estudo. Alguns serão manifestamente negativos, constituindo ameaças nos territórios urbanos (como a redução da precipitação anual ou o aumento das ocorrências de precipitação extrema e da temperatura/ondas de calor), outros poderão considerar-se como tendo uma incidência positiva (caso do aumento

da temperatura), atenuando a expressão negativa atual e futura de algumas variáveis como as vagas de frio, ou as ocorrências de geada, queda de neve ou granizo, e ainda as trovoadas/tempestades.

Como salientado no capítulo dos riscos naturais, sobressaem os fenómenos de precipitação excessiva / inundações, no domínio dos fatores climáticos. A maior frequência de ocorrência de fenómenos de precipitação extrema, como se tem observado, aumentam a exposição e vulnerabilidade dos espaços urbanos. Nos anos mais recentes, as repetições de cheias/inundações na região, com maior preponderância na cidade de Chaves, têm demonstrado a crescente afetação de espaços urbanos e particularmente das cidades.

Na Tabela 61 sintetizam-se os impactes futuros mais relevantes no setor Ordenamento do Território, cidades e vulnerabilidades urbanas (negativos e positivos), tendo em conta as projeções efetuadas no âmbito do presente estudo e descritas na secção 3. Os impactes positivos traduzem-se por oportunidades a ter em consideração nas ações de planeamento e ordenamento territorial (sobretudo nos planos municipais de ordenamento do território), com especial incidência nas áreas urbanas, embora sejam transversais a todo o território, alguns comuns a vários setores.

**Tabela 61-** Síntese dos principais impactes futuros - ordenamento de território, cidades e vulnerabilidades urbanas

Variáveis	Anomalia	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
Precipitação	Diminuição da precipitação média anual	<p>Revisão das estratégias de promoção do uso eficiente da água;</p> <p>Procura de novas origens de água e reforço das atuais</p> <p>Revisão das estratégias de promoção da eficiência energética.</p>	<p>Diminuição das disponibilidades hídricas para abastecimento público e para as atividades económicas</p> <p>Redução da disponibilidade hídrica para produção de energia hidroelétrica.</p>
	Alteração do padrão de precipitação, com tendência para a concentração no inverno e diminuição nas restantes estações do ano		Aumento da exposição a períodos prolongados de seca / escassez de água

Variáveis	Anomalia	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
	Picos de precipitação excessiva	<p>Reflexão sobre a oportunidade de desenvolver sistemas de aviso e alerta em meio urbano para mitigação dos efeitos das inundações no património construído e nas atividades económicas e sociais;</p> <p>Desenvolvimento de estudos hidrológicos/hidráulicos para criação de bacias de retenção a montante dos sistemas de drenagem pluvial em meio urbano com vista a retardar a chegada da ponta de cheia.</p>	<p>Aumento da frequência de cheias rápidas e inundações em meio urbano com afetações no património edificado e atividades económicas e sociais;</p> <p>Aumento da exposição dos vales a jusante dos aproveitamentos hidroelétricos em caso de rotura de barragens, com potenciais afetações de população, atividades humanas, infraestruturas e ecossistemas ribeirinhos;</p> <p>Aumento da erosão hídrica do solo</p>
Temperatura	Aumento da temperatura média diária anual, da temperatura máxima e da temperatura mínima	<p>Introdução de novas espécies nos espaços verdes urbanos, adaptadas a temperaturas mais elevadas e menos exigentes em água;</p> <p>Novas oportunidades para o aproveitamento e diversificação das atividades turísticas e de lazer, nos espaços naturais.</p>	<p>Aumento da escassez de água para consumo humano e atividades económicas;</p> <p>Agravamento das situações de aridez e erosão do solo;</p> <p>Aumento da exposição aos incêndios florestais com degradação do património e da qualidade do ar no meio rural e nos espaços urbanos;</p> <p>Afetação de culturas com perdas de produtividade e rendimento agrícola e florestal;</p> <p>Aumento do consumo de água</p>



Variáveis	Anomalia	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
	Aumento do número de dias quentes, muito quentes e ondas de calor	<p>Inclusão nos IGT (particularmente nos regulamentos dos planos municipais de ordenamento do território) da utilização de materiais e equipamentos de maior eficiência energética beneficiando o conforto dos edifícios tanto nos espaços urbanos como nos espaços rurais;</p> <p>Procura de novas origens de água e reforço das atuais para fazer face ao aumento dos consumos</p>	<p>Afetação do conforto térmico das habitações;</p> <p>Aumento de problemas respiratórios e propagação de vetores de doença sobretudo nos espaços urbanos;</p> <p>Aumento do risco de incêndio;</p> <p>Aumento do consumo de água</p>
	Diminuição do número de dias com temperaturas negativas / ondas de frio	<p>Redução da morbidade associada a ondas de frio</p> <p>Redução dos consumos energéticos para aquecimento</p>	
	Diminuição das ocorrências de queda de neve e formação de gelo e geada	<p>Redução da afetação de culturas agrícolas</p> <p>Redução da frequência de obstrução dos sumidouros da rede de drenagem pluvial em meio urbano motivado pela acumulação esporádica de gelo provocada pela queda de granizo</p>	

Variáveis	Anomalia	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
Seca / Erosão dos Solos			<p>Afetação da qualidade de vida da população;</p> <p>Aumento do assoreamento de passagens hidráulicas e da rede de drenagem pluvial e de sumidouros em meio urbano;</p> <p>Redução das atividades produtivas especialmente no setor agroflorestal;</p> <p>Redução da disponibilidade de água com reflexos no abastecimento público e na produção de energia elétrica.</p> <p>Aumento do risco de incêndio</p>

#### 4.3.2 Avaliação do risco climático setorial

Sintetiza-se na tabela 62 os principais riscos climáticos considerados no presente estudo. A ponderação do risco efetuada resulta do produto da frequência de ocorrência de um determinado tipo de evento, pela magnitude das consequências causadas pelos impactes desse evento. Tanto a frequência de ocorrência (atual e futura) de um evento, como a magnitude das suas consequências, foram avaliadas numa escala de 1 (baixa) a 3 (alta).

**Tabela 62-** Avaliação do risco climático – ordenamento de território, cidades e vulnerabilidades urbanas

Riscos Climáticos	Nível do Risco			Tendência do Risco
	Presente (até 2040)	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2099)	
1.A Temperaturas elevadas/ ondas de calor	2	6	9	↑
1.B Secas	7	9	9	↑
2.A Redução da precipitação anual média	3	6	9	↑

2.B Precipitação extrema /inundações	3	4	6	↑
3.A Temperaturas baixas/ondas de frio	4	3	2	↓
3.B Neve/gelo/geadas	6	4	3	↓
3.C Granizo	3	3	3	↔
4.A Ventos fortes	2	2	2	↔
4.B Tempestades/tornados/trovoadas	1	1	1	↔

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

O aumento dos fenómenos extremos, ao nível das secas (1.B) corresponderá a risco alto nos dois cenários estudados. O aumento das temperaturas elevadas/ondas de calor (1.A), da redução da precipitação anual média (2.A) corresponderá a risco moderado a alto nos dois cenários, respetivamente. O aumento da ocorrência de precipitação intensa (2.B), apresentará um nível de risco moderado no médio e longo termo, embora com intensidade crescente do médio para o longo termo).

Por outro lado, a diminuição das ocorrências de ondas de frio e diminuição do número de dias com temperaturas baixas (risco moderado a baixo), menores ocorrências de precipitação sob a forma de neve e redução da formação de geada e gelo, constituem fatores de menor risco (risco moderado) que tenderão a diminuir nos dois cenários climáticos como assinalado na Tabela 62.

As variáveis precipitação sob a forma de granizo (risco moderado), os ventos fortes ou as tempestades/tornados/trovoadas (risco baixo) manterão o padrão atual nos dois cenários de médio e longo termo considerados no âmbito do presente estudo.

Face a estes incrementos nas variáveis climáticas e respetivo risco associado, assim como na redução de outros riscos assinalados, importa estabelecer a priorização das intervenções a realizar no território da CIM-AT com vista a mitigar ou potenciar os efeitos das alterações climáticas identificadas.

#### 4.3.3 Priorização dos riscos climáticos

Para a priorização dos riscos climáticos com maior incidência no Setor Ordenamento do Território, cidades e vulnerabilidades urbanas, elaboraram-se as respetivas matrizes de

risco, considerando a situação atual, o médio termo e o longo termo para os riscos climáticos avaliados no capítulo anterior (3) e esquematizados na Tabela 62.

Esta priorização permite estabelecer, para os riscos climáticos futuros previstos no presente estudo, aqueles que deverão ser objeto prioritário de medidas de mitigação e adaptação dos seus efeitos, a desenvolver em fases subsequentes do presente estudo (Figura 59).

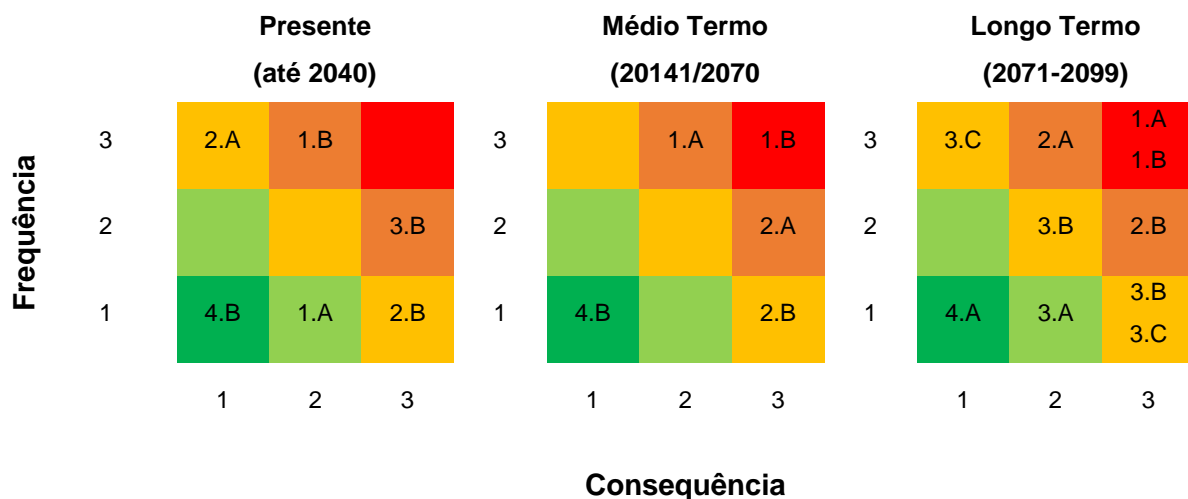


Figura 59- Matriz de Risco.

Como referido anteriormente, as secas (1.B) correspondem a risco alto nos dois cenários estudados, pelo que devem ser enquadradas medidas prioritárias para atenuar/mitigar os seus impactes no território rural e urbano.

O aumento das temperaturas elevadas/ondas de calor (1.A) e a redução da precipitação anual média (2.A) corresponderão a risco moderado a alto nos dois cenários, respetivamente, o que configura também a necessidade de enquadrar medidas prioritárias que mitiguem os seus impactes.

O aumento da ocorrência de precipitação intensa (2.B), apresentará um nível de risco moderado no médio e longo termo, embora com intensidade crescente do médio para o longo termo, havendo necessidade de considerar os correspondentes impactes com prioridade intermédia.

A diminuição das ocorrências de ondas de frio e diminuição do número de dias com temperaturas baixas (3.A) apresentam risco moderado a baixo e as menores ocorrências de precipitação sob a forma de neve e redução da formação de geada e gelo, constituem fatores de menor risco (risco moderado) que tenderão a diminuir nos dois cenários climáticos como assinalado na Tabela 62. Para estes riscos, considera-se que os seus impactes são positivos e manifestam-se de forma indireta no território, não se considerando prioritária a sua

abordagem enquanto risco, mas sim enquanto tendência positiva que atenua outros impactes como as ondas de calor e aumento da temperatura.

As variáveis precipitação sob a forma de granizo (risco moderado), os ventos fortes ou as tempestades/tornados/trovoadas (risco baixo) manterão o padrão atual nos dois cenários de médio e longo termo considerados no âmbito do presente estudo. Para estes riscos a abordagem de medidas de mitigação terá prioridade baixa.

#### **4.3.4 Principais conclusões**

No contexto da previsão das variações da temperatura (aumento) e da precipitação (redução) tendo em conta os cenários climáticos considerados no presente estudo, as vulnerabilidades urbanas futuras apontam para uma maior exigência em termos de disponibilidades hídricas para fazer face aos acréscimos dos consumos devido ao aumento da temperatura. Este acréscimo no consumo de água estará intimamente ligado à necessidade de a população fazer face ao aumento da temperatura, assim como à maior exigência de água por parte dos espaços verdes das cidades enquanto consumidores de água, particularmente os espaços verdes de grandes dimensões.

Outro aspeto relevante quanto às vulnerabilidades das cidades e espaços urbanos está relacionado com o acréscimo dos consumos energéticos dos equipamentos de arrefecimento, nos setores da indústria, comércio, serviços e doméstico para fazer face ao aumento da temperatura.

A consideração das referidas vulnerabilidades futuras às alterações climáticas nos instrumentos de gestão territorial (IGT), particularmente nos PDM, será o elemento chave para a mitigação dos efeitos/impactes (Tabela 61) da alteração das variáveis climáticas previstos no presente estudo (Tabela 62) e conseqüentemente na necessária adaptação a essas alterações.

De facto, considera-se que os Planos Municipais, particularmente o PDM, por se tratar de um IGT de cobertura territorial mais abrangente, de elaboração obrigatória e que vincula a atuação das entidades públicas e ainda direta e imediatamente os particulares, são os instrumentos mais adequados para a execução das políticas de ordenamento dos espaços urbanos, as quais são enquadradas por planos, programas e estratégias de nível hierárquico superior.

Estas políticas de ordenamento e gestão dos espaços podem contrariar os impactes no conforto bioclimático percebido pela população, na produtividade e economia urbana e no aumento da morbidade e mortalidades devido ao aumento da temperatura, e sobretudo às ondas de calor (mais acentuadas nas cidades).

Os PDM são assim os instrumentos de gestão territorial mais adequados para enquadrar as estratégias de gestão e qualificação dos espaços urbanos das cidades, uma vez que poderão intervir nas opções de localização dos diversos espaços destinados às atividades económicas, de empresas e indústrias, dos espaços destinados a funções residenciais, ou equipamentos de serviços e desportivos, definindo assim a morfologia urbana mais adequada para fazer face às previsíveis alterações climáticas identificadas no presente estudo.

Estes planos municipais acabam por enquadrar de forma integrada o planeamento estratégico e a gestão do uso do solo, a regulamentação dos índices de construção e a gestão do espaço público das cidades, assim como a gestão da água e dos resíduos, entre outros, podendo assim contribuir para a mitigação e adaptação às alterações climáticas.

No território da CIM-AT constata-se que alguns municípios já contemplam, no âmbito da revisão dos correspondentes PDM, aspetos relacionados com as vulnerabilidades territoriais face às alterações climáticas. Como exemplo refere-se o concelho de Chaves que contempla no estudo prévio da revisão do PDM um capítulo específico sobre riscos (estudo de caracterização de riscos de Chaves), onde se incluem os riscos climáticos.

No entanto, outros municípios, embora não contemplando ainda nos seus PDM abordagens relacionadas com as alterações climáticas devido ao longo processo de revisão em que se encontram, têm presente a sua importância desenvolvendo ações concretas de mitigação/adaptação dos efeitos das alterações climáticas, como se indica seguidamente, embora de forma não exaustiva:

## **Município de Boticas**

### **i. PDM Boticas, 8 de outubro de 2008**

1. O município de Boticas salienta-se o Pacto de Autarcas para o Clima e Energia, no âmbito do qual tem desenvolvido implementação do Pacto. O 4º relatório de implementação (janeiro de 2020), no seguimento dos relatórios de implementação anteriores, aponta para medidas de sustentabilidade, como:

#### **Eficiência Energética**

- Adaptação da iluminação pública e de alguns equipamentos e Infraestruturas municipais para maior eficiência energética;
- Promoção da mobilidade sustentável; e
- Adaptação da frota municipal ao contexto de eficiência energética.

#### **Sensibilização Ambiental**

- Com objetivo implícito de mitigar as emissões de CO2 e alterar comportamentos, a autarquia organizou várias ações de sensibilização; e
- Prevê ainda um conjunto de ações futuras de adaptação para fazer face às alterações climáticas

### **Município de Chaves**

- i. **PDM de Chaves**, alterado em 2010 e republicado em 18 de abril de 2018
  1. No âmbito da revisão do PDM realizou o estudo de caracterização de riscos de Chaves, onde se incluem os riscos climáticos e tem promovido ações relacionadas com as alterações climáticas

### **Município de Montalegre**

- i. **PDM de Montalegre**, publicado em 18 de setembro de 2013
  1. O município tem desenvolvido ações de promoção da eficiência energética, de proteção da floresta

### **Município de Ribeira de Pena**

- i. **PDM de Ribeira de Pena**, 25 de agosto de 2009
  1. No âmbito do projeto TROCO2, realizou-se uma ação de sensibilização para a otimização da gestão florestal e sumidouros de carbono em 26 de setembro de 2019.

### **Município de Valpaços**

- i. **PDM de Valpaços**, 14 de março de 2008
  1. O relatório de estado do ordenamento do Território de Valpaços tem referências às alterações climáticas;
  2. No contexto da CIM-AT, verifica-se também a atenção e preocupação quanto às alterações climáticas, através da promoção de diversos estudos relacionados com as alterações climáticas enquanto estratégias para a mitigação e adaptação dos espaços territoriais face às alterações previstas;
  3. Contam-se entre esses estudos a cartografia de riscos/suscetibilidade do território elaborada no âmbito do estudo “Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das Alterações Climáticas no Alto Tâmega (IDAIACAT), que constitui uma base importante do conhecimento do território para as fases subseqüentes de mitigação e



adaptação às alterações climáticas. Esta cartografia foi utilizada no âmbito do presente estudo para caracterizar as suscetibilidades do território a secas e escassez de água e suscetibilidade à desertificação e erosão hídrica do solo, apresentada no relatório da Fase 1.

### **Município de Vila Pouca de Aguiar**

#### **i. PDM de Vila Pouca de Aguiar, 20 de setembro de 2012**

1. Tem realizado diversas ações como a “semana do clima” e várias exposições subordinadas à preservação do meio ambiente e às alterações climáticas;
2. Realizou seminário sobre Clima, riscos e estratégias de adaptação às alterações Climáticas destinado a todos os agentes locais de proteção civil;
3. Na revisão do PDM o município coloca a necessidade de ajustar o PDM a novos paradigmas, à realidade socio económica e à adaptação às alterações climáticas.

## **4.4 Agricultura**

### **4.4.1 Sistemas agrícolas**

A atividade agrícola está intrinsecamente relacionada com as condições meteorológicas, motivo pelo qual foi o cunhado o termo agrometeorologia. Para além dos parâmetros de como a temperatura do ar e a quantidade de precipitação, determinação de parâmetros específicos, como as temperaturas acumuladas, a água no solo, ou a evapotranspiração potencial são da maior importância no planeamento agrícola. No contexto das alterações dos padrões climáticos locais, a análise destes parâmetros em face dos modelos de clima futuros poderá fornecer indicações a ter em consideração no ordenamento do território, na tomada de decisões estratégicas e em última análise da segurança alimentar.

Nesse sentido, a monitorização local de diversos parâmetros agroclimáticos, com análise continuada e com partilha de dados a nível local, distrital e nacional é essencial na tomada de decisão com base em conhecimento. Devidamente enquadrada, e considerando o nível do utilizador, essa informação poderá ser utilizada pelos decisores políticos, pelos técnicos e pelos agricultores. A título de exemplo, refere-se a utilização de informação agrometeorológica para modelação da disseminação de doenças, sabendo-se que tipicamente a combinação de elevadas temperaturas e elevada humidade favorece a sua disseminação. A previsão de disseminação potencial das doenças de plantas favorecerá uma maior racionalidade e eficácia no controlo fitossanitário ( Gommes et al., 2010 e Gillespie & Sentelhas, 2008).

#### **4.4.1.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras**

##### **4.4.1.1.1 Índices bioclimáticos**

No contexto agrícola, a análise quantitativa dos efeitos das alterações nos padrões de temperatura e precipitação requer informação detalhada não só sobre cada cultura, mas também sobre as especificidades de resposta de cada variedade, cultivar ou clone às alterações previstas. A existência desta informação prévia, resultantes de ensaios de campo sob diversas condições edafo-climáticas, permitiria simular respostas das culturas agrícolas às alterações climáticas. Para além da componente biológica e meteorológica, também as componentes de gestão agrícola (e.g. métodos de cultivo, métodos de colheita, fitossanidade), impactam na produção e qualidade e devem ser considerados nos modelos.

Na sua ausência, a análise de índices bioclimáticos, de natureza agrometeorológica, utilizados pelas comunidades agrícolas na sua atividade para clima atual e o clima futuro seriam ferramentas úteis na projeção de alterações futuras. A temperatura, a precipitação, o número de horas de luz e a exposição solar são fatores determinantes no crescimento e desenvolvimento vegetal e como tal estão na base de diversos índices bioclimáticos. No âmbito das alterações climáticas, e atendendo aos cenários climáticos identificados, na região da CIM-AT registar-se-ão alterações nos padrões de temperatura e precipitação (ver secção 3).

A disponibilização dos seguintes índices seria do maior interesse:

- i. Número de dias com temperatura média superior a 10°C e sua distribuição ao longo do ano. Este índice aponta para o número de dias favorável ao desenvolvimento vegetativo das culturas da região da CIM-AT;
- ii. Número de dias com temperatura média superior a 10°C e inferior a 30°C e sua distribuição ao longo do ano. Por comparação com o índice anterior permite inferir sobre a proporção e distribuição de dias com temperaturas que comprometem o metabolismo das plantas;
- iii. Graus-dia. Este índice reporta à temperatura acumulada, permitindo avaliar transições entre estados de desenvolvimento, nomeadamente do vegetativo para o reprodutivo. Poderá ser utilizada de forma mais geral, por exemplo alterações dos graus-dia anuais, ou pode ser calculada para culturas específicas. Atualmente, na região da CIM-AT, são de especial relevância o milho (*Zea mays*), centeio (*Secale cereale*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), batata (*Solanum tuberosum*), vinha (*Vitis vinifera*), oliveira (*Olea europea*), castanheiro (*Castanea sativa*) e amendoeira (*Prunus dulcis*);
- iv. Número de dias de geada e sua distribuição ao longo do ano. Este índice aponta para o número de dias desfavoráveis ao desenvolvimento vegetativo das culturas da região da CIM-A devido ao congelamento dos tecidos vegetais. As geadas podem provocar a morte das plantas ou de parte das plantas (folhas, ramos, frutos);
- v. Índice de horas de frio. Este índice é relevante para calcular o período de quebra de dormência de muitas espécies vegetais e como tal impacta no rendimento da cultura; e
- vi. Índice de secura. Este índice é relevante para avaliar a disponibilidade hídrica nos solos sem recurso à rega.

#### 4.4.1.1.2 Avaliações qualitativas

Com múltiplas espécies e variedades (algumas locais, outras comerciais) e com distintos objetivos de produção (pastagem, silagem, alimentação humana) a análise incidirá sobre aspetos gerais do desenvolvimento vegetal e sua modulação por fatores abióticos e bióticos. No entanto, e sempre que possível, serão considerados aspetos particulares das culturas identificadas como predominantes e mais relevantes para a região do Alto-Tâmega.

Na região da CIM-AT estão identificadas várias culturas de interesse (p/ vé relatório de vulnerabilidades atuais e o relatório “Estratégia integrada de desenvolvimento territorial do Alto Tâmega” (CIM-AT, 2014), o que foi validado através do contacto com representantes das seis câmaras municipais. A nível de culturas perenes sobressaem as seguintes espécies: vinha (*Vitis vinifera*), oliveira (*Olea europea*), castanheiro (*Castanea sativa*) e amendoeira (*Prunus dulcis*). Os soutos são característicos dos municípios de Valpaços, Vila Pouca de Aguiar e Chaves O município de Valpaços distingue-se dos restantes nesta componente uma vez que para além dos soutos tem uma forte componente de olival, prunoidas (amendoeira, cerejeira e pessegueiro), de vinha e de pequenos frutos (goji, mirtilos).

No que respeita a culturas anuais, o cultivo do milho (*Zea mays*) e do centeio (*Secale cereale*) são também identificados como culturas de elevada relevância na região. A relevância local, e nacional, destas espécies sobressai quando se analisam os espécimes recolhidos nas missões de colheitas de germoplasma (Ana Barata, Comunicação Pessoal). Nestas missões, efetuadas pelo Banco Português de Germoplasma Vegetal (BPGV<sup>9</sup>), os espécimes de milho e centeio representam cerca de 31% do total de espécimes recolhidos (Tabela 63). Entre 1970 e até ao final de 2010, o BPGV efetuou diversas missões nos seis concelhos integrantes da CIM-AT, tendo recolhido no total 924 espécimes (*taxa*), correspondentes a 128 espécies.

---

<sup>9</sup> <http://bpgv.iniav.pt>

**Tabela 63-** Missões de colheita de germoplasma vegetal efetuadas pelo Banco Português de Germoplasma Vegetal (BPGV) entre 1970 e 2010 nos municípios integrantes da CIM-AT. Dados gentilmente cedidos pelo Banco Português de Germoplasma Vegetal em junho de 2020.

Municípios	Número de espécies consideradas	Número de Famílias consideradas	Número de taxa recolhidos	Número de taxa recolhidos		
				<i>Phaseolus vulgaris</i>	<i>Secale cereale</i>	<i>Zea mays</i>
Boticas	15	6	75	30	9	22
Chaves	35	10	215	44	23	25
Montalegre	36	16	402	129	93	78
Ribeira de Pena	26	12	111	11	7	6
Valpaços	24	10	66	15	8	13
Vila Pouca de Aguiar	22	11	55	6	3	4
<b>Total</b>	<b>158</b>	<b>17</b>	<b>924</b>	<b>235</b>	<b>143</b>	<b>148</b>

A outra espécie mais representada é o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*; 25% do total de espécimes recolhidos), e que, há semelhança do milho, foi introduzido em Portugal no século XVI a partir do Novo Mundo. Portugal é um centro de secundário de diversidade para estas duas espécies (Pinheiro et al., 2010; 2013). As variedades tradicionais destas espécies foram selecionadas ao longo de séculos atendendo a critérios de qualidade locais, exibindo elevada diversidade genética e elevada plasticidade fenotípica.

Nas colheitas de gemoplasma efetuadas, espécimes de leguminosas (*Fabaceae*) e de gramíneas (*Poaceae*) são as mais representadas, correspondendo respetivamente a 44 e 26 espécies. Estas observações estão em linha com o inventário de flora realizado (relatório das vulnerabilidades atuais). As espécies destas duas famílias são largamente maioritárias, ilustrando a elevada diversidade fenotípica para este tipo de plantas na região.

#### 4.4.1.1.3 Desafios abióticos

A distribuição geográfica das comunidades biológicas é condicionada por variáveis climáticas e topográficas, sendo utilizada a classificação climática de Köppen-Geiger na análise das alterações climáticas na distribuição das diversas espécies e ecótipos. Atendendo à classificação climática de Köppen-Geiger, seria de interesse a disponibilização de um mapa local para os climas futuros modelados para a região CIM-AT. No entanto, estão disponíveis

mapas globais para climas futuros (2071-2100, cenário RCP8.5) que apontam para que a região CIM-AT exiba clima tipo Csa (Beck et al., 2018), enquanto o mapa para a situação atual refere os subtipos Csa e Csb.

O sub-tipo Csa, designado por clima Mediterrânico típico, é caracterizado por verões secos e quentes com elevada probabilidade de ocorrência de secas. A disponibilidade hídrica está identificada como um fator de risco elevada (cf. relatório de vulnerabilidades atuais e de vulnerabilidades futuras, o relatório “Estratégia integrada de desenvolvimento territorial do Alto Tâmega” e o relatório “Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das Alterações Climáticas no Alto Tâmega” ( GeoAtributo, 2020 e CIM-AT, 2014). Existindo recursos hídricos disponíveis, a baixa disponibilidade hídrica nos solos poderá ser mitigada pelo recurso à rega, as elevadas temperaturas (e consequente exigência evapotranspirativa) e stress foto-oxidativo requerem por parte das plantas de mecanismos de ajuste de tolerância e/ou escape (Costa et al., 2019). Estes mecanismos são essenciais à sobrevivência das plantas, sendo descrita a existência de um *trade-off*, isto é plantas com maior capacidade produtiva são mais suscetíveis a fatores de stress ambiental (a maioria das variedades agrícolas comerciais atuais foram selecionadas no sentido de maximizar o potencial de produção) (Chaves et al., 2016). Por outro lado, para além da manutenção da capacidade produtiva, a manutenção das propriedades organolépticas e nutricionais são também afetados pelos fatores de stress ambiental. É importante realçar que situações de stress abiótico levam muitas vezes a uma maior suscetibilidade das plantas a pragas e doenças.

Os cenários climáticos produzidos para a região do Alto-Tâmega (ver secção 3) apontam para alterações significativas dos padrões de precipitação (diminuição no total anual entre 5 a 20%) e temperatura (aumento da temperatura média, máxima e mínima). Atendendo à estação do ano (Figura 60), verifica-se que a diminuição de precipitação será particularmente elevada na Primavera, podendo aumentar no Verão.

		RCP4.5		RCP8.5	
		2040-2069	2070-2099	2040-2069	2070-2099
Boticas	Inverno	-8,56%	17,00%	-20,14%	7,61%
	Primavera	-41,33%	0,34%	-40,72%	-3,09%
	Verão	70,57%	4,16%	69,32%	-16,26%
	Outono	-15,44%	-48,83%	-20,58%	-53,78%
	<b>Anual</b>	<b>-12,00%</b>	<b>-9,38%</b>	<b>-17,62%</b>	<b>-16,79%</b>
Chaves	Inverno	-6,75%	21,77%	-18,09%	12,98%
	Primavera	-40,29%	-1,89%	-39,44%	-3,99%
	Verão	73,22%	12,77%	71,96%	-4,80%
	Outono	-13,98%	-18,45%	-42,07%	-43,98%
	<b>Anual</b>	<b>-10,83%</b>	<b>-5,94%</b>	<b>-15,80%</b>	<b>-11,82%</b>
Montalagre	Inverno	-14,17%	10,94%	-24,94%	-0,15%
	Primavera	-37,31%	2,28%	-38,72%	1,09%
	Verão	73,93%	8,94%	72,05%	-6,77%
	Outono	-12,45%	-49,79%	-19,70%	-53,41%
	<b>Anual</b>	<b>-11,21%</b>	<b>-10,78%</b>	<b>-17,38%</b>	<b>-17,10%</b>
Ribeira de Pena	Inverno	-14,01%	11,34%	-23,84%	1,77%
	Primavera	-42,44%	2,29%	-42,39%	-2,00%
	Verão	79,56%	5,87%	77,95%	-16,96%
	Outono	-19,90%	-51,04%	-20,65%	-56,45%
	<b>Anual</b>	<b>-15,33%</b>	<b>-11,13%</b>	<b>-19,08%</b>	<b>-19,14%</b>
Valpaços	Inverno	-16,60%	8,84%	-24,02%	2,34%
	Primavera	-30,16%	6,49%	-30,35%	2,94%
	Verão	101,03%	35,53%	93,68%	20,71%
	Outono	10,03%	-38,04%	-15,82%	-40,53%
	<b>Anual</b>	<b>-7,78%</b>	<b>-4,94%</b>	<b>-12,87%</b>	<b>-9,97%</b>
Vila Pouca de Aguiar	Inverno	-19,46%	4,71%	-28,78%	-5,29%
	Primavera	-34,25%	5,32%	-37,59%	0,34%
	Verão	105,30%	31,81%	100,82%	14,62%
	Outono	-14,97%	-48,05%	-17,68%	-50,41%
	<b>Anual</b>	<b>-11,50%</b>	<b>-9,68%</b>	<b>-16,75%</b>	<b>-16,53%</b>

Figura 60- Precipitação ( $\Delta\%$ ) projetada para os municípios da CIM-AT. A variação reporta ao histórico para cada município (1989-2018). Elaborado a partir dos dados presentes na secção 3.

Registam-se grandes diferenças nas projeções a médio (2040-2069) e a longo prazo (2070-2099) para um mesmo cenário climático e um mesmo concelho. Numa abordagem genérica, poderá assumir-se que para o período 2070-2099 será mantida a tendência para o aumento das temperaturas em ambos os cenários. No entanto, e para os padrões de precipitação, é projetada uma diminuição da disponibilidade hídrica para o Verão (em relação



ao período 2040-2069, mas uma maior precipitação para o Inverno e a Primavera. Assim, é lógico assumir que o período 2070-2099 não será uma continuação do período anterior consubstanciando-se num cenário novo. Desta forma é particularmente desafiante a elaboração das vulnerabilidades futuras pois a situação de referência para 2070 é desconhecida, i.e., a situação agrícola em 2070 será o resultado das alterações climáticas e das medidas adotadas até lá. Para além disso, o processo agrícola (e pecuário) está intimamente ligado à presença humana pelo que nesta componente é necessário incorporar tendências demográficas, sendo que se projeta um cenário de contração demográfica (CIM-AT, 2014).

Ressalvando casos particulares que requeiram análise ao nível do concelho será efetuada uma análise intermunicipal por estação do ano e cenário climático. Os desafios abióticos a considerar na elaboração de tabelas de risco são:

#### **Número de dias com temperaturas superiores a 10°C**

Temperaturas compreendidas entre os 10°C e os 25-30°C são consideradas como favoráveis ao crescimento. As alterações na temperatura vão afetar a temperatura acumulada (graus-dia), sendo que o desenvolvimento das plantas é regulado por este parâmetro. A disponibilização deste índice bioclimático para uma análise mais detalhada é essencial. No entanto, atendendo que os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para o aumento da temperatura média, máxima e mínima (ver secção 3) poderá depreender-se um aumento no número de dias favoráveis ao crescimento das plantas e consequentes alterações na progressão temporal entre estados fenológicos.

#### **Redução da disponibilidade hídrica no período favorável ao crescimento**

Ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para redução da precipitação a médio e a longo prazo em todos os municípios. Para o período 2040-2069, a projeção de redução de precipitação (entre 30 a 40%) é particularmente acentuada na Primavera. Assim, poderá registar-se restrições hídricas na fase de germinação. Esta fase particularmente sensível à falta de água quer em termos quantitativos quer em termos de sincronização, parâmetro importante na produção agrícola (por exemplo condiciona a época de colheita). A disponibilidade hídrica está identificada como um fator de risco elevada (cf. relatório de vulnerabilidades atuais e de vulnerabilidades futuras, o relatório “Estratégia integrada de desenvolvimento territorial do Alto Tâmega” e o relatório “Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das Alterações Climáticas no Alto Tâmega” (GeoAtributo, 2020 e CIM-AT, 2014). Existindo recursos hídricos disponíveis, o recurso à rega poderá diminuir o impacto negativo da menor precipitação, onerando, no entanto, a produção e aumento os riscos de salinização dos solos.

Para o período 2070-2099, a projeção de redução de precipitação (entre 20 a 50%) é particularmente acentuada na Outono.

### **Aumento da disponibilidade hídrica no Verão**

Por outro lado, aponta-se para um aumento da precipitação no Verão (70 a 100%; período 2040-2069), sendo que as chuvas de verão poderão comprometer a produção em espécies indeterminadas, i.e., a produção vegetativa é favorecida sempre que há disponibilidade hídrica. Algumas espécies de *Phaseolus vulgaris* (feijoeiro), entre outras *Fabaceae* (leguminosas), são disso um exemplo. Para além disso a chuva de verão, poderá comprometer a colheita de culturas de sequeiro como o centeio. Este aumento de precipitação não é reportado para o longo prazo.

### **Número de dias com temperaturas superiores a 35°C**

Ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para o aumento do número de dias nos quais a temperatura de 35°C é ultrapassada (ver secção 3).

Projeta-se ainda o aumento da ocorrência de ondas de calor. As elevadas temperaturas poderão comprometer a capacidade de fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico (i.e., fotossíntese) e como tal comprometer o crescimento e a produção. Em espécies com metabolismo C3 (como por exemplo o feijoeiro e o centeio) são particularmente sensíveis a este aumento, sendo a taxa de fixação fotossintética reduzida devido à disponibilidade relativa de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> que se torna favorável ao O<sub>2</sub> (Chaves et al., 2016). Em espécies com metabolismo C4 (como o milho) o efeito não é tão negativo uma vez que as plantas C4 tem origem em climas quentes e desenvolveram mecanismos de adaptação a elevadas temperaturas. Para além dos efeitos na fixação de CO<sub>2</sub>, a temperatura influencia a estabilidade das enzimas envolvidas na assimilação do carbono. Acima dos 35°C há um forte impacto na assimilação e redistribuição de carbono quer em espécies C3 quer em C4 (Chaves et al., 2016).

Para além do crescimento vegetativo, temperaturas acima dos 35°C são também prejudiciais ao desenvolvimento dos frutos. A título de exemplo, o mecanismo de produção de compostos do metabolismo secundário nas uvas é comprometida e como tal afeta diversos parâmetros de qualidade do vinho produzido (Poni et al., 2018).

### **Redução da disponibilidade hídrica em combinação com elevadas temperaturas**

Em situações de restrição hídrica, as plantas fecham os estomas o que tem como consequência o aumento da temperatura das folhas. A conjugação destes dois fatores abióticos é tipicamente muito negativa do ponto de vista de crescimento, produção e qualidade ( Poni et al., 2018 e Chaves et al., 2016). Adicionalmente, as variedades agrícolas

são particularmente sensíveis a ondas de calor uma vez que os mecanismos de aclimação precisam de tempo para serem ativados. O recurso à rega só parcialmente mitiga os efeitos combinados destes dois fatores de stress, tipicamente permitindo a sobrevivência das plantas, mas comprometendo a sua produção.

### **Aumento de CO<sub>2</sub>**

Em ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) é considerado o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Em maio de 2020 foram registados 417 ppm de CO<sub>2</sub> na atmosfera<sup>10</sup> sendo previsto aumentos até cerca de 525 ppm (RCP4.5) e cerca de 800 ppm (RCP8.5) para 2069 (ver secção 3). Numa primeira análise, o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera é favorável à fixação fotossintética em plantas com metabolismo C3, não sendo tão relevante em plantas com metabolismo em C4 (ver explicação ponto anterior). Assim, apesar de o crescimento vegetativo poder ser favorecido, o investimento das plantas em sementes ou frutos terá de ser estabelecido. Por outro lado, a qualidade nutricional das sementes de cereais e leguminosas utilizadas para alimentação humana ou do gado poderá ser comprometida ( Köhler et al., 2019; Augustine et al., 2018; Broberg et al., 2017 e Myers et al., 2014).

### **Aumento de CO<sub>2</sub> em combinação com aumento de temperatura e menor disponibilidade hídrica**

A combinação de aumento de CO<sub>2</sub>, aumento de temperatura e menor disponibilidade hídrica representam um cenário provável. O impacto no crescimento e produção é extremamente gravoso. No entanto, pelo menos uma referência bibliográfica indica que no que respeita à composição das sementes em elementos minerais poderá haver em efeito compensatório entre aumento de temperatura e o aumento de CO<sub>2</sub> (Köhler et al., 2019). Os dados existentes mostram que a previsão dos efeitos das alterações climáticas na segurança alimentar é particularmente desafiante uma vez que a combinação de diversas variáveis ambientais poderá levar a efeitos inesperados.

### **Diminuição dos dias de geada**

Ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para redução do número de dias com geada a médio prazo em todos os municípios (2040-2069), o que poderá ter impactes positivos na produção agrícola. No cenário RCP4.5, as reduções do número de dias de geada situam-se entre os 48% e 62% (este último valor é projetado para o município de Ribeira de Pena no longo prazo); no cenário RCP8.5, as reduções do número de dias de

---

<sup>10</sup> [www.co2.earth/](http://www.co2.earth/)

geada situam-se entre os 55% e 78% (este último valor é também projetado para o município de Ribeira de Pena no longo prazo).

### Temperatura demasiado alta para a quebra da dormência

O número de horas de frio acumulado (total de horas com temperaturas inferiores a 7,2°C) é um importante parâmetro agrometeorológico a ter em consideração na quebra de dormência nas árvores produtoras de frio e também na vernalização dos cereais. Sendo que a vernalização de sementes pode ser feita artificialmente, a quebra da dormência necessária para o abrolhamento dos gomos em árvores adultas é realizada no campo (responde às condições climáticas locais e às características de cada genótipo). Na Tabela 64 reporta-se mínimos e máximos descritos na literatura, devendo ser entendidos como valores de referência já que a necessidade em horas de frio depende de variedade para variedade.

**Tabela 64-** Número de horas de frio (> 7,2°C) para quebrar a dormência em árvores de fruto relevantes na região da CIM-AT (valores indicativos para regiões de climas temperados. A necessidade em horas de frio depende de variedade para variedade).

Número de horas de frio		Fonte	
Oliveira	300-800	(Maia, 2010)	
Castanheiro	300-500*	(Jones, 2007)	
Vinha	100-1400	(Carbó, 2010)	
<i>Prunus</i>	Amendoeira	350-500	(Aguiar et al., 2017)
	Cerejeira	500-1500	(Carbó, 2010)
	Pessegueiro	<600; 600-800; >800	(Melgarejo, 1996)

A indicação de diversos intervalos revela a existência de variedades com distintas necessidades.

\*, dados para a Califórnia (clima tipo mediterrâneo)

Em Portugal, e em termos genéricos, o abrolhamento do castanheiro, da oliveira e da videira dá-se em fevereiro-março. Nos *Prunus* (amendoeira, cerejeira, pessegueiro) as exigências em horas de frio são muito variáveis, mas em geral o abrolhamento inicia-se em fevereiro (amendoeira) e vai até março (cerejeira).

A disponibilização índice de horas de frio para uma análise mais detalhada é essencial. No entanto, e com os aumentos previstos de temperatura (ver secção 3), as alturas de floração poderão ser alteradas (avançando no ano), o que implica alterações nos sistemas de produção, colheita e distribuição.

### **Eventos extremos de precipitação, granizo ou vento**

Para a componente agrícola, o maior risco estará associado á queda de granizo e ventos fortes que conduzem a quebras de produção. Na região do Alto-Tâmega, as inundações são reportadas, essencialmente, em território urbano, o que poderá suportar a assunção de que a sua expressão agrícola será residual. Os cenários climáticos apontam para uma tendência para menores velocidades de vento e para um menor número de dias com chuva > 1mm (ver secção 3). Como as temperaturas tenderão a aumentar (incluindo a mínima) poder-se-á assumir um menor risco de queda de granizo. No entanto, quando ocorrer terá um elevado potencial para causar estragos.

#### **4.4.1.1.4 Desafios bióticos**

Alterações nos perfis de temperatura irão influenciar o desenvolvimento de insetos, fungos e outros agentes bióticos responsáveis, direta ou indiretamente, por pragas e doenças. No outro lado do espectro, estes parâmetros também influenciam o desenvolvimento de agentes bióticos benéficos para as plantas (polinizadores e agentes de controlo biológico). A componente de competição com outras plantas (por espaço, luz e nutrientes) não se enquadra na componente agrícola, mas será de relevância no que respeita à flora silvestre.

Os cenários climáticos produzidos para a região do Alto-Tâmega (ver secção 3) apontam para alterações significativas dos padrões de precipitação (diminuição no total anual entre 5 a 20%) e temperatura (aumento da temperatura média, máxima e mínima). As alterações na temperatura vão afetar a temperatura acumulada (graus-dia). O desenvolvimento de animais invertebrados é regulado por este parâmetro, estando descritos patamar mínimo (abaixo do qual o ciclo está bloqueado) e máximo (acima do qual o ciclo desacelera ou para). A transição entre estádios de desenvolvimento requer uma determinada quantidade de calor, o que implica que, dentro dos patamares de temperatura, dias mais quentes aceleram o ciclo e que dias mais frios o retardam.

As pragas e doenças já identificadas na região colocam sérios problemas na produção agrícola e florestal (<sup>11</sup>; GeoAtributo, 2020a), sendo desconhecido até que ponto o aumento de temperatura projetada irá interferir com o seu ciclo de vida e na sua carga biótica nas plantas agrícolas ( Gommes et al., 2010 e Gillespie & Sentelhas, 2008). A antevisão de aumento de temperatura e aumento de precipitação (projetado para o Verão) poderá resultar em condições mais propícias ao desenvolvimento de doenças e pragas com origem em regiões com esta tipologia meteorológica.

---

<sup>11</sup> [https://snaa.dgav.pt/Mapa\\_Rede\\_EA.aspx](https://snaa.dgav.pt/Mapa_Rede_EA.aspx)

Para além das pragas e doenças já identificadas na região como problema fitossanitário (Tabela 65), e atendendo aos climas futuros projetados, poderá haver uma maior suscetibilidade a pragas e a doenças (Deutsch et al., 2018). Será de analisar em detalhe o ciclo de vida de cada um destes agentes para poder fundamentar uma análise mais profunda. A modelação da dinâmica das populações de insetos nos agro-sistemas torna-se assim uma ferramenta essencial na avaliação e previsão do risco fitossanitário. Prevê-se que a perda de produção de cereais (trigo, arroz e milho) devido a pragas aumente entre a 10 a 25% por cada grau Celsius (Deutsch et al., 2018).

Assim, as relações bióticas das culturas agrícolas atualmente existentes poderão ser alteradas uma vez que alterações nas temperaturas afetam não só o desenvolvimento das pragas e insetos, mas também alteram as suas áreas geográficas de distribuição. A introdução de pragas e doenças é uma questão que levanta muitas preocupações, registando-se a progressão de agentes patogénicos e pragas em diversos territórios, incluindo Portugal. A vespa-das-galhas (introduzida em 2014) e o nematode da madeira do pinheiro (identificado em 1999) são apenas dois exemplos de introduções no território e que exibem um potencial destrutivo muito elevado.

**Tabela 65-** Agentes bióticos nocivos implantados na região da CIM-AT.

Agente biótico	Nome comum	Hospedeiro vegetal reportado	Fonte
<b>Doenças</b>			
<i>Cryphonectria parasitica</i>	cancro	Castanheiro	3; 4
<i>Mycosphaerella maculiformis</i>	septoriose	Castanheiro	2
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	tinta	Castanheiro	2; 4
<i>Pseudomonas savastanoi</i>	tuberculose-da-oliveira	Oliveira	1
<i>Spilocaea oleagina</i>	olho-de-pavão	Oliveira	1
<i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>C. gloeosporioides</i>	gafa	Oliveira	1
<i>Cercospora cladosporioides</i>	cercosporiose	Oliveira	1
<i>Fusicoccum amygdali</i>	cancro-da-amendoeira	Amendoeira	1

Agente biótico	Nome comum	Hospedeiro vegetal reportado	Fonte
<i>Taphrina deformans</i>	lepra	Amendoeira	1
<i>Coryneum beijerinckii</i>	crivado	Amendoeira	1
<i>Monilia laxa</i>	moniliose	Amendoeira	1
<i>Fusicoccum amygdali</i>	fusicocum	Amendoeira	1
<i>Plasmopara viticola</i>	míldio	Videira	2; 3
<i>Erysiphe necator</i>	oídio	Videira	2; 3
<i>Phomopsis viticola</i>	escoriose	Videira	2
<i>Botrytis cinerea</i>	podridão cinzenta	Videira	3
<i>Guignardia bidwellii</i>	podridão negra	Videira	3
<i>Phaeomoniella chlamydospora</i> ; <i>Phaeoacremonium spp.</i> ; <i>Fomitiporia mediterranea</i>	esca	Videira	3
<b>Pragas</b>			
<i>Xyleborus dispar</i>	xileboro	Castanheiro; Árvores de fruto	2
<i>Dryocosmus kuriphilus</i>	vespa-das-galhas	Castanheiro	2; 3; 4
<i>Euphyllura olivina</i>	algodão-da-oliveira	Oliveira	1
<i>Phloeotribus scarabaeoides</i>	caruncho-da-oliveira	Oliveira	1
<i>Bactrocera oleae</i>	mosca-da-azeitona	Oliveira	1
<i>Prays oleae</i>	traça-da-oliveira	Oliveira	1
<i>Anarsia lineatella</i>	anarsia	Amendoeira	1



Agente biótico	Nome comum	Hospedeiro vegetal reportado	Fonte
<i>Disaphis plantaginea</i>	piolho cinzento	Amendoeira	1
<i>Aphis pomi</i>	piolho verde	Amendoeira	1
<i>Eriosoma lanigerum</i>	pulgão lanígero	Amendoeira	1
<i>Scaphoideus titanus</i> (vetor do fitoplasma)	cigarrinha da flavesência dourada	Videira	2; 3
<i>Lobesia botrana</i>	traça da uva	Videira	3
<i>Empoasca vitis</i>	cigarrinha verde	Videira	3
<i>Colomerus vitis</i>	erinose	Videira	3

Estação de Avisos do Serviço Nacional de Avisos Agrícolas<sup>12</sup>. 1. EA da Terra Quente (representativo para Valpaços); 2. EA do Norte Transmontano (representativo para Chaves e Vila Pouca de Aguiar); 3 Estação de Avisos de Entre Douro e Minho (para comparação); 4. Agente biótico referenciado por representantes dos municípios da CIM-AT.

A EPPO (*European and Mediterranean Plant Protection Organization*<sup>13</sup>) disponibiliza mapas de distribuição de pragas, patógenos e plantas exóticas. Atendendo apenas aos “*First Report of occurrence in Portugal*”, e entre junho de 1996 a abril de 2020 foram detetados 37 novas espécies (8 entre 1996 e 2004; 13 entre 2005 e 2014; 16 entre 2015 e 2020), sendo atualmente a progressão das espécies muito acelerada. A título de exemplo, a cigarrinha flavesência dourada foi introduzida em Portugal 2007, mas detetada na Europa desde anos 50 do século XX. A vespa-das-galhas foi primeiramente detetada na Europa em 2002 tendo chegado a Portugal em 2014. A *Xylella fastidiosa* foi detetada em Portugal em 2019, tendo entrado na Europa através da Itália em 2013. Sendo que os veículos de introdução de novas espécies são diversos, não será de descurar o efeito das alterações na temperatura e o alargamento das áreas ecológicas para estes agentes bióticos. Assim, e atendendo aos climas futuros projetados poderá haver uma maior suscetibilidade a pragas e a doenças sendo necessário maximizar as medidas de deteção, contenção e controlo.

Numa outra perspetiva, deverá enquadrar-se a competição entre insetos, por exemplo polinizadores e não polinizadores, que poderão ter um impacto significativo na polinização (componente agrícola), produção de flores e produção de mel. Foi identificado, por todos os

<sup>12</sup> [https://snaa.dgav.pt/Mapa\\_Rede\\_EA.aspx](https://snaa.dgav.pt/Mapa_Rede_EA.aspx)

<sup>13</sup> <https://gd.eppo.int/>

municípios, o impacto negativo da presença da *Vespa velutina* (vespa-asiática) na produção de mel e produtos relacionados. A necessidade de efetuar controlo desta espécie, sem destruir ninhos de vespas autóctones é uma necessidade premente.

Será também necessário aferir o efeito do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> em pragas, doenças bem como microrganismos pois este fator poderá afetar a sua fisiologia.

#### 4.4.1.1.5 Desafios antropogénicos

A atividade agrícola é indissociável da presença humana. As práticas locais conduzem a fenómenos de coevolução entre plantas, animais e humanos. O sistema Agro-Silvo-Pastoril estabelecido na região do Barroso (património agrícola da humanidade) é disso um exemplo. Assim, a contração demográfica registada na região da CIM-AT é uma séria ameaça à atividade agrícola. Por outro lado, através da presença humana e atividades económicas associadas é potenciada a introdução de novas espécies, espécies estas que poderão ter impacto (positivo ou negativo) na atividade agrícola.

#### 4.4.1.1.6 Síntese dos impactes e vulnerabilidades futuras

Na tabela 66 encontram-se resumidos os principais impactes futuros no setor agrícola bem como das oportunidades decorrentes das alterações nos padrões de precipitação e de temperatura e do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

**Tabela 66-** Síntese dos principais impactes futuros dos sistemas agrícolas

Variáveis	Anomalias climáticas	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
Precipitação	Diminuição da precipitação média anual, em particular na Primavera.	Promoção da utilização de variedades agrícolas locais com maior capacidade adaptativa;  Possibilidade de estabelecer programas de melhoramento com vista à obtenção de variedades resilientes e produtivas.	Diminuição da taxa de germinação;  Diminuição na sincronização da germinação;  Aumento da necessidade de rega.
	Alteração do padrão de precipitação, com		Aumento da exposição e/ou incidência de pragas

Variáveis	Anomalias climáticas	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
	aumento da precipitação no Verão.	<p>Maior probabilidade de existência de charcas e ribeiros com água corrente para rega;</p> <p>Maior probabilidade de crescimento de pastagens que proporcionem alimentação em verde para o gado.</p>	<p>e doenças (introdução accidental ou alargamento da distribuição ecológica);</p> <p>Interferência na floração.</p>
Temperatura	Aumento da temperatura mínima.	Aumento do número de dias favoráveis ao crescimento vegetativo das espécies agrícolas.	<p>Adiantamento na estação do ano para o abrolhamento das espécies agrícolas lenhosas;</p> <p>Alterações nos padrões de floração (período de floração e sua sincronização);</p>
	Aumento da temperatura média anual e do número de dias com temperatura > 35°C.	<p>Possibilidade de identificação de espécies úteis no controlo biológico de pragas e doenças;</p> <p>Possibilidade de estabelecer programas de melhoramento com vista à obtenção de variedades resilientes e produtivas.</p>	<p>Diminuição no rendimento agrícola;</p> <p>Diminuição da qualidade nutricional e/ou organoléptica;</p> <p>Aumento da exposição e/ou incidência de pragas e doenças (introdução accidental ou alargamento da distribuição ecológica);</p> <p>Aumento do risco de incêndios florestais /rurais.</p>
CO <sub>2</sub>	Aumento de CO <sub>2</sub> na atmosfera.	<p>Possibilidade de utilizar variedades agrícolas com melhor capacidade produtiva sob estas condições (quantidade e qualidade);</p> <p>Possibilidade de estabelecer programas de melhoramento com vista à obtenção de variedades resilientes e produtivas.</p>	Diminuição da qualidade nutricional e/ou organoléptica;

#### 4.4.1.2 Avaliação do risco climático setorial

Na tabela 67 resumem-se as avaliações de risco consideradas anteriormente para o setor agrícola da região da CIM-AT. Considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5, será reforçar que os cenários exibem tendências semelhantes para ambos os períodos em consideração (2040-2069 e 2070-2099). No entanto, exibem amplitudes de diferenças distintas que serão significativas no contexto agrícola. Atendendo à ausência de informação quantitativa, detalhada e de nível local, torna-se altamente especulativo o exercício de previsão de vulnerabilidades futuras. Assim, opta-se por considerar o cenário RCP8.5 como introduzindo alterações mais drásticas no médio prazo (2040-2069) mas que estão em linha com as previstas com o cenário RCP4.5.

**Tabela 67-** Avaliação de Riscos associados às projeções climáticas – Produção Agrícola Considera-se que as projeções de longo prazo consideram a progressão a partir da projeção considerada para o período anterior.

Riscos Climáticos	Nível do Risco		Tendência do Risco
	Médio Prazo (2040-2069)	Longo Prazo (2070-2099)	
1.A Número de dias com temperaturas superiores a 10°C	3	3	↔
1.B Número de dias com temperaturas superiores a 35°C	6	6	↑
1.C. Número de dias de geada	2	2	↓
1.D. Temperatura demasiado alta para a quebra da dormência	6	6	↑
2.A Redução da disponibilidade hídrica no período favorável ao crescimento	6	6	↑
2.B Redução da disponibilidade hídrica em combinação com elevadas temperaturas	9	9	↑
2.C. Eventos extremos de precipitação, granizo ou vento	2	2	↔
3.A. Aumento de CO <sub>2</sub>	6	6	↑
3.B Aumento de CO <sub>2</sub> em combinação com aumento de temperatura e menor disponibilidade hídrica	9	9	↑
4.A Aumento no número, e incidência, de pragas e doenças	9	9	↑

5.A Diminuição da presença humana	9	9	↑
-----------------------------------	---	---	---

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

#### 4.4.1.3 Priorização dos riscos climáticos

Para a priorização dos riscos climáticos com maior incidência no setor agrícola procedeu-se à elaboração das respetivas matrizes de risco (Figura 61), considerando a situação a médio e a longo prazo. Em relação às projeções de longo prazo, e consideramos que será uma progressão a partir da projeção considerada para o período anterior. Em linhas gerais, estas preveem tendencialmente um agravamento das situações. No entanto, poderão ter-se registado mecanismos de ajuste bioquímico e morfológico que de alguma forma reduzam os efeitos negativos.

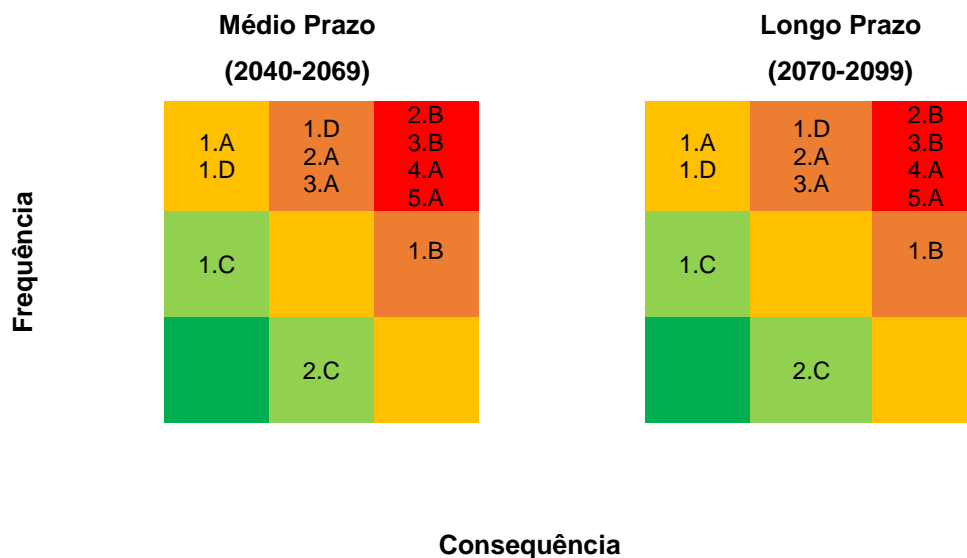


Figura 61- Matriz de Risco para a atividade agrícola

A matriz de risco ilustra as vulnerabilidades futuras para as quais será necessário desenvolver medidas de adaptação e/ou mitigação. A monitorização em contínuo, comunicação entre as diversas entidades e partilha de dados são fatores essenciais à identificação e implementação de tais medidas. Estas deverão ser identificadas e implementadas quer a nível intermunicipal (território da região do Alto Tâmega) quer especificamente, ao nível de cada um dos seis municípios deste território.

#### 4.4.2 Sistemas pecuários

À semelhança do discutido para a atividade agrícola, a análise quantitativa dos efeitos das alterações nos padrões de temperatura e precipitação requer informação sobre cada espécie pecuária, e as especificidades de resposta de cada raça, às alterações previstas. A existência desta informação permitiria simular respostas às alterações climáticas. Para além da componente biológica, também as componentes de gestão da exploração pecuária, impactam na produção e qualidade e devem ser considerados nos modelos. No contexto das alterações dos padrões climáticos locais, a análise destes parâmetros em face dos modelos de clima futuros poderá fornecer indicações a ter em consideração no ordenamento do território, na tomada de decisões estratégicas e em última análise da segurança alimentar. Nesse sentido, a monitorização local continuada e com partilha de dados a nível local, distrital e nacional é essencial na tomada de decisão com base em conhecimento. Devidamente enquadrada, e considerando o nível do utilizador, essa informação poderá ser utilizada pelos decisores políticos, técnicos e agricultores.

Na análise e discussão das vulnerabilidades futuras dos sistemas pecuários aos climas futuros serão efetuadas considerações qualitativas, sendo o nível de detalhe o possibilitado pela informação existente e fornecida.

Registam-se grandes diferenças nas projeções a médio (2040-2069) e a longo prazo (2070-2099) para um mesmo cenário climático e um mesmo concelho (ver secção 3). Numa abordagem genérica, poderá assumir-se que para o período 2070-2099 será mantida a tendência para o aumento das temperaturas em ambos os cenários. No entanto, e para os padrões de precipitação, é projetada uma diminuição da disponibilidade hídrica para o Verão (em relação ao período 2040-2069, mas uma maior precipitação para o Inverno e a Primavera. Assim, é lógico assumir que o período 2070-2099 não será uma continuação do período anterior consubstanciando-se num cenário novo. Desta forma é particularmente desafiante a elaboração das vulnerabilidades futuras pois a situação de referência em 2070 é desconhecida, i.e., a situação agrícola em 2070 será o resultado das alterações climáticas e das medidas adotadas até lá. Para além disso, a produção pecuária está intimamente ligada à presença humana pelo que nesta componente é necessário incorporar tendências demográficas, sendo que se projeta um cenário de contração demográfica (CIM-AT, 2014).

#### **4.4.2.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras**

##### **4.4.2.1.1 Desafios abióticos**

###### **Aumento da temperatura (média, máxima e mínima).**

Ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para redução da precipitação a médio prazo em todos os municípios. A atividade pecuária na região do Alto-Tâmega centra-se na criação em regime extensivo, ou semi-extensivo de raças autóctones. Atendendo às projeções climáticas, o aumento de temperatura será um fator a ter em atenção podendo causar stress térmico nos animais. Este ocorre em situações em que os animais não conseguem dissipar o calor que produzem devido ao aumento da temperatura atmosférica. Nestas condições o bem-estar dos animais diminui e a sua produtividade também ( Silanikove & Koluman, 2015; Avendano-Reyes, 2012 e Marai et al., 2007). Assim, os índices de conforto térmico aplicado a animais de produção terá de ser equacionado.

###### **Redução da disponibilidade hídrica**

Ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para redução da precipitação a médio prazo em todos os municípios (2040-2069). No contexto pecuário, a redução de precipitação particularmente acentuada na Primavera (redução entre 30 a 40%) terá implicações na alimentação do gado à base de vegetação espontânea existente nos lameiros de sequeiro e imperfeitos e prados temporários. O recurso à rega poderá diminuir o impacto negativo da menor precipitação, onerando, no entanto, a produção e aumento os riscos de salinização dos solos. No entanto, a disponibilidade hídrica está identificada como um fator de risco elevada (*cf.* relatório de vulnerabilidades atuais e de vulnerabilidades futuras, o relatório “Estratégia integrada de desenvolvimento territorial do Alto Tâmega” e o relatório “Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das Alterações Climáticas no Alto Tâmega” (GeoAtributo, 2020 e CIM-AT, 2014;), podendo não ser possível recorrer a esta técnica.

Se a redução da disponibilidade hídrica ocorrer em combinação com elevadas temperaturas, este será um cenário muito negativo. As consequências combinadas destes dois fatores são muito superiores às consequências de cada um dos fatores isolados e requer medidas de mitigação particulares, por exemplo de rega e de reforço de abrigo.

###### **Aumento da disponibilidade hídrica no Verão**

Aponta-se para um aumento da precipitação no Verão (70 a 100%), o que poderá promover o crescimento do pasto nesta estação, fornecendo alimentação em verde ao gado.



Por outro lado, as chuvas de verão poderão comprometer a produção a colheita de culturas de sequeiro como o centeio, componente essencial, por exemplo, na produção de bovinos.

### **Aumento de CO<sub>2</sub>**

Em ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) é considerado o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Em maio de 2020 foram registados 417 ppm de CO<sub>2</sub> na atmosfera<sup>14</sup> sendo previsto aumentos até cerca de 525 ppm (RCP4.5) e cerca de 800 ppm (RCP8.5) para 2069 (ver secção 3). Tanto quanto nos foi possível verificar, a bibliografia disponível sobre os efeitos de elevado CO<sub>2</sub> em espécies pecuárias é muito reduzida. Considerando o efeito de elevado CO<sub>2</sub> em mamíferos, está reportado a diminuição do pH do sangue, causa de acidose e hipertensão (Robertson, 2006), e alterações respiratórias (Cummins et al., 2014). Alterações na resposta imune, função muscular e divisão celular são também referidos por estes últimos autores. Neste contexto, é necessária informação sobre a fisiologia do gado são condições de elevado CO<sub>2</sub>, sendo que se perspetiva uma elevada probabilidade para a ocorrência de efeitos negativos.

#### **4.4.2.1.2 Desafios bióticos**

No relatório “Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das Alterações Climáticas no Alto Tâmega - Caderno IV” (GeoAtributo, 2020b), a sanidade animal é considerada um fator de risco a considerar, dando particular ênfase aos impactes nos apiários.

Para além de espécies exóticas competidoras (e.g. *Vespa velutina*), parasitas e doenças de origem bacteriana e viral são os principais desafios bióticos nos apiários (DGAV, 2016). Estão definidas doenças e pragas de declaração obrigatória em Portugal (Tabela 68), sendo a varroose o agente biótico mais comum nos apiários nacionais.

**Tabela 68-** Estão definidas doenças e pragas de declaração obrigatória em Portugal (DGAV, 2019 e DGAV, 2016)

<b>Agente biótico</b>	<b>Nome-comum</b>	<b>Presente em Portugal</b>
<b>Pragas</b>		
<i>Varroa destructor</i>	varroose	sim
<i>Nosema sp</i>	nosemose	sim

<sup>14</sup> [www.co2.earth/](http://www.co2.earth/)

Agente biótico	Nome-comum	Presente em Portugal
<i>Aethina tumida</i> (exótica)	aethinose	não
<i>Tropilaelaps sp</i> (exótica)	tropilaelaps	não
<i>Acarapis woodi</i>	acarapisose	sim
<b>Doenças</b>		
<i>Ascosphaera sp</i>	ascosferiose	sim
<i>Paenibacillus larvae</i>	loque americana	sim
<i>Melissococcus pluton</i>	loque europeia	não

\*em 2004 uma remessa de remessa de abelhas vinda dos acusou a presença de larvas de *Aethina tumida* tendo o apiário onde foram introduzidas as abelhas rainhas destruído.

À semelhança do referido para as espécies vegetais, alterações nos perfis de temperatura irão influenciar o desenvolvimento de insetos, fungos e outros agentes bióticos responsáveis, direta ou indiretamente, por pragas e doenças. Especificamente, as alterações na temperatura vão afetar a temperatura acumulada (graus-dia) e o desenvolvimento de animais invertebrados. Por outro lado, a antevisão de aumento de temperatura e aumento de precipitação (projetado para o Verão) poderá resultar em condições mais propícias ao desenvolvimento de pragas e doenças bem como o aumento da área geográfica de incidência. Sendo que os veículos de introdução de novas espécies são diversos, será de atender ao efeito das alterações na temperatura no alargamento das áreas ecológicas destes agentes bióticos. Assim, e atendendo aos climas futuros projetados poderá haver uma maior suscetibilidade a pragas e a doenças sendo necessário maximizar as medidas de deteção, contenção e controlo.

Será também necessário aferir o efeito do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> em pragas, doenças bem como microrganismos pois este fator poderá afetar a sua fisiologia.

No que respeita à pecuária, encontram-se ativos em Portugal diversos programas de controlo de saúde animal<sup>15</sup>, que incluem a tuberculose bovina (em bovinos e em animais de caça de grande porte), brucelose bovina (tendo sido desenvolvido em 2012 um programa especial de controlo e erradicação nos concelhos de Montalegre e de Ribeira de Pena), leucose enzoótica bovina, língua azul, brucelose dos pequenos ruminantes, gripe aviária e salmonelas. No relatório “Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das

<sup>15</sup> <http://srvbamid.dgv.min-agricultura.pt/portal/page/portal/DGV/genericos?actualmenu=23822&generico=3180076&cboui=3180076>

Alterações Climáticas no Alto Tâmega - Caderno III” (GeoAtributo, 2020a) está disponível uma lista exaustiva com os agentes bióticos a ter em particular atenção. A incidência e distribuição destes agentes infecciosos poderá ser modificada devido às alterações de temperatura e precipitação projetadas. Para além disso, e em combinação com o aumento de CO<sub>2</sub> atmosfera que poderá fragilizar os animais, tornando-os mais suscetíveis. É assim essencial manter a monitorização das zoonoses pecuárias e à possível introdução de novos vetores/agentes de transmissão de doenças.

#### 4.4.2.1.3 Desafios antropogénicos

A atividade pecuária é indissociável da presença humana. Assim, a contração demográfica registada na região da CIM-AT é uma séria ameaça a esta atividade. Por outro lado, através da presença humana e atividades económicas associadas é potenciada a introdução de novas espécies, espécies estas que poderão ter impacto (positivo ou negativo).

#### 4.4.2.1.4 Síntese dos impactes e vulnerabilidades futuras

Na tabela 69 encontram-se resumidos os principais impactes futuros no setor pecuário bem como das oportunidades decorrentes das alterações nos padrões de precipitação e de temperatura e do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

**Tabela 69-** Síntese dos principais impactes futuros do sistema pecuário

Variáveis	Anomalias climáticas	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
Precipitação	Diminuição da precipitação média anual, em particular na Primavera.		Limitação ao crescimento de pastagens que proporcionem alimentação em verde para o gado.  Aumento da necessidade de rega.
	Alteração do padrão de precipitação, com aumento da	Maior probabilidade de existência de charcas e ribeiros com água corrente;	Aumento da exposição e/ou incidência de pragas e doenças (introdução

Variáveis	Anomalias climáticas	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
	precipitação no Verão.	Maior probabilidade de crescimento de pastagens que proporcionem alimentação em verde para o gado.	acidental ou alargamento da distribuição ecológica);
Temperatura	Aumento da temperatura mínima.	Aumento do número de dias favoráveis ao crescimento vegetativo das espécies agrícolas e maior disponibilidade de alimentação em verde para o gado.	
	Aumento da temperatura média anual e do número de dias com temperatura > 35°C	Possibilidade de identificação de espécies úteis no controlo biológico de pragas e doenças;  Seleção de indivíduos melhor adaptados às novas condições.	Diminuição no bem-estar animal e da sua produtividade;  Aumento da exposição e/ou incidência de pragas e doenças (introdução accidental ou alargamento da distribuição ecológica);  Aumento do risco de exposição a incêndios florestais /rurais.
CO <sub>2</sub>	Aumento de CO <sub>2</sub> na atmosfera	Possibilidade de aprofundar o conhecimento sobre os efeitos na fisiologia animal e os seus impactes na sua produtividade.  Seleção de indivíduos melhor adaptados às novas condições.	Alterações fisiológicas com impacto no bem estar animal e na sua produtividade.

#### 4.4.2.2 Avaliação do risco climático setorial

Na Tabela 70 resumem-se as avaliações de risco consideradas anteriormente para o setor pecuário da região da CIM-AT. Considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5, será de reforçar que os cenários exibem tendências semelhantes para ambos os períodos em

consideração (2040-2069 e 2070-2099). No entanto, exibem amplitudes de diferenças distintas que serão significativas no contexto pecuário. Atendendo à ausência de informação quantitativa, detalhada e de nível local, torna-se altamente especulativo o exercício de previsão de vulnerabilidades futuras. Assim, opta-se por considerar o cenário RCP8.5 como introduzindo alterações mais drásticas no médio prazo (2040-2069) mas que estão em linha com as previstas com o cenário RCP4.5.

**Tabela 70-** Avaliação de Riscos associados às projeções climáticas – Produção Pecuária. Considera-se que as projeções de longo prazo consideram a progressão a partir da projeção considerada para o período anterior.

Riscos climáticos	Nível do Risco		Tendência do Risco
	Médio Prazo (2040-2069)	Longo Prazo (2070-2099)	
1.A Aumento da temperatura (média, máxima, mínima)	6	6	↑
2.A Redução da disponibilidade hídrica	6	6	↑
2.B Redução da disponibilidade hídrica em combinação com elevadas temperaturas	9	9	↑
2.C. Aumento da disponibilidade hídrica no Verão	2	2	↔
3.A. Aumento de CO <sub>2</sub>	6	9	↑
4.A Suscetibilidade a agentes bióticos	9	9	↑
5.A Diminuição da presença humana	9	9	↑

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

#### 4.4.2.3 Priorização dos riscos climáticos

Para a priorização dos riscos climáticos com maior incidência no setor pecuário procedeu-se à elaboração das respetivas matrizes de risco (Figura 62), considerando a situação a médio e a longo prazo.

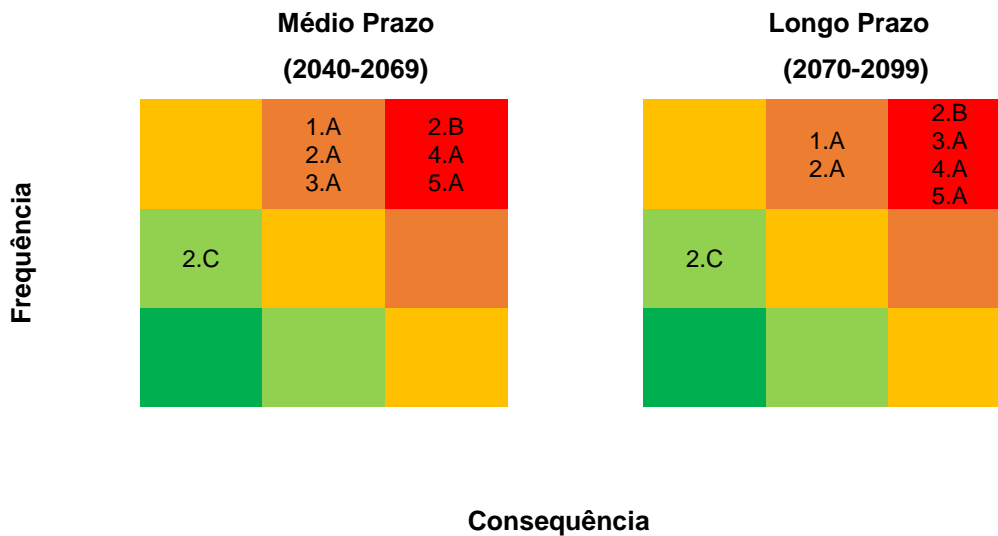


Figura 62- Matriz de risco para a atividade pecuária

As projeções de longo prazo não têm como aferir a linha de base para 2070 e consideram a progressão a partir da projeção considerada para o período anterior. Em linhas gerais, estas preveem tendencialmente um agravamento das situações.

A matriz de risco ilustra as vulnerabilidades futuras para as quais será necessário desenvolver medidas de adaptação e/ou mitigação. Estas deverão ser identificadas e implementadas quer a nível intermunicipal (território da região do Alto Tâmega) quer especificamente, ao nível de cada um dos seis municípios deste território. A monitorização em contínuo, comunicação entre as diversas entidades e partilha de dados são fatores essenciais à identificação e implementação de tais medidas.

#### 4.5. Biodiversidade

No relatório de vulnerabilidade atuais, e fazendo uso de diversas altas, relatórios e bases de dados, foram inventariadas 1513 espécies de plantas vasculares (agrupadas em 116 famílias), 62 espécies de mamíferos (distribuídas por 20 famílias), 156 espécies de aves (55 famílias), 25 espécies de répteis (8 famílias), 15 de anfíbios (6 famílias), 20 de peixes (11 famílias) e 12 de bivalves (4 famílias). O inventário demonstra uma elevada biodiversidade e regista múltiplos endemismos ibéricos. Demonstra ainda que diversos *taxa* exibem estatuto de conservação de ameaçadas ou quase ameaçadas (categorias CR, EN, VU, NT), requerendo atenção redobrada.

A perceção pelas populações locais de que biodiversidade dos ecossistemas é importante, quer do ponto de vista da conservação da natureza, quer do ponto de vista do usufruto, da identidade cultural, da valorização paisagística e como fonte de produtos naturais (por exemplo medicinais e cosméticos). A título de exemplo referem-se as missões de colheita de germoplasma de plantas aromáticas e medicinais realizadas pelo Banco Português de Germoplasma Vegetal (BPGV<sup>16</sup>) nos seis municípios do Alto-Tâmega. Diversos espécimes de espécies das famílias das *Lamiaceae*, *Hypericaceae* e *Cannabaceae*, comumente utilizadas na extração de produtos naturais foram recolhidas e estão conservados no BPGV (Ana Barata, Comunicação Pessoal).

Nesse sentido, é essencial prosseguir com as campanhas de sensibilização e de valorização dos recursos silvestres sendo que os seis municípios da região da CIM-AT desenvolvem atividades de educação e valorização ambiental. Estas atividades fazem uso de diversos recursos, nomeadamente de infraestruturas como: Boticas Parque - Natureza e Biodiversidade (Boticas); Parque Botânico e Zoológico da Quinta do Rebentão (Chaves); Ecomuseu do Barroso (Montalegre); Parque Ambiental do Bucheiro (Ribeira de Pena); Ecovia do Rabaçal (Valpaços); Parque Florestal e Rede de Trilhos de Interpretação de Espaços Naturais<sup>17</sup> (Vila Pouca de Aguiar).

A existência de diversos espaços municipais, nos quais se valoriza o património natural ilustra que há oportunidade para aprofundar: a perceção da dependência humana dos espaços silvestres; da necessidade de manter espaços de intervenção humana reduzida; da monitorização e estudo das comunidades silvestres.

À semelhança do descrito para a atividade agropecuária, a distribuição de fauna e flora silvestres num determinado território está intimamente relacionada com as condições meteorológicas, nomeadamente a temperatura do ar e a quantidade de precipitação. No que

---

<sup>16</sup> <http://bpgv.inia.v.pt>

<sup>17</sup> [https://www.alberguesdeaguiar.pt/datafiles/files/ATLAS\\_AMBIENTAL.pdf](https://www.alberguesdeaguiar.pt/datafiles/files/ATLAS_AMBIENTAL.pdf)



respeita à flora, e em paralelo à flora agrícola, parâmetros específicos, como as temperaturas acumuladas, a água no solo, ou a evapotranspiração potencial são da maior importância. No que respeita à fauna invertebrada, padrões de temperatura são importantes no controlo do ciclo de vida e na sua distribuição no globo, sendo que nos vertebrados o conforto térmico é um importante parâmetro a considerar.

Para além do binómio temperatura-disponibilidade de água, também o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera coloca desafios adicionais: nas plantas induz importantes alterações nas dinâmicas de assimilação de CO<sub>2</sub> (fotossíntese) e distribuição de reservas; nos mamíferos poderá induzir alterações fisiológicas que fragilizam os organismos. Por outro lado, o efeito do aumento do CO<sub>2</sub> nas comunidades microbianas no solo (e nas propriedades dos solos), nos insetos polinizadores, nos agentes causadores de pragas e de doenças está ainda por revelar. Acresce ainda que o efeito combinado destes fatores (elevado CO<sub>2</sub>, aumento temperatura, menor disponibilidade hídrica) está ainda largamente por determinar, sendo, no entanto, possível admitir que os seus efeitos serão mais negativos do que apenas a soma dos três fatores de stress isoladamente. As relações ecológicas existentes estão assim sob desafio, sendo que este cenário comporta o que é designado por alguns autores como a “tempestade perfeita”.

As ferramentas para diminuir os efeitos dessa “tempestade perfeita” baseiam-se no conhecimento. Conhecimento milenar do território por parte populações locais e conhecimento gerado pelas comunidades científicas seguindo protocolos rastreáveis e quantificáveis. Em conjunto, será possível encontrar soluções que funcionem a nível local e sensibilizar os decisores políticos de forma a implementá-las. As informações atuais, fragmentadas e disponíveis para outras regiões que não o Alto-Tâmega, apontam que o aumento da biodiversidade de um dado ecossistema aumenta a sua resiliência e como tal contribui para a superação de desafios causados por elevado CO<sub>2</sub>, aumento temperatura, menor disponibilidade hídrica. Nesse contexto, e pelos padrões europeus, Portugal e a região da CIM-AT estão particularmente bem posicionados devido à sua riqueza e diversidade de flora e fauna (IUCN 2013).

De acordo com o PIACC-AT, os padrões de temperatura e precipitação serão os parâmetros meteorológicos que maiores alterações registarão nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o médio e para o longo prazo (ver secção 3). No contexto da biodiversidade, a análise quantitativa dos efeitos das alterações nos padrões de temperatura e precipitação requer informação detalhada não só sobre cada habitat, mas também sobre as espécies que o integram e as relações ecológicas estabelecidas. A utilização de índices bioclimáticos relacionados com a temperatura e precipitação também seria útil na análise de vulnerabilidades futuras.

Na sua ausência destes dados, serão efetuadas considerações qualitativas considerando aspetos gerais, particularizando sempre que possível.

#### **4.5.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras**

De acordo com a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas para Sector da Biodiversidade (ICNF 2013), os efeitos das alterações climáticas nas espécies podem ser divididas em:

- i. Alterações na fenologia devido às alterações das características das estações do ano, nomeadamente o adiantamento da primavera e do verão, por exemplo aumento da temperatura média, mínima e máxima; e
- ii. Alterações na distribuição / declínios populacionais ou extinções locais de populações devido a deslocação em latitude e altitude das espécies sensíveis às alterações climáticas. Por exemplo, os morcegos de dieta especializada (insetos) e sensíveis a temperaturas elevadas são vulneráveis às alterações climáticas.

A vulnerabilidade de uma determinada espécie ou grupo de espécies às alterações climáticas é tanto menor quanto menor for sua diversidade genética e plasticidade fenotípica que influenciam a sua capacidade adaptativa a mudanças ambientais. As espécies mais vulneráveis serão, por exemplo, as que ocupam nichos climáticos estreitos e apresentam uma baixa capacidade de dispersão. Exemplos por excelência de taxa de nicho ecológico estreito são as espécies de anfíbios e de morcegos (devido à dieta especializada). No relatório de vulnerabilidade atuais para o Alto-Tâmega, o inventário releva a presença de diversas espécies endémicas com estatuto de conservação ameaçado quer no reino Animal quer no reino Vegetal.

##### **4.5.1.1 Desafios abióticos e bióticos**

A distribuição geográfica das comunidades biológicas é condicionada por variáveis climáticas e topográficas, sendo utilizada a classificação climática de Köppen-Geiger na análise das alterações climáticas na distribuição das diversas espécies e ecótipos. Atendendo aos mapas globais para climas futuros disponíveis (2071-2100, cenário RCP8.5), apontam a região CIM-AT exibirá um clima de sub-tipo Csa (Beck et al. 2018), enquanto o mapa para a situação atual refere os subtipos Csa e Csb.

Designado por clima Mediterrânico típico, o sub-tipo Csa, é caracterizado por verões secos e quentes com elevada probabilidade de ocorrência de secas. Os cenários climáticos produzidos para a região do Alto-Tâmega (ver secção 3). apontam para alterações significativas dos padrões de precipitação (diminuição no total anual entre 5 a 20%) e temperatura (aumento da temperatura média, máxima e mínima). Atendendo à estação do ano, verifica-se que a diminuição de precipitação será particularmente elevada na Primavera, podendo aumentar no Verão.

Registam-se grandes diferenças nas projeções a médio (2040-2069) e a longo prazo (2070-2099) para um mesmo cenário climático e um mesmo concelho.

Numa abordagem genérica, poderá assumir-se que para o período 2070-2099 será mantida a tendência para o aumento das temperaturas em ambos os cenários. No entanto, e para os padrões de precipitação, é projetada uma diminuição da disponibilidade hídrica para o Verão (em relação ao período 2040-2069, mas uma maior precipitação para o Inverno e a Primavera. Assim, é lógico assumir que o período 2070-2099 não será uma continuação do período anterior consubstanciando-se num cenário novo. Desta forma é particularmente desafiante a elaboração das vulnerabilidades futuras pois a situação de referência para 2070 é desconhecida, i.e., a situação agrícola em 2070 será o resultado das alterações climáticas e das medidas adotadas até lá. Para além disso, o processo agrícola (e pecuário) está intimamente ligado à presença humana pelo que nesta componente é necessário incorporar tendências demográficas, sendo que se projeta um cenário de contração demográfica (CIM-AT, 2014).

Ressalvando casos particulares que requeiram análise ao nível do concelho será efetuada uma análise intermunicipal por estação do ano e cenário climático.

### **Redução da disponibilidade hídrica**

Ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para redução da precipitação a médio e a longo prazo em todos os municípios. Para o período 2040-2069, a projeção de redução de precipitação (entre 30 a 40%) é particularmente acentuada na Primavera. Para o período 2070-2099, a projeção de redução de precipitação (entre 20 a 50%) é particularmente acentuada na Outono.

#### **a. Flora**

Poderão registar-se restrições hídricas na fase de germinação das sementes que ocorre caracteristicamente da Primavera. Poderá ser limitada ou impedida a germinação das plantas anuais uma vez que a germinação é particularmente sensível à falta de água. Quanto a espécimes de espécies arbóreas e arbustivas já implementadas, o sistema radicular poderá ter a capacidade para captar água em profundidade. No entanto, a existências de anos consecutivos de baixa disponibilidade hídrica muito possivelmente favorecerá as

espécies com uma maior eficiência na utilização do uso da água. Tipicamente, espécies de metabolismo C4 e de metabolismo CAM são mais eficientes que as espécies de metabolismo C3. São conhecidas espécies com metabolismo em C4 e em CAM em famílias (Mauseth 1998). Várias destas famílias estão identificadas no inventário de flora realizado para a região CIM-AT no âmbito do Relatório das Vulnerabilidades Atuais. *Asteraceae* (186 espécies, 26 delas são endemismos ibéricos, 16 são exóticas sendo que cinco são consideradas invasoras (Marchante et al. 2015)) e *Euphorbiaceae* (18 espécies, um endemismos ibérico; duas espécies exóticas) são famílias para as quais estão registadas espécies com metabolismo C3, C4 e CAM. *Amaranthaceae* (10 espécies, cinco delas exóticas); *Cyperaceae* (42 espécies, duas delas sendo endemismos ibéricos); *Poaceae* (163 espécies, 11 endemismos ibéricos, cinco exóticas sendo que uma delas é descrita como invasora); *Portulacaceae* (duas espécies) e *Zygophyllaceae* (uma espécie) são famílias para as quais estão registadas espécies com metabolismo C3, C4. *Crassulaceae* (22 espécies, três endemismos ibéricos); *Cucurbitaceae* (duas espécies); *Geraniaceae* (15 espécies, um endemismo ibérico); *Liliaceae* (oito espécies); *Orchidaceae* (26 espécies); *Oxalidaceae* (seis espécies, três das quais exóticas sendo que uma delas é descrita como invasora); *Polypodiaceae* (quatro espécies); *Vitaceae* (duas espécies) são famílias para as quais estão registadas espécies com metabolismo CAM.

É necessária uma análise bibliográfica e/ou bioquímica para averiguação do tipo de metabolismo fotossintético das espécies destas famílias. No entanto, é possível avançar com prováveis alterações na abundância relativa das espécies vegetais se se anteder unicamente a este critério devido a fenómenos de competição com outras plantas (por espaço, luz e nutrientes). Tal alteração poderá ter impactes no tipo de flores disponíveis para os polinizadores, no tipo de alimentação disponível para os herbívoros e na camuflagem providenciada.

#### **b. Fauna**

Charcas, ribeiros e rios com água corrente são utilizados pelos animais silvestres. A diminuição da precipitação poderá levar à redução da sua disponibilidade e qualidade. Será necessária a monitorização de forma a assegurar a existência de água para os animais silvestres.

### **Aumento da disponibilidade hídrica no Verão**

Está projetado um aumento da precipitação no Verão (70 a 100%).

#### **a. Flora**

Este cenário favorecerá o crescimento vegetativo das espécies vegetais. No entanto, e em associação com elevadas temperaturas poderá comprometer a floração de algumas espécies bem como promover a taxa de incidência de pragas e patogénios que sejam favorecidas por temperatura e humidades elevadas. No outro lado do espectro, estes parâmetros também influenciam o desenvolvimento de agentes bióticos benéficos para as plantas (polinizadores e agentes de controlo biológico).

#### **b. Fauna**

O aumento da disponibilidade hídrica no Verão será favorável à existência de charcas, e de ribeiros e rios com água corrente. Assim será favorável aos animais silvestres. No entanto, e em associação com elevadas temperaturas esta situação promover a taxa de incidência de pragas e patogénios e assim debilitar os animais.

### **Aumento da temperatura (média, máxima e mínima) e do número de dias com temperaturas superiores a 35°C**

Ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para o aumento da temperatura bem como do número de dias nos quais a temperatura de 35°C é ultrapassada (ver secção 3). Projeta-se ainda o aumento da ocorrência de ondas de calor.

#### **a. Flora**

Estes cenários são também propícios a alterações na distribuição de espécies vegetais uma vez que as plantas com metabolismo CAM estão particularmente bem adaptadas a existência de temperaturas elevadas e baixas disponibilidades hídricas (Mauseth 1998). Numa outra perspetiva, o aumento da temperatura poderá resultar numa maior produção de metabolitos secundários. Estes metabolitos exibem bioatividade e podem considerados para a cosmética e farmacopeia. Ressalva-se que a utilização de recursos silvestres para a extração a nível comercial de produtos naturais terá de respeitar critérios e sustentabilidade de forma a evitar sobre-exploração e degradação dos ecossistemas.

#### **b. Fauna**

Estes cenários são prejudiciais para os animais silvestres, podendo consubstanciar-se em stress térmico. A situação será agravada em situações combinadas com reduzida disponibilidade de água. A temperatura é também muito relevante nos padrões de migração das aves (Horton et al. 2020), potenciando alterações ecológicas significativas quer na sua estrutura quer na sua função. A título de exemplo, se a altura de a migração não coincidir a uma maior disponibilidade de presas no local de destino poderá haver falta de alimento. Acresce que o desenvolvimento de insetos é regulado pela temperatura. As alterações na

temperatura vão afetar a temperatura acumulada (graus-dia). O desenvolvimento de animais invertebrados é regulado por este parâmetro, estando descritos patamar mínimo (abaixo do qual o ciclo está bloqueado) e máximo (acima do qual o ciclo desacelera ou para). A transição entre estádios de desenvolvimento requer uma determinada quantidade de calor, o que implica que, dentro dos patamares de temperatura, dias mais quentes aceleram o ciclo e que dias mais frios o retardam.

Numa outra perspetiva, deverá enquadrar-se a competição entre insetos, por exemplo polinizadores e não polinizadores, que poderão ter um impacto significativo na polinização. Foi identificado, por todos os municípios, o impacto negativo da presença da *Vespa velutina* (vespa-asiática) na produção de mel e produtos relacionados. A *Vespa velutina* é muitas vezes confundida com a *Vespa crabro*, uma espécie autóctone que desempenha um reconhecido papel como controlador das populações de outros insetos. A necessidade de efetuar controlo da *Vespa velutina*, sem destruir ninhos de vespas autóctones é uma necessidade premente. Ainda na linha da introdução de espécies, e sendo que os veículos de introdução de novas espécies são diversos, não será de descurar o efeito das alterações na temperatura e o alargamento das áreas ecológicas para estes agentes bióticos. Assim, e atendendo aos climas futuros projetados poderá haver uma maior suscetibilidade a pragas e a doenças sendo necessário maximizar as medidas de deteção, contenção e controlo. A título de exemplo, no corredor fluvial do rio Tâmega (montante da cidade de Chaves) foi referenciada pelo representante da ADRAT a presença de *Phytophthora alni*, patógeno dos amieiros. Este organismo encontra-se na lista A1 da EPPO (*European and Mediterranean Plant Protection Organization*<sup>18</sup>), i.e., é recomendada para organismo de quarentena.

Também para espécies de aves, existem evidências de que o aumento da temperatura poderão favorecer espécimes com corpos mais pequenos e asas maiores (Weeks et al. 2020). Nesse sentido, perspetivam-se alterações significativas sendo necessário monitorizar as alterações (ou a sua ausência) nos ecossistemas e habitats da região CIM-AT.

Em termos genéricos, a redução da disponibilidade hídrica e o aumento das temperaturas percecionam um aumento do risco de incêndio, com impactes muito significativos nas comunidades silvestres.

### **Aumento de CO<sub>2</sub>**

Em ambos os cenários considerados (RCP4.5 e RCP8.5) é considerado o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Em maio de 2020 foram registados 417 ppm de CO<sub>2</sub>

---

<sup>18</sup> <https://gd.eppo.int/>

na atmosfera<sup>19</sup> sendo previsto aumentos até cerca de 525 ppm (RCP4.5) e cerca de 800 ppm (RCP8.5) para 2069 (ver secção 3).

#### **a. Flora**

Numa primeira análise, o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera é favorável à fixação fotossintética em plantas com metabolismo C<sub>3</sub>, não sendo tão relevante em plantas com metabolismo em C<sub>4</sub> (ver explicação ponto anterior). No entanto, a qualidade nutricional das sementes utilizadas para alimentação por animais silvestres poderá ser negativamente afetada (Augustine et al., 2018;<sup>20</sup>). Será também necessário aferir o efeito do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> em pragas, doenças bem como microrganismos e os seus impactes nas plantas silvestres.

#### **b. Fauna**

A bibliografia disponível sobre os efeitos de elevado CO<sub>2</sub> em espécies de mamíferos reporta a diminuição do pH do sangue, acidose e hipertensão (Robertson 2006) bem como alterações respiratórias (Cummins et al., 2014). Alterações na resposta imune, função muscular e divisão celular são também referidos por estes últimos autores. Neste contexto, é necessária informação sobre a fisiologia das diversas espécies sob condições de elevado CO<sub>2</sub>, sendo que se perspetiva uma elevada probabilidade para a alteração da dinâmica populacional devido a alterações no funcionamento do ecossistema.

### **4.5.1.2 Desafios antropogénicos**

Sendo que os veículos de introdução de novas espécies são diversos, através da presença humana e atividades económicas associadas é potenciada a introdução de novas espécies nos ecossistemas. Tal terá sido o caso do lagostim vermelho (*Procambarus clarkii*), da tartaruga de orelha vermelha (*Trachemys scripta*), do caracol dos Balcãs (*Physa* sp). Entre outras espécies exóticas, estas foram introduzidas na região e podem ser encontradas quer no corredor fluvial do rio Tâmega (montante da cidade de Chaves) quer nas áreas adjacentes. O lagostim-vermelho desenvolve-se particularmente bem sob temperaturas elevadas, competindo com as espécies nativas de lagostins, nomeadamente de *Austropotamobius pallipes lusitanicus* que se encontra em risco de extinção. Também o uso de herbicidas e pesticidas é uma potencial ameaça à biodiversidade. Regista-se também um grande aumento nas espécies de plantas vasculares introduzidas em Portugal: cerca de 500 novas espécies foram introduzidas entre 1999 e 2018 (Almeida 2018). A introdução de espécies vegetais

---

<sup>19</sup> [www.co2.earth/](http://www.co2.earth/)

<sup>20</sup> <http://www.co2science.org/subject/m/summaries/mammals.php>



representa desafios ecológicos relevantes na competição de recursos com as espécies já existentes.

A diminuição da presença humana poderá ser entendida como uma menor pressão sobre os ecossistemas, sendo que é de ressaltar que os espaços silvestres foram modulados ao longo de séculos pelas populações humanas e como tal esta é também parte integrante no ecossistema.

#### 4.5.1.3 Síntese dos impactes e vulnerabilidades futuras

Na Tabela 71 encontram-se resumidos os principais impactes futuros no setor da biodiversidade bem como das oportunidades decorrentes das alterações nos padrões de precipitação e de temperatura e do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

**Tabela 71-** Síntese dos principais impactes futuros na Biodiversidade

Variáveis	Anomalias climáticas	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
Precipitação	Diminuição da precipitação média anual, em particular na Primavera.	<p>Possibilidade de aprofundar o conhecimento sobre as comunidades silvestres e suas estratégias ecológicas;</p> <p>Possibilidade de investimento em mecanismos de conservação da Biodiversidade a nível nacional e europeu;</p> <p>Acesso a programas de financiamento de mitigação dos efeitos das alterações climáticas;</p> <p>Possibilidade para promover o património natural enquanto identidade cultural;</p>	<p>Alterações na distribuição / declínios populacionais ou extinções locais de populações;</p> <p>Aumento da competição interespecífica entre espécies locais;</p> <p>Aumento da competição interespecífica entre espécies locais e introduzidas;</p> <p>Redução da disponibilidade hídrica para as comunidades silvestres;</p> <p>Aumento da exposição às consequências dos incêndios rurais / florestais.</p>
	Alteração do padrão de precipitação, com aumento da precipitação no Verão.	<p>Poderá permitir a existência de charcas e ribeiros com água corrente;</p> <p>Maior probabilidade de crescimento de pastagens que proporcionem alimentação.</p>	Interferência na floração.

Variáveis	Anomalias climáticas	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
Temperatura	Aumento da temperatura mínima.	<p>Permite maior crescimento vegetativo das plantas e maior disponibilização de alimento;</p> <p>Maior disponibilidade de alimento poderá ser favorável à sobrevivência das crias de diversas espécies;</p>	Interferência nos padrões de floração.
	Aumento da temperatura média anual e do número de dias com temperatura > 35°C.	<p>Possibilidade de investimento em mecanismos de conservação da Biodiversidade a nível nacional e europeu;</p> <p>Possibilidade para promover o património natural enquanto identidade cultural;</p> <p>Acesso a programas de financiamento de mitigação dos efeitos das alterações climáticas;</p> <p>Possibilidade de identificação de espécies úteis no controlo biológico de pragas e doenças;</p> <p>Aproveitamento da flora silvestre para a extração de produtos naturais;</p>	<p>Alterações na distribuição / declínios populacionais ou extinções locais de populações;</p> <p>Aumento da exposição e/ou incidência de pragas e doenças (introdução accidental ou alargamento da distribuição ecológica);</p> <p>Aumento do risco de incêndios florestais /rurais.</p>
CO <sub>2</sub>	Aumento de CO <sub>2</sub> na atmosfera.	<p>Acesso a programas de financiamento de mitigação dos efeitos das alterações climáticas;</p> <p>Possibilidade de aprofundar o conhecimento sobre as comunidades silvestres e suas estratégias ecológicas;</p>	<p>Alterações na distribuição / declínios populacionais ou extinções locais de populações;</p> <p>Aumento de problemas respiratórios nos mamíferos;</p>

#### 4.5.2. Avaliação do risco climático setorial

Na Tabela 72 resumem-se as avaliações de risco consideradas anteriormente para o setor da biodiversidade para a região da CIM-AT. Considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5, será de reforçar que os cenários exibem tendências semelhantes para ambos os períodos em consideração (2040-2069 e 2070-2099). No entanto, exibem amplitudes de diferenças distintas que serão significativas no contexto da biodiversidade. Atendendo à ausência de informação quantitativa, detalhada e de nível local, torna-se altamente especulativo o exercício de previsão de vulnerabilidades futuras. Assim, opta-se por considerar o cenário RCP8.5 como introduzindo alterações mais drásticas no médio prazo (2040-2069) mas que estão em linha com as previstas com o cenário RCP4.5. Sendo que em linhas gerais, o cenário RCP8.5 pressupõe, tendencialmente, um agravamento das situações climáticas, poderão ter-se registado mecanismos de ajuste bioquímico e morfológico nas comunidades biológicas. Ajustes morfológicos e anatómicos bem na nas estratégias de utilização de água poderão, alguma forma, reduzir os efeitos negativos.

**Tabela 72-** Avaliação de Riscos associados às projeções climáticas – Biodiversidade. Considera-se que as projeções de longo prazo consideram a progressão a partir da projeção considerada para o período anterior

Riscos climáticos	Nível do Risco		Tendência do Risco
	Médio Prazo (2040-2069)	Longo Prazo (2070-2099)	
A Redução da disponibilidade hídrica			
Flora (alterações na distribuição de populações)	6	6	↑
Fauna (alterações na distribuição de populações)	6	6	↑
Aumento da disponibilidade hídrica no Verão			
Flora (possibilidade crescimento vegetativo)	2	1	↔
Fauna (água disponível para as comunidades)	4	2	↔
A Aumento da temperatura (média, máxima, mínima) e número de dias com temperaturas superiores a 35°C			
Flora (alterações na distribuição de populações; interferência na floração; exposição a pragas e doenças)	9	9	↑
Fauna (alterações na distribuição de populações; exposição a pragas e doenças)	9	9	↑

3.A. Aumento de CO <sub>2</sub>			
3.Aa. – Flora (alterações na distribuição de populações)	6	6	↑
3.Ab. – Fauna (alterações na distribuição de populações; dificuldades respiratórias)	6	6	↑
4.A Diminuição da presença humana	2	4	↑

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

#### 4.5.3 Priorização dos riscos climáticos

Para a priorização dos riscos climáticos com maior incidência na área da biodiversidade procedeu-se à elaboração das respetivas matrizes de risco (Figura 63), considerando a situação a médio e a longo prazo.

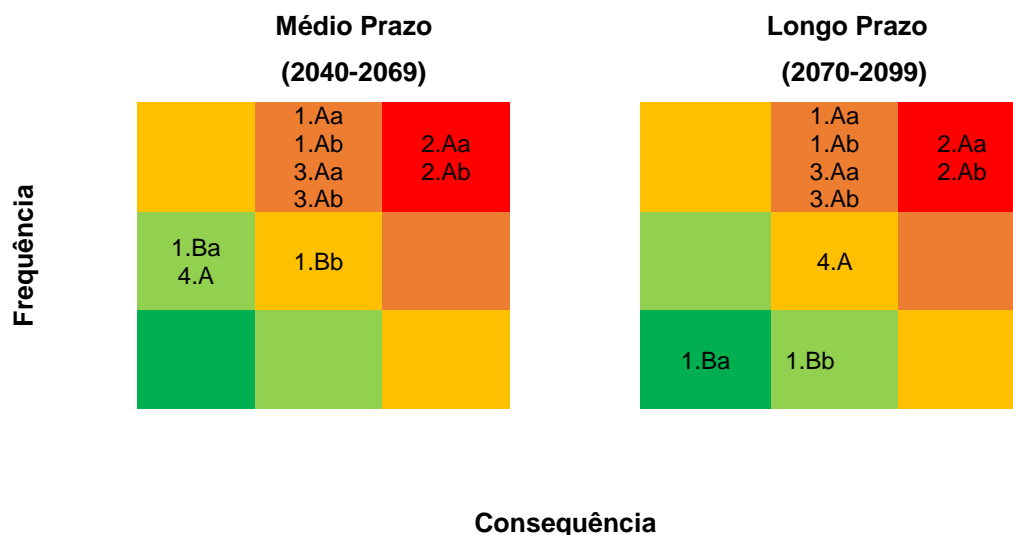


Figura 63- Matriz de risco

A matriz de risco ilustra as vulnerabilidades futuras para as quais será necessário desenvolver medidas de adaptação e/ou mitigação. Estas deverão ser identificadas e implementadas quer a nível intermunicipal (território da região do Alto Tâmega) quer especificamente, ao nível de cada um dos seis municípios deste território. A monitorização em contínuo, comunicação entre as diversas entidades e partilha de dados são fatores essenciais à identificação e implementação de tais medidas.

## 4.6 Florestas

### 4.6.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras

Um dos dados biogeográficos fundamentais da região do Alto Tâmega é a sua posição de transição entre a Região Eurosiberiana e a Região Mediterrânica. O limite entre estes dois domínios bioclimáticos coincide, de forma aproximada, com a vertente ocidental do vale do Tâmega (J. C. Costa, Aguiar, Capelo, Lousã, & Neto, 1998). Com efeito, o gradiente climático da região do Alto Tâmega apresenta um sentido NW>SW, desde os concelhos de Montalegre e Boticas, até ao concelho de Valpaços, ao longo do qual a precipitação total vai diminuindo e a temperatura aumentando, tal como é demonstrado pela análise climática desenvolvida na secção 3. A este quadro regional sobrepõem-se as condições específicas do vale do Tâmega, como um corredor microclimático que atravessa a região na direção NE>SW, evidenciado pela classificação climática de Köppen para Portugal continental (IPMA apud Salado, et al., 2020). A especificidade deste corredor fluvial é também reconhecida na proposta de tipologia fitogeográfica de Portugal continental (Franco, 1994). As mudanças climáticas futuras podem alterar este quadro bioclimático e, portanto, modificar as condições ecológicas em que se desenvolvem as florestas da região. Face aos cenários climáticos futuros desenvolvidos na secção 3 deste documento, é necessário analisar eventuais alterações ao contexto bioclimático e projetar seus impactos, a vários níveis, nas florestas da região.

No período de médio prazo (2040-2069), em ambos os cenários climáticos considerados (RCP 4.5 e RCP 8.5), a temperatura média na região do Alto Tâmega irá aumentar ligeiramente e a precipitação acumulada reduzir-se-á, mas sofrendo uma redistribuição sazonal que anulará o *deficit* hídrico estival, devido ao aumento da precipitação nesta época do ano. O regime de ventos não apresentará alterações significativas. O gradiente de temperatura aumentará na direção NW>SE e o de pluviosidade reduzir-se-á na mesma direção.

No período de longo prazo (2070-2099), em ambos os cenários considerados (RCP 4.5 e RCP 8.5), a temperatura média continuará a aumentar (+1,9°C e +3,99°C, respetivamente) e a precipitação acumulada a reduzir-se (-8,64% e -15,17%, respetivamente), reaparecendo um período de *deficit* hídrico estival, devido à redução da precipitação nesta época do ano. O regime de ventos não apresentará alterações significativas. O gradiente de temperatura aumentará na direção NW>SE e o de pluviosidade reduzir-se-á na mesma direção.

Na Tabela 73 apresenta-se uma síntese das principais anomalias climáticas da região, a médio e longo prazo, desagregada ao nível municipal.

**Tabela 73-** Síntese dos principais resultados da análise climática, a médio e longo prazo, nos municípios do Alto Tâmega. Fonte: Salado, et al. (2020).

Município	Síntese climática
Boticas	Aumento contínuo da temperatura média, entre +1,6°C e +2°C (médio prazo) e entre +1,90°C e +3,9°C (longo prazo). Redução da precipitação entre 9% e 17%, mais pronunciada nos meses de outono.
Chaves	Aumento contínuo da temperatura média, entre +1,65°C e +2,1°C (médio prazo) e entre +2,05°C e +4,0°C (longo prazo). Redução da precipitação entre 5% e 16%, mais pronunciada nos meses de outono.
Montalegre	Aumento contínuo da temperatura média, entre +1,7°C e +2,1°C (médio prazo) e entre +2,05°C e +3,95°C (longo prazo). Redução da precipitação entre 10% e 17%, mais pronunciada nos meses de outono. <u>Município onde será maior o aumento do n.º de dias por ano em que a temperatura excederá 25°C e maior a redução do n.º de dias de geada.</u>
Ribeira de Pena	Aumento contínuo da temperatura média, entre +1,05°C e +1,4°C (médio prazo) e entre +1,35°C e +3,41°C (longo prazo). Redução da precipitação entre 11% e 19%, mais pronunciada nos meses de outono.
Valpaços	Aumento contínuo da temperatura média, entre +1,7°C e +2,2°C (médio prazo) e entre +2,05°C e +4,05°C (longo prazo). Redução da precipitação entre 4% e 12%, mais pronunciada nos meses de outono. <u>Município onde será maior o aumento do n.º de dias por ano em que a temperatura excederá 35°C.</u>
Vila Pouca de Aguiar	Aumento contínuo da temperatura média, entre +1,75°C e +2,15°C (médio prazo) e entre +2,05°C e +4,0°C (longo prazo). Redução da precipitação entre 9% e 16%, mais pronunciada nos meses de outono. <u>Município onde será maior a redução do n.º de dias de precipitação por ano.</u>

#### 4.6.1.1 Ciclos climáticos e espécies florestais

As espécies florestais que ocorrem na região do Alto Tâmega, especialmente as que constituem bosques de origem autóctone, como *Pinus sylvestris* e *Quercus* spp., têm origem antiga, em termos evolutivos, tendo atravessado vários períodos geológicos, a que corresponderam tipos de clima diferenciados e contrastantes (Pais, 2010). A presença destas espécies na região remonta, pelo menos, a vários milhares de anos antes do presente, e está documentada por material polínico sedimentado em turfeiras da serra do Gerês (Coudé-Gaussen, 1981; Ramil Rego, Gómez-Orellana, Muñoz Sobrino, & Tereso, 2011) e por vestígios de madeiras semicarbonizadas, exumadas em sítios arqueológicos dos concelhos de Chaves e de Vila Pouca de Aguiar (Jorge, 1986). Podemos admitir que a capacidade intrínseca de resistência e de adaptação destas espécies florestais a alterações ambientais foi posta à prova nos ciclos climáticos do passado, ainda que os bosques de origem autóctone

ocupem atualmente áreas relativamente restritas da região, devido à desflorestação antropogénica (Reboredo & Pais, 2014; Tereso, Ramil Rego, & Almeida da Silva, 2011).

No que respeita aos cenários climáticos futuros, e aos seus impactos na floresta, em complemento à análise climática demonstrada na secção 3, consideramos a análise desenvolvida por Costa, Fraga, Fernandes, & Santos (2017), relativa às variações futuras de dois índices, o Índice de Aridez (IA) e o Índice de Termicidade (IT), e as correspondentes alterações nos pisos bioclimáticos mais propícios às espécies florestais em Portugal continental. Tais alterações podem ser sumariadas do seguinte modo:

– Quanto ao IA, espera-se um aumento generalizado das condições de secura, excetuando-se áreas muito restritas de clima hiper-húmido, nas regiões montanhosas mais elevadas do norte e centro de Portugal; as condições de crescimento serão alteradas para situações de maior secura, com impactos significativos no desenvolvimento de espécies florestais que ocorrem atualmente em regiões frias e húmidas.

– Quanto ao IT, o piso bioclimático supramediterrânico desaparecerá virtualmente e, no norte do país, assistir-se-á a um predomínio dos pisos mesomediterrânico e termomediterrânico superior.

– A análise combinada de IA e IT revela que um clima futuro mais quente e seco poderá ameaçar, ou mesmo extinguir, espécies como *Betula alba* e *Pinus sylvestris*, ambas com ocorrência atual na região do Alto Tâmega, como se referiu no relatório de vulnerabilidades climáticas atuais (Relatório 1).

– Outras espécies, como *Quercus pyrenaica* e *Castanea sativa*, poderão sofrer uma redução de 7% na sua área atual de ocorrência, e os pisos bioclimáticos associados a espécies como *Quercus robur*, *Q. suber* e *Pinus pinaster* sofrerão uma realocização, com uma redução de 13% da sua área de aptidão atual. Estas espécies continuarão a ocorrer nas condições climáticas futuras, mas em localizações diferentes das atuais, uma alteração que afetará igualmente espécies infestantes em meios florestais, como *Acacia dealbata* e *Hakea sericea*.

O Programa Regional de Ordenamento Florestal (PROF) de Trás-os-Montes e Alto Douro assume este cenário de alteração climática e as implicações sobre as condições florestais da região, assinalando, no entanto, que o sobreiro (*Quercus suber*) é a espécie que mais poderá aumentar a área favorável de ocorrência nesta região (ICNF, 2018b).

Apresenta-se na Tabela 74 a evolução do IT na região do Alto Tâmega, para o cenário climático RCP 4.5, com base nos dados do Portal do Clima (<http://portaldoclima.pt/pt/>). Como se observa, o aumento do valor de IT levará a uma alteração a longo prazo nos pisos bioclimáticos da região, especialmente na sua parte ocidental, atualmente abrangida pela Região Eurosiberiana, onde o piso Montano dará lugar ao piso Colino, posteriormente



substituído pelo piso Supramediterrânico. Na parte oriental da região do Alto Tâmega, enquadrada na Região Mediterrânica, o piso Supramediterrânico dará lugar ao piso Mesomediterrânico, à medida que aumenta o valor de IT. Esta variação indica uma deslocação para ocidente do limite entre a Região Eurosiberiana e a Região Mediterrânica. Portanto, as condições mediterrânicas da região serão mais acentuadas a longo prazo. Se considerarmos o cenário climático RCP 8.5, esta evolução será ainda mais acentuada, com toda a região do Alto Tâmega enquadrada no piso Mesomediterrânico a partir de 2041.

**Tabela 74-** Evolução do Índice de Termicidade (IT) e respetivos pisos bioclimáticos, na região do Alto Tâmega, para o cenário climático RCP 4.5. Fonte: Portal do Clima (<http://portaldoclima.pt/pt/>).

Região	Histórico		2041/2070		2071/2100	
	IT	Piso bioclimático	IT	Piso bioclimático	IT	Piso bioclimático
<b>Alto Tâmega</b>	165,8	Montano Supramediterrânico	200,4	Colino Supramediterrânico	212,3	Supramediterrânico Mesomediterrânico

Estas considerações apontam para a necessidade de efetuar uma análise posterior, mais detalhada, da variação de índices bioclimáticos na região do Alto Tâmega, que permita prever alterações futuras nas condições de desenvolvimento das espécies florestais da região e das áreas mais favoráveis para cada espécie. Dois aspetos deverão ser tidos em especial consideração neste exercício: por um lado, a morfologia do vale do Tâmega, formando um corredor que atravessa a região na direção NE>SW, cujas vertentes íngremes apresentam condições mais termófilas, distintas das áreas envolventes, propícias à expansão de espécies como o sobreiro (*Quercus suber*) e o medronheiro (*Arbutus unedo*), que poderão substituir parte da área atualmente ocupada por pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*), ou constituir faixas de compartimentação; por outro lado, encontram-se atualmente em construção as barragens do sistema eletroprodutor do Tâmega, que será constituído pelos aproveitamentos hidroelétricos do Alto Tâmega, de Daivões e de Gouvães, cujas albufeiras ocuparão, respetivamente, 468 ha, 340 ha e 176 ha no nível pleno de armazenamento (Iberdrola, s/d). Os efeitos no microclima local poderão traduzir-se na redução da amplitude térmica diária, na redução do número de dias de geada e no aumento da frequência de nevoeiros e de chuva ligeira (Salado, et al., 2020). Estes efeitos poderão mitigar, à escala local, a acentuação das condições mediterrânicas a médio e longo prazo.

#### 4.6.1.2 Variabilidade genética das populações regionais de espécies florestais

Para avaliar a capacidade de adaptação das espécies florestais da região do Alto Tâmega face aos cenários climáticos futuros, torna-se necessário proceder a uma avaliação da sua variabilidade genotípica, o que permitirá inferir o seu grau de elasticidade genética. O longo tempo durante o qual as florestas da região foram utilizadas pelas atividades humanas

conduziu a uma seleção de fenótipos, cuja base genética poderá condicionar a sua capacidade de resposta, face aos cenários climáticos esperados a médio e longo prazo. Sem uma avaliação adequada, não será possível prever, de forma fundamentada, qual o comportamento futuro das espécies florestais da região, o que exige a realização de estudos específicos adicionais. Este fator contribui para a elevar a incerteza sobre o grau de vulnerabilidade das florestas regionais.

Os PROF de Entre Douro e Minho e de Trás-os-Montes e alto Douro (ICNF, 2018a, 2018b) destacam a importância da qualidade genética dos materiais florestais e referem-se às características dos Materiais Florestais de Reprodução utilizados na regeneração e na arborização dos espaços florestais, essenciais para promover a sua biodiversidade e gestão sustentável. Atualmente, os locais para a recolha de materiais de base florestal na região do Alto Tâmega abrangem quatro concelhos, do seguinte modo:

- Boticas, com colheita de semente de pinheiro-larício, pinheiro-silvestre e vidoeiro;
- Montalegre, com colheita de semente de pinheiro-silvestre;
- Ribeira de Pena, com colheita de semente de carvalho-alvarinho, carvalho-americano, castanheiro, pinheiro-bravo, pinheiro-silvestre, pseudotsuga e vidoeiro;
- Vila Pouca de Aguiar, colheita de semente de pinheiro-larício, pinheiro-silvestre e pseudotsuga.

Particular atenção deve ser dada a espécies não abrangidas pela certificação obrigatória, nos termos do Decreto-Lei n.º 13/2019, de 21 de janeiro, atendendo ao seu desempenho no âmbito das medidas de adaptação às alterações climáticas, pois estas espécies estão mais adaptadas às condições ecológicas do território, sendo mais resistentes aos períodos de seca e mais resilientes aos incêndios, podendo promover a biodiversidade, e contribuir para uma floresta sustentável e diversificada (ICNF, 2019).

A vulnerabilidade futura das florestas da região do Alto Tâmega depende de práticas de repovoamento florestal em que os materiais de reprodução utilizados tenham características adequadas às condições climáticas. Os critérios de conservação de recursos genéticos florestais, estabelecidos pelos PROF, podem contribuir para garantir um *pool* genético com um nível de diversidade capaz de responder a diferentes cenários climáticos, mas sem a realização de estudos adicionais permanecerá elevado o grau de incerteza relativo a este fator.

#### **4.6.1.3 Risco de ocorrência de incêndios rurais/florestais**

Os incêndios rurais / florestais são um risco manifesto dos sistemas florestais, a que é prestada especial atenção por proprietários e gestores florestais, pela rede de agentes responsáveis por ações de prevenção e de combate ao fogo, por políticos e decisores, e pela

sociedade no seu conjunto. A evolução das áreas ardidas em Portugal, nomeadamente os incêndios de grandes dimensões (< 100 ha) ocorridos nos anos de 2003, 2005 e 2017, contribui para salientar este risco. Não surpreende, portanto, que os incêndios florestais sejam considerados um risco prioritário a nível nacional, e, na região do Alto Tâmega, sejam assumidos como o principal risco associado à floresta e aos meios rurais nos concelhos de Boticas, Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar (cf. PIAAC - Planeamento de trabalhos). Adicionalmente, o Perfil de Impactos Climáticos Locais (PIC-L), desenvolvido no âmbito deste trabalho, contabiliza 7981 ocorrências relativas a incêndios rurais na região do Alto Tâmega, sobretudo em floresta e matos, o que representa cerca de 95% das ocorrências do PIC-L.

A Estratégia Nacional para as Florestas (ENF), atualizada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 6-B/2015, reconhece que um dos principais impactes esperados das alterações climáticas para o nosso país é o aumento do risco de incêndios florestais, devido ao alargamento da época de maior risco de incêndio e ao aumento da probabilidade de ocorrência de condições meteorológicas extremas. A política de defesa da floresta contra incêndios estabelece, como principais objetivos estratégicos, a redução da superfície florestal ardida, a eliminação dos grandes incêndios, a diminuição do número de incêndios com duração superior a 24 horas e a redução do número de reacendimentos. Os principais objetivos específicos da ENF, relativamente à minimização do risco de incêndio, podem ser sumariados da seguinte forma:

- Aumentar a resiliência da floresta aos incêndios florestais, tendo por meta reduzir para 0,8% os povoamentos florestais ardidos, face à área total de floresta, no período entre 2018 a 2030;
- Reduzir a incidência dos incêndios, tendo por meta reduzir para 20% o número de ocorrências, no período entre 2015 e 2030;
- Garantir o cumprimento do Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios, até 2020.

Ao nível regional, os PROF do Entre Douro e Minho e de Trás-os-Montes e Alto Douro adotaram como conceito de risco de incêndio a perigosidade, entendida como a probabilidade de uma determinada área arder num determinado intervalo de tempo (ICNF, 2018a, 2018b), estando a região do Alto Tâmega classificada, na sua maior parte, na classe de perigosidade elevada ou muito elevada. A Tabela 75 apresenta uma simplificação qualitativa do regime de fogo nos municípios do Alto Tâmega, com base na extensão média da área ardida, relativa à área do concelho, e na dimensão característica dos fogos, ou seja, no tamanho dos fogos que mais contribuem para a área ardida.

**Tabela 75-** Distribuição dos municípios do Alto Tâmega por regime simplificado de fogo. Fonte: ICNF (2018a, 2018b).

Área ardida	Dimensão característica	Municípios
<b>Muito elevada</b>	Fogos grandes a muito grandes	Ribeira de Pena, Vila Pouca de Aguiar
	Fogos intermédios a muito grandes	Boticas
<b>Moderada a elevada</b>	Fogos intermédios a muito grandes	Montalegre, Chaves, Valpaços

Relativamente à vulnerabilidade futura das florestas do Alto Tâmega, tendo presente os cenários climáticos desenvolvidos na secção 3 deste documento (Salado, et al., 2020), esta irá aumentar genericamente com o aumento da temperatura e a redução da pluviosidade, especialmente nas épocas do ano em que estes dois parâmetros estejam mais dissociados, ou seja, em períodos prolongados de secura atmosférica que se conjuguem com um regime sazonal de temperaturas elevadas, sobretudo durante o outono, a que acresce a possibilidade de ocorrência de ventos fortes. Apesar de a vulnerabilidade das florestas da região ao fogo depender também de fatores antropogénicos, como as práticas de gestão florestal preventiva e, de uma forma abrangente, do ordenamento do território rural, o fogo continuará a ser um fator primordial de modelação da paisagem vegetal e um elemento condicionante da composição e estrutura dos sistemas florestais.

#### **4.6.1.4 Suscetibilidade a pragas e doenças**

No relatório de vulnerabilidades atuais (Relatório 1) foram abordados os principais riscos fitossanitários que afetam a floresta da região do Alto Tâmega, os quais são considerados um risco prioritário nos concelhos de Boticas e de Vila Pouca de Aguiar (cf. PIAAC - Planeamento de trabalhos). Durante a visita de campo, efetuada em 8 e 9 de junho de 2020, foi possível recolher informação complementar sobre a perceção deste risco junto de agentes locais.

O estado fitossanitário das manchas florestais, quer a nível regional, quer no restante território nacional, é um fator determinante da sua sustentabilidade, pois os danos causados por agentes bióticos nocivos – pragas e doenças – podem comprometer os objetivos da gestão florestal. A Estratégia Nacional para as Florestas (ENF), atualizada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 6-B/2015, reconhece como principal ameaça à sanidade florestal a circulação global de espécimes florestais e seus produtos e subprodutos. A esta ameaça acrescem as alterações climáticas, que podem criar condições favoráveis para o estabelecimento de pragas e doenças e originar novas pressões ambientais, que tornam as

árvores mais vulneráveis aos agentes bióticos nocivos, sobretudo aos que têm origem exótica. É por isso sublinhada a importância da definição de objetivos de longo prazo, com políticas e ações adequadas, ou seja, de uma atuação refletida e concertada em matéria de fitossanidade florestal.

A nível regional, os PROF de Entre Douro e Minho e de Trás-os-Montes e Alto Douro remetem a problemática dos riscos bióticos para o Programa Operacional de Sanidade Florestal, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 28/2014, de 7 de abril, e propõem medidas como a uniformização de procedimentos de prospeção de pragas e doenças e a implementação de sistemas de deteção precoce, nos quais assume especial importância a monitorização regular das manchas florestais (ICNF, 2018a, 2018b).

A projeção da suscetibilidade da região do Alto Tâmega a riscos fitossanitários num cenário climático futuro foi delineada no âmbito do projeto Investigação, Determinação e Avaliação de Impactos das Alterações Climáticas no Alto Tâmega (IDAIACAT), com o objetivo de produzir cartografia de risco (GeoAtributo, 2020). Com base nos cenários climáticos disponíveis no Portal do Clima (<http://portaldoclima.pt/pt/>) e na Carta de Uso e Ocupação do Solo foi produzida uma carta de suscetibilidade fitossanitária com quatro classes de suscetibilidade (elevada, moderada, baixa, nula ou não aplicável). A classe de suscetibilidade elevada ocupa cerca de 22,4% da região do Alto Tâmega, tendo especial incidência nos setores centro e sul, onde há maior área de soutos de castanheiro e de pinhais. A classe de suscetibilidade moderada corresponde apenas a 0,4 % do território da região. Quanto à classe de suscetibilidade baixa, que ocupa cerca de 23,6% do território, concentra-se nos setores oriental e norte da região do Alto Tâmega, em particular nos Municípios de Montalegre, Chaves e Valpaços. Apesar do seu interesse potencial, esta cenarização não analisa agentes bióticos específicos, o que permite supor que os seus requerimentos ecológicos foram tratados de maneira uniforme. Por outro lado, não é apresentada uma explicação para a baixa ocorrência da classe de risco moderada, estando o território da região dividido entre as classes de risco elevada e baixa.

#### **4.6.1.5 Proliferação de plantas lenhosas infestantes**

Foram abordados, no relatório de vulnerabilidades atuais (Relatório 1), aspetos relativos à ocorrência de acácias e de outras espécies lenhosas infestantes, de origem exótica, na região do Alto Tâmega, que são consideradas um risco prioritário nos concelhos de Boticas e de Vila Pouca de Aguiar (cf. PIAAC - Planeamento de trabalhos). Durante a visita de campo, efetuada em 8 e 9 de junho de 2020, foi possível constatar situações de

proliferação de algumas destas espécies, nomeadamente *Acacia dealbata* e *Ailanthus altissima*, e recolher informação sobre a sua perceção junto de agentes locais.

A evolução da expressão territorial destas espécies, embora seja evidente, quer na região, quer no restante território continental português, encontra-se insuficientemente quantificada; contudo, os dados do Inventário Florestal Nacional indicam que, entre 1995 e 2010, a área ocupada por manchas dominadas por *Acacia* spp. quase duplicou, a nível nacional (Fernandes, Devy-Vareta, & Rangan, 2013). A Estratégia Nacional para as Florestas (ENF) reconhece esta situação, assim como os impactos destas espécies sobre a biodiversidade, sobre a produção de produtos lenhosos e não-lenhosos e sobre os valores de uso indireto, sublinhando a dificuldade em reverter estes impactos. Além disso, a ENF assume como objetivo estratégico diminuir os riscos de ocorrência, desenvolvimento e dispersão destas espécies, estabelecendo como meta a estabilização da área ocupada por espécies lenhosas infestantes ('invasoras') até 2030. À escala regional, os PROF de Entre Douro e Minho e de Trás-os-Montes e Alto Douro assumem como objetivo, nos respetivos regulamentos, "controlar e sempre que possível erradicar as espécies invasoras lenhosas" (Portarias n.º 57/2019 e 58/2019, de 11 de fevereiro). Ambos os PROF preveem, como medida de execução específica, o apoio financeiro a ações de controlo e recuperação de áreas afetadas por invasoras lenhosas, tendo como objetivo a recuperação, no mínimo, de metade da área afetada até 2030 e de 70% da área afetada até 2050 (ICNF, 2018a, 2018b).

Assim, as vulnerabilidades futuras da floresta do Alto Tâmega, no que respeita à proliferação de plantas lenhosas infestantes, estão dependentes do sucesso destes programas e das medidas de gestão que forem implementadas. Um exercício prospetivo deverá considerar igualmente os fatores de perturbação antropogénica que potenciam este risco biótico nos sistemas florestais, e a sua correlação com o risco de ocorrência de incêndios rurais / florestais, atendendo ao tipo de resposta ao fogo de espécies que evoluíram em ambientes pirófitos, como é o caso de *Acacia dealbata* e de *Hakea sericea*, ambas de origem australiana (Silva, Nereu, Queirós, Deus, & Fernandes, 2019).

Um exercício de modelação ecológica, para avaliar a distribuição potencial de três espécies do género *Acacia* no Norte de Portugal, foi realizado por Vicente, et al. (2011), baseado em cenários de mudanças climáticas e de uso do solo. A distribuição de *A. dealbata*, *A. melanoxylon* e *A. longifolia* foi projetada para os anos 2000, 2020 e 2050, com uma previsão de aumento considerável da sua distribuição, nos vários cenários considerados. Contudo, na região do Alto Tâmega, a visita de campo efetuada permitiu constatar que, em 2020, a ocorrência atual está muito aquém da ocorrência potencial projetada, evidenciando o grau de incerteza inerente ao fenómeno.

#### **4.6.1.6 Gestão futura do território**

A vulnerabilidade climática da floresta da região do Alto Tâmega, quer atual, quer futura, está correlacionada, como se referiu, com as práticas de gestão do território, que permitem antever a possibilidade de implementar medidas de adaptação eficientes. Contudo, os dados demográficos apontam para uma redução contínua da população residente na região, aspeto que poderá limitar, de forma ainda mais severa do que atualmente, a capacidade de gerir o território. Se, por hipótese, se mantiver constante a taxa de perda de população residente nos concelhos do Alto Tâmega, verificada na primeira década do século XXI, de acordo com os dados da PORBASE, é possível que o concelho de Montalegre deixe de ter residentes antes de 2070, e que os concelhos de Boticas, Ribeira de Pena, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar fiquem sem população residente até final do século. O concelho de Chaves não apresenta uma tendência tão drástica, mas poderá chegar ao final do século XXI com cerca de metade da população residente que existia em 2011.

Apesar de este cenário demográfico exigir um quadro de análise mais elaborado, em que sejam ponderados outros fatores, a tendência geral da região tem sido a perda acentuada da população: no período 1960/2011, os municípios da região, com exceção de Chaves, perderam, pelo menos, metade da população residente. Se a redução da população residente atingir um limiar crítico mínimo, teremos de questionar-nos sobre a capacidade de implementar medidas de adaptação a alterações climáticas, seja qual for o cenário considerado. Este é, portanto, um dado determinante que é necessário ponderar adequadamente no desenvolvimento do presente trabalho e nas medidas de adaptação a propor.

#### **4.6.1.7 Síntese dos impactes**

Apresenta-se na Tabela 76 uma síntese dos principais impactes, positivos e negativos, nas florestas do Alto Tâmega, estabelecidos a partir dos cenários climáticos desenvolvidos neste documento.



**Tabela 76-** Síntese dos principais impactes climáticos futuros nas florestas da região do Alto Tâmega.

Variável climática	Anomalia climática	Impactes	
		Impactes positivos diretos (oportunidades)	Impactes negativos diretos (ameaças)
Temperatura	Aumento do valor do índice de termicidade (IT), com deslocação do limite entre a Região Eurosiberiana e a Região Mediterrânica para ocidente da região do Alto Tâmega.	Aumento da área com aptidão a espécies de ótimo ecológico mediterrânico.	Redução da área com aptidão a espécies de ótimo eurosiberiano (ex.: <i>Pinus sylvestris</i> ).
	Aumento do gradiente térmico na região do Alto Tâmega, na direção NW>SE.	Melhoria das condições florestais nas áreas montanhosas no NW da região.	Aumento da aridez do território no SE da região.
	Aumento contínuo da temperatura média, com uma alteração a longo prazo entre +1,9°C e +3,99°C.	Melhoria da aptidão a espécies termófilas (ex.: <i>Quercus suber</i> )	Redução da aptidão a espécies mesófilas (ex.: <i>Betula alba</i> )
		-	Aumento da perigosidade a incêndios rurais / florestais
	Aumento do n.º de dias por ano em que a temperatura excederá 25°C.	Aumento do estímulo térmico à atividade vegetativa.	-
	Aumento do n.º de dias por ano em que a temperatura excederá 35°C.	-	Aumento da perigosidade a incêndios rurais / florestais, com potencial aumento da área ardida.
	Redução do n.º de dias de geada.	Aumento do período vegetativo das espécies florestais.	-
Precipitação	Redução do gradiente pluviométrico na região do Alto Tâmega, na direção NW>SE.	-	Aumento das condições de seca do território, potencialmente causadoras de <i>stress</i> hídrico nas espécies florestais.
		-	Potencial redução da produção seminal das espécies

Variável climática	Anomalia climática	Impactes	
		Impactes positivos diretos (oportunidades)	Impactes negativos diretos (ameaças)
Precipitação x temperatura	Redução da precipitação total anual a longo prazo (-8,64% a -15,17%), mais pronunciada nos meses de outono.	Melhoria da aptidão florestal para espécies xerófilas (ex.: <i>Quercus ilex</i> ).	florestais e da sua viabilidade germinativa. Redução da aptidão florestal para espécies mesófilas (ex.: <i>Quercus robur</i> ).
			Aumento da perigosidade a incêndios rurais / florestais.
	Aumento do <i>superavit</i> hídrico estival no período 2040-2069.	Redução da perigosidade estival dos incêndios rurais / florestais.	-
		Aumento do período vegetativo das espécies florestais.	-
Aumento do <i>deficit</i> hídrico estival no período 2070-2099.	-	Redução do período vegetativo das espécies florestais.	
	Aumento das condições favoráveis à ocorrência de incêndios rurais / florestais.	-	Proliferação de espécies lenhosas de origem exótica.

#### 4.6.2 Avaliação do risco climático setorial

A avaliação de riscos climáticos futuros na região do Alto Tâmega é uma etapa fundamental para reconhecer os setores particularmente vulneráveis, neste caso a floresta, e para delinear opções alternativas de adaptação, tendo em vista a mitigação das vulnerabilidades identificadas e a potenciação de oportunidades.

A determinação do nível de risco foi obtida através da multiplicação da frequência de ocorrência de um determinado tipo de evento pela magnitude das consequências causadas pelos impactes desse evento, sendo ambas avaliadas numa escala de 1 (baixa) a 3 (alta). Os resultados apresentam-se na Tabela 77.

Como pode constatar-se, os riscos climáticos que apresentam um potencial de aumento mais acentuado são o aumento do valor do Índice de Termicidade e o aumento do

gradiente térmico na direção NW>SW, assim como o aumento do *deficit* hídrico estival a longo prazo. O único risco que sofre um decréscimo a longo prazo é o aumento do *superavit* hídrico estival.

Deve ressaltar-se que, atendendo à ausência de informação quantitativa, detalhada e de nível regional, o exercício de previsão de vulnerabilidades futuras tem um caráter especulativo.

**Tabela 77-** Avaliação do risco climático futuro nas florestas da região do Alto Tâmega.

Riscos Climáticos	Nível do Risco		Tendência do Risco
	Médio Prazo (2041/2070)	Longo Prazo (2071/2099)	
1.A Aumento do valor do Índice de Termicidade (IT)	4	9	↑
1.B Aumento do gradiente térmico na direção NW>SW	4	9	↑
1.C Aumento da temperatura média	6	9	↑
1.D Aumento do n.º dias em que a temperatura excederá 25°C	4	6	↑
1.E Aumento do n.º dias em que a temperatura excederá 35°C	4	6	↑
1.F Redução do n.º de dias de geada	2	4	↑
2.A Redução do gradiente pluviométrico na direção NW>SE	4	6	↑
2.B Redução da precipitação total anual, sobretudo no outono	4	6	↑
3.A Aumento do <i>superavit</i> hídrico estival (2040-2069)	6	1	↓
3.B Aumento do <i>deficit</i> hídrico estival (2070-2099)	1	6	↑
3.C Aumento das condições favoráveis à ocorrência de incêndios rurais / florestais	6	9	↑

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

#### 4.6.3. Priorização dos impactes e vulnerabilidades futuras

Para a priorização dos riscos climáticos com maior incidência na floresta regional, elaboraram-se as respetivas matrizes de risco (Figura 64), considerando a situação a médio e a longo prazo.

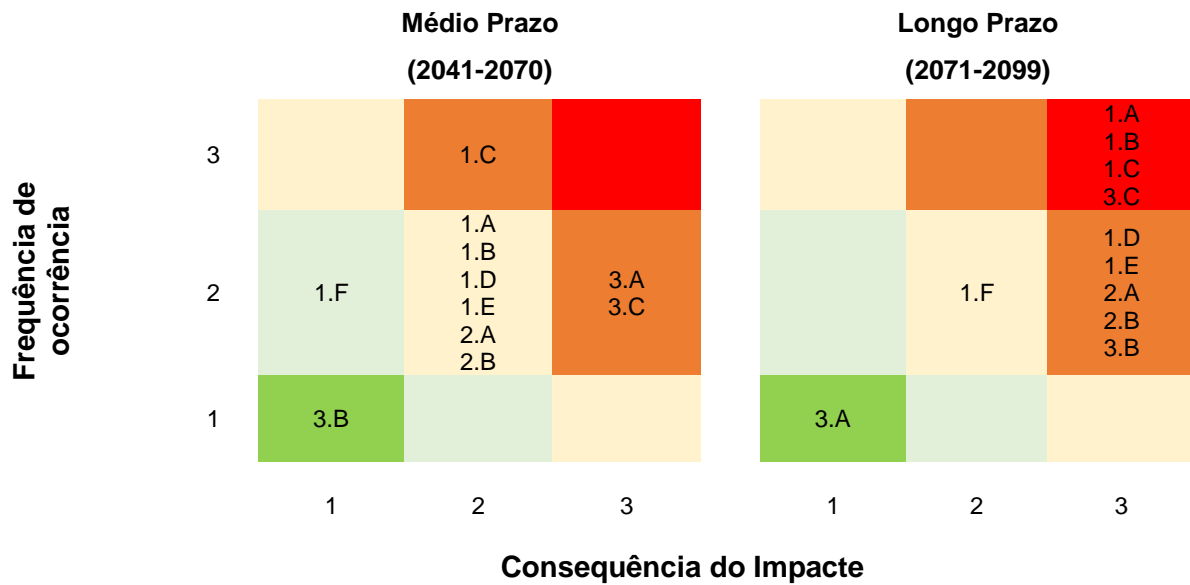


Figura 64- Matriz de risco.

As matrizes de risco ilustram as vulnerabilidades futuras para as quais será necessário desenvolver medidas de adaptação e/ou mitigação. Estas medidas deverão ser identificadas e implementadas na região do Alto Tâmega, quer a nível intermunicipal, quer ao nível de cada município deste território.

#### 4.6.4 Considerações Finais

A avaliação de vulnerabilidades futuras da floresta na região do Alto Tâmega é afetada pelo grau de incerteza dos cenários climáticos; as incertezas associadas aos modelos de previsão de alterações climáticas assumem também um papel preponderante na análise do risco, pelo que as suas limitações não podem ser ignoradas no delineamento de medidas de adaptação.

Deste modo, tem especial importância a monitorização meteorológica / climática, através de estações existentes ou a instalar na região. A monitorização deve abranger igualmente indicadores de campo, relacionados com fatores bióticos como pragas e doenças e com a expansão de espécies exóticas.

Finalmente, devemos sublinhar a necessidade de realizar estudos adicionais, nomeadamente sobre os índices bioclimáticos da região e os recursos genéticos florestais.

## 4.7 Recursos Hídricos

### 4.7.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras

#### 4.7.1.1 Recursos hídricos superficiais

##### 4.7.1.1.1 Aspetos quantitativos relacionados com escassez hídrica

- i. Necessidade de suspensão de determinada origem de água e identificação de origem alternativa, ainda que temporária, nomeadamente para abastecimento público (de acordo com os dados compilados à data este impacte deverá ser classificado como pouco provável);
- ii. Afetação da atividade agrícola (de regadio) com diminuição de produtividade e/ou suspensão de culturas temporárias de Primavera/Verão;
- iii. Diminuição de rentabilidade dos aproveitamentos hidroelétricos, nomeadamente os pequenos aproveitamentos hidroelétricos (com potência instalada inferior a 10 MW), por aumento do intervalo de tempo em que não é viável a turbinagem;
- iv. Ainda que a população residente da CIM-AT se encontre em decréscimo e sem sinais evidentes de inversão desta tendência, uma “nova” pressão sobre os recursos hídricos poderá surgir do sector industrial, nomeadamente do sector mineiro. O território da CIM-AT tem presentemente oito áreas de prospeção e pesquisa e, quinze concessões mineiras; e
- v. As vulnerabilidades associadas aos sistemas de abastecimento de água da rede pública de abastecimento ver-se-ão diminuídas no cenário de continuação da substituição de algumas origens de água pela origem de água “Alto Rabagão”. Esta albufeira, com uma capacidade útil de armazenamento superior a 500 hm<sup>3</sup>, tem elevada aptidão para atenuar os efeitos de séries plurianuais de anos considerados “secos”, ou seja, com precipitações anuais significativamente inferiores aos valores médios para a região.

##### 4.7.1.1.2 Aspetos quantitativos relacionados com excesso de água

- i. Com o aumento previsto do número de ocorrências de eventos extremos de precipitação (grandes quantitativos de pluviosidade concentrados em

intervalos de tempo reduzidos) é expectável um maior número de inundações. Contudo, atendendo quer à dinâmica de expansão urbana da região quer à existência de instrumentos de gestão territorial, os quais já identificam as zonas mais suscetíveis às inundações, considera-se que este problema se manterá praticamente confinado à cidade de Chaves e a Vila Pouca de Aguiar;

- e
- ii. O aumento do número de ocorrências de eventos extremos de precipitação ao acarretar aumentos súbitos dos caudais da rede hidrográfica, colocará sob pressão, com maior frequência, a estabilidade estrutural de alguma das pequenas barragens e açudes aqui existentes.

#### **4.7.1.1.3 Qualidade das águas superficiais, relacionado com escassez hídrica**

Com a exceção das grandes albufeiras existentes ou em construção na região do Alto Tâmega (e.g. Paradela, Alto Rabagão, Salamonde, Venda Nova, Daivões, Alto Tâmega e Gouvães), nas restantes massas de água superficiais, o expectável aumento de frequência e duração de períodos de seca extrema e/ou seca severa, terá como consequências para a qualidade das águas superficiais:

- i. A diminuição da oxigenação da água, refletida em menores valores do oxigénio dissolvido e em concentrações mais elevadas de Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>) e de Carência Química de Oxigénio (CQO);
- ii. O aumento da temperatura média da água;
- iii. O aumento dos fenómenos de eutrofização, consequência do incremento das concentrações em azoto e fósforo; e
- iv. A degradação da qualidade microbiológica das águas.

O aumento de frequência e duração de períodos de seca extrema e/ou seca severa potenciará o surgimento de pequenas áreas com água estagnada, nomeadamente em troços de cursos de água afluentes do Tâmega ou do Cávado, em charcas e pequenas albufeiras e ainda, em cortas de pedreiras abandonadas.

#### **4.7.1.1.4 Qualidade das águas superficiais, relacionado com excesso de água**

Com o aumento previsto do número de ocorrências de eventos extremos de precipitação (grandes quantitativos de pluviosidade concentrados em intervalos de tempo

reduzidos) é expectável uma maior erosão dos solos com subsequente transporte de material (de natureza diversa) em suspensão.

Este transporte de material inorgânico e orgânico, em termos de potenciais contaminantes das águas, deverá ser subdividido quanto à sua origem sendo expectável que:

- i. Em ambiente marcadamente rural, predomine o arrastamento de solo, nomeadamente em áreas de maior declive e menor cobertura vegetal dos solos. É ainda de considerar o arrastamento de efluentes pecuários que na região se deve maioritariamente ao gado bovino em regime extensivo;
- ii. Nas áreas de indústria extrativa (pedreiras e minas) ocorra dispersão de material geológico de granulometria fina (nomeadamente das classes granulométricas das siltes e argilas); e
- iii. Em ambientes urbanos, predominará a dispersão de resíduos sólidos urbanos não acondicionados e, com menor probabilidade, a dispersão de efluentes domésticos provenientes de fossas sépticas e/ou de lagoas de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) (por galgamento).

#### **4.7.1.2 Recursos hídricos subterrâneos**

##### **4.7.1.2.1 Aspetos quantitativos relacionados com escassez hídrica**

Os dados de caudais e de evolução piezométrica compilados são escassos, logo de reduzida representatividade para o território da CIM-AT. Ainda assim, é expectável que no universo de aproximadamente 500 pontos de água subterrânea utilizados como origem de água para abastecimento às populações (principalmente nascentes e minas horizontais), alguns tenham secado em períodos mais prolongados de ausência de precipitação significativa. A estes, acrescem milhares de pontos de água de utilização privada, nomeadamente para atividades agropecuárias.

De acordo com a informação constante no PIC-L, para o período compreendido entre 2010-2019, não se encontra qualquer ocorrência inequivocamente relacionada com falta de água subterrânea, nomeadamente no que respeita a origens de água para abastecimento público. Contudo, resultado de reuniões informais tidas com representantes dos municípios, aquando de deslocação ao território nos passados dias 8 e 9 de junho de 2020, percecionou-se a existência de interrupções pontuais no abastecimento de água às populações, com necessidade de se recorrer, ainda que temporariamente, a origens alternativas de água.



O Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Douro (RH3) identifica a massa de água subterrânea “Veiga de Chaves” como uma massa de água com tendência de descida dos níveis piezométricos. As previsões climáticas de redução da precipitação anual e aumento da temperatura média do ar apontam para a manutenção desta tendência de descida, a qual se poderá ver agravada por um aumento do consumo de água subterrânea para rega.

A vulnerabilidade das origens de água subterrânea para abastecimento público face às previsões climáticas de redução da precipitação anual (obtidas pelos dois modelos preditivos e para os dois períodos temporais em análise) é reforçada com aspetos geológicos e morfológicos. No território da CIM-AT predominam as rochas ígneas (nomeadamente diferentes tipos de granitos) e rochas metamórficas (xistos senso lato) de idade silúrica, ambas de reduzida aptidão hidrogeológica. Adicionalmente, muitas destas origens de água encontram-se a cotas elevadas e com modestas áreas de recarga dos níveis aquíferos.

#### **4.7.1.2.2 Aspetos quantitativos relacionados com excesso de água**

De acordo com a informação constante no PIC-L, para o período compreendido entre 2010-2019, não se encontra qualquer ocorrência inequivocamente relacionada com excesso de água subterrânea. A geologia da região, que não inclui ambientes cársicos e consequentemente não possui nascentes cársicas, não é propícia a ocorrências problemáticas por excesso de água subterrânea.

Ainda que não tenha sido reportado no PIC-L nem se tinha identificado em restante bibliografia consultada, é provável que em algumas baixas aluvionares a saturação dos solos após períodos prolongados de precipitação tenha provocado atrasos no início de algumas culturas temporárias, nomeadamente as culturas de primavera/verão.

O aumento previsto do número de eventos extremos de precipitação (elevado quantitativo de precipitação concentração num reduzido intervalo de tempo) é desfavorável ao processo de infiltração de água no subsolo e subsequente recarga dos níveis aquíferos, “perdendo-se” muita dessa água para o escoamento superficial.

#### **4.7.1.2.3 Qualidade das águas subterrâneas, relacionados com escassez hídrica**

De acordo com a informação constante no PIC-L, para o período compreendido entre 2010-2019, não se encontra qualquer ocorrência inequivocamente relacionada com

degradação da qualidade da água subterrânea por diminuição da sua abundância, nomeadamente no que respeita a origens de água para abastecimento público.

A diminuição de caudais e níveis piezométricos acarretam maiores tempos de residência, ou seja, maiores períodos de interação água-rocha, os quais originam incremento na mineralização das águas subterrâneas. Atendendo ao cortejo mineralógico da maioria das rochas hospedeiras, não é, contudo, expectável que se observem diferenças significativas. A exceção poderá acontecer nas águas subterrâneas armazenadas nas manchas sedimentares quaternárias, das quais se destaca a Veiga de Chaves.

A maior frequência de períodos de escassez hídrica originará um incremento na conversão da agricultura de sequeiro em agricultura de regadio, com aumento da probabilidade de perdas por lixiviação, nomeadamente de fertilizantes e, conseqüente contaminação das águas subterrâneas subjacentes.

#### **4.7.1.2.4 Qualidade das águas subterrâneas, relacionados com excesso de água**

De acordo com a informação constante no PIC-L, para o período compreendido entre 2010-2019, não se encontra qualquer ocorrência inequivocamente relacionada com degradação da qualidade da água subterrânea por excesso de água, nomeadamente no que respeita a origens de água para abastecimento público.

#### **4.7.1.2.5 Qualidade das águas subterrâneas, relacionados com o aumento da temperatura média**

Com o aumento previsto da temperatura média do ar identificam-se duas tipologias de impactes. Os impactes diretos, relacionados com alterações das comunidades microbianas das águas e, os impactes indiretos, relacionados com o expectável aumento do número de incêndios florestais. Estes últimos, têm potencial de degradação da qualidade das águas subterrâneas nomeadamente com a incorporação de carbono, potássio, fósforo e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs).

#### 4.7.1.3 Síntese dos impactes e vulnerabilidades futuras

Na tabela 78 resumem-se os principais impactes futuros nos recursos hídricos assim como as oportunidades resultantes das alterações nos padrões de precipitação e de temperatura.

**Tabela 78-** Síntese dos principais impactes futuros

Variáveis	Anomalias climáticas	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
Precipitação	Diminuição da precipitação média anual.	Adaptação das redes de distribuição de água às populações, recorrendo a menor número de origens de água, mas com maior capacidade de armazenamento (e.g. albufeiras).	<p>Suspensão de origens de água e sua substituição por origens alternativas;</p> <p>Diminuição de rentabilidade, nomeadamente dos pequenos aproveitamentos hidroelétricos (<math>P &lt; 10\text{MW}</math>);</p> <p>Surgimento de “nova” pressão sobre os recursos hídricos, nomeadamente associado ao sector mineiro;</p> <p>Diminuição da qualidade das águas superficiais, nomeadamente no que se relaciona com a sua oxigenação, teor de nutrientes e, comunidade microbiológica;</p> <p>Surgimento de maior número de áreas com água estagnada (com implicações ao nível da saúde pública);</p> <p>Manutenção da tendência de descida dos níveis piezométricos, com eventuais repercussões, também ao nível das águas hidrominerais.</p>
	Modificação do regime de precipitação, com incremento de precipitação no Verão.	<p>Diminuição da probabilidade de ocorrência de águas estagnadas;</p> <p>Aumento da probabilidade de utilização de origens de água subterrâneas, ainda que hidrogeologicamente pouco produtivas.</p>	Alguns terrenos mais alagadiços poderão ver o seu período de encharcamento alargado, impedindo inclusive a entrada de maquinaria agrícola.

Variáveis	Anomalias climáticas	Impactes	
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)
	Aumento do número de eventos extremos de precipitação	Identificação de novos locais vulneráveis a inundações e sua proteção através de Instrumentos de Gestão do Território.	<p>Aumento do número de inundações, mantendo-se a distribuição geográfica dos locais mais vulneráveis;</p> <p>Incremento da pressão sobre a estabilidade estrutural de pequenas barragens e açudes;</p> <p>Diminuição da qualidade das águas superficiais, consequência de arrastamentos de solos, efluentes pecuários e materiais de origem antropogénica.</p>
Temperatura	Aumento da temperatura mínima e da temperatura média anual, assim como do número de dias com temperatura superior a 35°C.	(não se aplica)	<p>Alteração das comunidades microbianas das águas, nomeadamente as superficiais;</p> <p>Aumento do número de incêndios florestais e consequente degradação da qualidade das águas, nomeadamente com a incorporação de carbono, potássio, fósforo e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs).</p>

#### 4.7.2 Avaliação do risco climático setorial

Na tabela 79 apresenta-se as avaliações de risco consideradas para a área territorial da CIM-AT. De acordo com os cenários climáticos RCP4.5 e RCP8.5, as tendências globais são idênticas para ambos os períodos considerados (2040-2069 e 2070-2099), ainda que com amplitudes de diferenças distintas. Observam-se ainda, por município, tendências ligeiramente distintas.

A escassez de informação quantitativa, nomeadamente no que respeita aos recursos hídricos subterrâneos, aconselha prudência no presente exercício preditivo de vulnerabilidades futuras ao nível dos recursos hídricos.

**Tabela 79-** Avaliação de Riscos associados às projeções climáticas

Riscos climáticos	Nível do Risco		Tendência do Risco
	Médio Prazo (2040-2069)	Longo Prazo (2070-2099)	
1.A Redução da disponibilidade hídrica (aspectos quantitativos)			
1.Aa Recursos hídricos superficiais	4	4	↔
1.Ab Recursos Hídricos subterrâneos	4	4	↔
1.B Redução da disponibilidade hídrica (qualidade das águas)			
1.Ba – Recursos hídricos superficiais	6	6	↔
1.Bb – Recursos Hídricos subterrâneos	4	4	↔
2.A Aumento do número de eventos de precipitação extrema (aspectos quantitativos)			
2.Aa – Recursos hídricos superficiais	4	4	↔
2.Ab – Recursos Hídricos subterrâneos	3	3	↔
2.B Aumento do número de eventos de precipitação extrema (qualidade das águas)			
2.Ba – Recursos hídricos superficiais	6	6	↔
2.Bb – Recursos Hídricos subterrâneos	3	3	↔

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

#### 4.7.3 Priorização dos riscos climáticos

A priorização dos riscos climáticos com maior incidência nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (aspectos quantitativos e de qualidade das águas) encontra-se resumida nas matrizes de risco da Figura 65, considerando as situações a médio e a longo prazo.

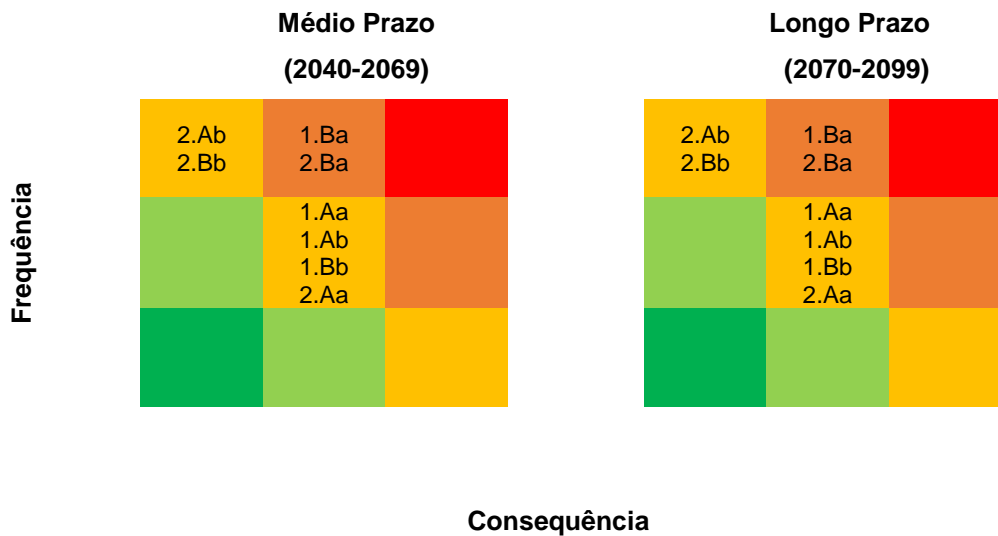


Figura 65- Matriz de risco.

As matrizes de risco destacam as vulnerabilidades futuras ao nível dos recursos hídricos para as quais se recomenda desenvolver medidas de adaptação e/ou mitigação. Estas últimas deverão ser implementadas quer a nível intermunicipal (território da região do Alto Tâmega) quer, atendendo às especificidades de cada município, ao nível de cada um dos seis municípios da comunidade intermunicipal.

#### 4.7.4 Principais conclusões

Face aos cenários climáticos projetados para a região, é expectável uma diminuição generalizada das disponibilidades hídricas, consequência da diminuição da precipitação anual e do aumento das temperaturas mínimas, médias e máximas.

A diminuição da precipitação será moderadamente significativa (o pior cenário aponta para uma diminuição de 19% da precipitação em Ribeira de Pena, para o período 2070-2099) e heterogénea em termos geográficos. A acompanhar a diminuição da precipitação anual as previsões apontam para subidas das temperaturas médias que podem atingir os 4°C.

As alterações acima indicadas terão assim implicações em termos quantitativos (com diminuição das reservas hídricas quer superficiais quer subterrâneas) e no que respeita à qualidade das águas (com a sua degradação).

## 4.8 Socioeconomia

### 4.8.1 Avaliação dos impactes e vulnerabilidades futuras

As consequências económicas das alterações climáticas são já inevitáveis (OCDE, 2015), apesar dos limites de emissões de GEE propostos no Acordo de Paris. A maioria dos países tem desenvolvido estratégias de adaptação às alterações climáticas, de modo a poder antecipar e minimizar as possíveis perdas. Estudos sobre impactes económicos, adaptação e vulnerabilidades são mundialmente desenvolvidos sendo os mais reconhecidos os do Working Group II do IPCC e do ECONADAPT da União Europeia, com o objetivo de avaliar a vulnerabilidade dos sistemas socioeconómicos e naturais às mudanças climáticas, as consequências negativas e positivas das mudanças climáticas e as opções de adaptação. Habitualmente os estudos desenvolvidos partem de modelos representativos da macroeconomia - modelos de equilíbrio geral - ou de modelos de avaliação integrada que combinam a representação climática com a caracterização macroeconómica. Qualquer uma destas ferramentas tem uma complexidade elevada que se baseia na economia e clima de um país ou conjunto de países, e existem, maioritariamente para análise de grandes regiões (países), pelo que a modelação quantificada para a região do Alto Tâmega não se apresenta eficiente. Por outro lado, as metodologias de base mais microeconómica, como o ClimAdapt, apenas consideram a análise socioeconómica na perspetiva da avaliação final das opções de adaptação.

No contexto de uma Comunidade Intermunicipal, a perspetiva da socioeconomia como uma área de análise de base, tem grande importância. Apesar de não ser possível construir um estudo macroeconómico, a estrutura conceptual usada para avaliar estes impactes decorrentes das alterações climáticas, é baseado em modelos de avaliação comumente utilizados em literatura sobre o tema (como o esquema metodológico presente em Kruse e colegas (2013). Este modelo parte do relatório diagnóstico e das alterações climáticas descritas nos subcapítulos seguintes, onde é apresentada a exposição de cada sub-setor na região às alterações climáticas, sendo as sensibilidades baseadas nos inquéritos distribuídos. Apresenta-se, no final, umas tabelas de figuração similar à construída nos demais capítulos, pontuadas no seguimento de toda a análise atual, e que serão devidamente atualizadas.

Nesta fase os inquéritos encontram-se distribuídos, ainda sem recolha de informação. O objetivo do inquérito é materializar a sensibilidade de cada um dos diferentes setores nas dimensões relevantes para a análise e na capacidade de adaptação da região, de acordo com a perceção dos agentes económicos.

O sistema económico e social possuirá determinada capacidade adaptativa no longo prazo, de acordo com os recursos de natureza material, imaterial ou institucionais



mobilizáveis que lhe permitam reduzir os impactos negativos das alterações climáticas. A conjugação dos impactos com a capacidade de adaptação, resulta numa maior ou menor vulnerabilidade da região às alterações climáticas, justificando assim medidas de adaptação futuras. Esta componente depende em grande medida dos resultados obtidos nos inquéritos, dirigidos a agentes empresariais e institucionais do território, ficando deste modo a análise para apresentação futura.

Tendo em conta os dados analisados na caracterização socioeconómica constante do relatório da Fase 1 - Relatório de Vulnerabilidade Climáticas Atuais, a região do Alto Tâmega tem-se debatido com o problema de decréscimo da população residente. Entre 2011 e 2018 esta população registou uma diminuição de 7,64%, e que tendencialmente seguirá as previsões das projeções, para o cenário médio no horizonte 2017-2080, que apresentam uma redução da população residente de 41,9% na região Norte. A par do decréscimo da população residente surge também a questão do envelhecimento da população.

Dos dados apurados no mesmo relatório, verificou-se que o setor terciário é o setor com mais pessoal ao serviço na região do Alto Tâmega, aparecendo o setor primário em segundo lugar, seguido do setor secundário. Por outro lado, em termos de Valor Acrescentado Bruto (VAB) os setores predominantes são o terciário e secundário, ainda que o setor primário tenha uma relevância muito significativa, quando comparado em valores relativos com a região Norte e com os valores nacionais.

A fixação de população na região do Alto Tâmega é indubitavelmente um aspeto de grande relevância, para todos os municípios, uma vez que influencia diretamente o mercado de trabalho, que por seu lado constituiu um dos elementos de análise do desempenho económico da região (cf. relatório CIM-AT 2014). As possibilidades de emprego, de geração de valor e de criação de condições de vida sustentáveis, do ponto de vista económico e social, podem ajudar a manter a população residente e levar a que mais pessoas procurem a região para se enraizarem, promovendo o desenvolvimento regional e dinamizando os locais onde se instalam, potenciando assim o efeito multiplicador por toda a região.

#### **4.8.2 Avaliação do risco climático setorial**

Apresentam-se de seguida tabelas resumo dos impactos potenciais das alterações climáticas nas atividades económicas, repartidas pelos setores primário, secundário e terciário. Os impactos são classificados de acordo com as oportunidades e ameaças que podem vir a gerar, tendo por base as anomalias climáticas preconizadas nas projeções presentes na secção 3 e a informação disponível de cada setor descrito em subcapítulos próprios, associando-se um nível de risco e tendência a cada anomalia identificada. Como

referido, não havendo ainda resultados dos inquéritos distribuídos, a análise desta fase pode apenas ter em consideração a influência de duas componentes fundamentais do ponto de vista da socio-economia: o volume de vendas e os custos de produção. Estas duas variáveis podem sofrer alterações, por um lado do ponto de vista dos custos de produção (matérias primas, energia, cadeias de valor), e por outro lado, do ponto de vista da procura.

#### 4.8.2.1 Setor primário

O setor primário, e em particular a atividade agrícola e as atividades associadas, têm uma expressão social muito relevante para os municípios, que reconhecem no desenvolvimento desta e na qualidade dos produtos que geram, quer um vetor de fixação e subsistência de pessoas, quer um veículo de promoção e desenvolvimento regional. A variedade de produções endógenas como o mel, castanha, amêndoa, carnes e até a produção florestal, são características da região e nascem da conjugação das condições do meio, fazendo com que a sua especificidade seja reconhecida a nível nacional, sendo por isso importante para a competitividade do setor.

**Tabela 80 - Síntese dos principais impactes futuros do setor primário / VV e CP\***

Setor	Anomalia Climática	Impactes		Nível de Risco	Tendência
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)		
Setor Primário – Custos de Produção e Volume de Vendas	Aumento da temperatura mínima, média e aumento do n.º de dias com temperaturas acima dos 35°C	<p>Aumento do crescimento de algumas espécies agrícolas;</p> <p>Possibilidade de maior disponibilidade de alimento;</p> <p>Menor impacto do gelo e geadas em culturas agrícolas;</p> <p>Aproveitamento da flora silvestre para a extração de produtos naturais;</p> <p>Introdução de espécies mais adaptadas às</p>	<p>Alterações nos padrões de desenvolvimento agrícola;</p> <p>Diminuição do rendimento agrícola e qualidade nutricional;</p> <p>Aumento da exposição e incidência de pragas e doenças;</p> <p>Aumento da erosão e aridez dos solos;</p>	9	↔

Setor	Anomalia Climática	Impactes		Nível de Risco	Tendência
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)		
		alterações, nos espaços verdes urbanos	Aumento da exposição a incêndios florestais		
	Diminuição da precipitação média anual, especialmente na Primavera e aumento da precipitação no Verão	Aumento da água disponível para rega;  Aumento da probabilidade do crescimento de pastagens para gado.	Diminuição de taxas de germinação;  Aumento da necessidade de rega;  Aumento da exposição e incidência de pragas e doenças;  Alteração na distribuição populacional;  Aumento da competição entre espécies;  Redução da disponibilidade hídrica	6	↓
	Aumento dos níveis de CO <sub>2</sub> na atmosfera	Possibilidade de utilização de variedades agrícolas mais resistentes	Diminuição da qualidade nutricional;  Alterações na distribuição populacional.	4	↑

#### 4.8.2.2 Setor secundário

O setor secundário é um dos setores mais voláteis, porque sendo um setor produtivo, pode padecer, a montante, das fragilidades do setor primário, com o custo de materiais, matérias-primas e energia, e a jusante, com a dificuldade de escoamento de produção. Este é também um setor reconhecido na região do Alto Tâmega, uma vez que a indústria

transformadora associada à produção de vinho, azeite e enchidos é marca reconhecida da região, que além destes oferece um conjunto de outros produtos diferenciados e característicos das zonas em que se inserem, como é o caso das rochas ornamentais provenientes da indústria extrativa e das águas minerais naturais e de nascente.

**Tabela 81-** Síntese dos principais impactes futuros do setor secundário / VV e CP\*

Setor	Anomalia Climática	Impactes		Nível de Risco	Tendência
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)		
Setor Secundário – Custos de Produção e Volume de Vendas	Aumento da temperatura mínima, média e aumento do n.º de dias com temperaturas acima dos 35°C	<p>Redução de consumos energéticos para aquecimento;</p> <p>Inclusão de materiais e equipamentos com maior eficiência energética, para um maior conforto nos edifícios</p>	<p>Escassez de água para consumo humano e atividades económicas;</p> <p>Afetação das condições de conforto térmico de habitações;</p> <p>Redução da disponibilidade hídrica com reflexos no abastecimento público e na produção de energia elétrica;</p> <p>Aumento do risco de incêndio</p>	6	↔

Setor	Anomalia Climática	Impactes		Nível de Risco	Tendência
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)		
	Alteração dos padrões de precipitação	-Desenvolvimento de estudos hidrológicos para criação de bacias de retenção a montante dos sistemas de drenagem pluvial em meio urbano	<p>Aumento da exposição a períodos prolongados de seca e/ou escassez de água;</p> <p>Aumento da ocorrência de cheias com afetação do património edificado e atividades económicas;</p> <p>Redução da disponibilidade hídrica para o desenvolvimento das atividades económicas;</p> <p>- Redução da disponibilidade hídrica para produção de energia;</p>	6	↓
	Aumento dos níveis de CO <sub>2</sub> na atmosfera	Possibilidade de aumento na área da investigação de novas tecnologias	<p>Custos com taxas e/ou penalizações por emissões atmosféricas na indústria</p> <p>- Aumento da probabilidade de afetação da saúde e dos dias de ausência ao trabalho</p>	4	↑

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

#### 4.8.2.3 Setor terciário

O setor terciário é o que gera maior valor acrescentado à região do Alto Tâmega, muito potenciado pelos serviços relacionados com o comércio por grosso e a retalho, mas também

por serviços relacionados com a educação e saúde, e ainda pelo turismo. O turismo é um dos setores identificados pela CIM como relevante para a região e pode ser medido pelo número de pessoas ao serviço do alojamento, restauração e similares, tal como identificado no relatório da Fase 1. Este setor está intrinsecamente dependente do número de pessoas que residem ou se deslocam à região, e, portanto, com o bem-estar que pode gerar. É um setor ainda com margem para desenvolvimento e que pode potenciar melhorias económicas e sociais na região.

**Tabela 82-** Síntese dos principais impactes futuros do setor terciário / VV e CP\*

Setor	Anomalia Climática	Impactes		Nível de Risco	Tendência
		Impactes positivos (oportunidades)	Impactes negativos (ameaças)		
Setor Terciário – Custos de Produção e Volume de Vendas	Aumento da temperatura mínima, média e aumento do n.º de dias com temperaturas acima dos 35°C	Diversificação na oferta turística e dos espaços naturais de lazer;  Redução da afetação de equipamentos e serviços (escolas, estradas, entre outros) pela diminuição da ocorrência de geadas e formação de gelo  Aumento do turismo e procura de espaços de lazer	Dificuldade de resposta rápida em serviços de saúde;  Mais encargos com custo energético para climatização	6	↓
	Alteração dos padrões de precipitação	Aumento de custos com necessidade de limpeza e manutenção de zonas públicas e sociais	Diminuição da procura de serviços;  Redução da disponibilidade hídrica para a realização de percursos turísticos		
	Aumento dos níveis de CO <sub>2</sub> na atmosfera		Aumento da probabilidade de afetação da saúde e dos dias de ausência ao trabalho	6	↓

Aumento do Risco ↑ Manutenção do Risco ↔ Diminuição do Risco ↓

### 4.8.3 Principais conclusões

Partindo do diagnóstico das atividades socioeconómicas da região do Alto Tâmega, verifica-se que a evolução da população tem efeitos críticos sobre o desenvolvimento das atividades produtivas, que por sua vez são também o alvo dos efeitos provocados pelas alterações climáticas. De acordo com os resultados analisado no âmbito do presente relatório, há um conjunto de setores económicos que são afetados pelo clima, de forma direta, como na agricultura, turismo e construção, e indireta, como no caso da variação de preços de energia e matérias-primas na cadeia de valor da indústria transformadora.

A fixação de população na região, particularmente da população ativa, pode trazer esperança no desenvolvimento económico da região, contrariando os movimentos migratórios e a acentuada redução do número de habitantes. Independentemente dos restantes fatores, a evolução demográfica terá impactes sobre as atividades económicas, uma vez que a força de trabalho nelas tem impacto direto, quer por via dos custos de produção, quer por via da procura, logo, volume de vendas.

A antecipação da região do Alto Tâmega às vulnerabilidades futuras, preparam a região para uma melhor adaptação em cada setor económico. A população é fundamental do ponto de vista da procura, sendo que cada agente económico deve estar preparado para fazer face às alterações climáticas sem deixar de cumprir os seus objetivos do ponto de vista económico.

É fundamental que a comunidade intermunicipal desenhe planos de fixação da população, com aumento das suas qualificações, para que aquela consiga encontrar na região o seu bem-estar e meios de subsistência, educação, formação e informação. Esta população é a que mais contribui para a elevada resiliência e capacidade adaptativa da região do Alto Tâmega.



## 5. Bibliografia

- Aguiar, C., Pereira, J. A., Arrobase, M., Almeida, A., Bento, A., & Al, E. (2017). *Amendoeira: Estado da Produção*. CNCFS. Retrieved from <http://www.wp.cncfs.pt/wp-content/uploads/2017/10/Amendoa-producaov5.compressed-2.pdf>
- Almeida, João Domingues de. 2018. "New Additions to the Exotic Vascular Flora of Continental Portugal." *Flora Mediterranea* 28: 259–78. <https://doi.org/10.7320/FIMedit28.259>.
- Alves, A. A. M. (1988). *Técnicas de Produção Florestal*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica.
- ANPC (2014). *Avaliação Nacional de Risco*.
- APA (2018). *Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundações. Região Hidrográfica do Douro – RH3*.
- Associação de Municípios da Terra Fria do Nordeste Transmontano (2018). *Plano de Ação de Adaptação às Alterações Climáticas*.
- Augustine, D. J., Blumenthal, D. M., Springer, T. L., LeCain, D. R., Gunter, S. A., & Derner, J. D. (2018). Elevated CO<sub>2</sub> induces substantial and persistent declines in forage quality irrespective of warming in mixedgrass prairie. *Ecological Applications*. 28(3), 721–735. <https://doi.org/10.1002/eap.1680>
- Avendano-Reyes, L. (2012). Heat stress management for milk production in arid zones. Avendaño-Reyes, L. (ed). In *Milk Production - An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*. <https://doi.org/10.5772/51299>
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future köppen-geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Broberg, M. C., Högy, P., & Pleijel, H. (2017). CO<sub>2</sub>-induced changes in wheat grain composition: Meta-analysis and response functions. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy7020032>
- Câmara Municipal de Chaves (2015). *Revisão do Plano Diretor Municipal de Chaves. Estudo Prévio. Estudos de Caracterização. 10 – Riscos*.
- Câmara Municipal de Montalegre (2016). *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas*.

- Carbó, J. L. E. (2010). Necesidades de frío invernal de losfrutales caducifolios. *Informaciones Técnicas*, 224, 8. Retrieved from [http://bibliotecavirtual.aragon.es/bva/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=3705385](http://bibliotecavirtual.aragon.es/bva/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3705385)
- Chaves, M. M., Costa, J. M., Zarrouk, O., Pinheiro, C., Lopes, C. M., & Pereira, J. S. (2016). Controlling stomatal aperture in semi-arid regions—The dilemma of saving water or being cool? *Plant Science*, 251, 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.06.015>
- CIMTS (Ed.). (2019). *Plano intermunicipal de adaptação às alterações climáticas do Tâmega e Sousa. Relatório final*. Penafiel: Comunidade Intermunicipal do Tâmega e Sousa.
- Comunidade Intermunicipal do Alto Tâmega (CIM-AT). (2014). *Estratégia integrada de desenvolvimento territorial do Alto Tâmega*. Chaves. Retrieved from <https://CIM-AT.pt/wp-content/uploads/2018/05/Estrategia-de-Desenvolvimento-Integrado-Alto-Tamega.pdf>
- Costa, J. M., Marques da Silva, J., Pinheiro, C., Barón, M., Mylona, P., et al. (2019). Opportunities and Limitations of Crop Phenotyping in Southern European Countries. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01125>
- Costa, J. C., Aguiar, C., Capelo, J. H., Lousã, M., & Neto, C. (1998). Biogeografia de Portugal Continental. *Quercetea*, 0, 5-56.
- Costa, R., Fraga, H., Fernandes, P. M., & Santos, J. A. (2017). Implications of future bioclimatic shifts on Portuguese forests. *Regional Environmental Change*, 17(1), 117-127.
- Coudé-Gaussen, G. (1981). *Les Serras da Peneda et du Gerês (Minho, Portugal). Étude Géomorphologique*. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos.
- Cummins, E. P., Selfridge, A. C., Sporn, P. H., Sznajder, J. I., & Taylor, C. T. (2014). Carbon dioxide-sensing in organisms and its implications for human disease. *Cellular and Molecular Life Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s00018-013-1470-6>
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., & Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.aat3466>
- DGAV. (2016). Evolução sanitária do efetivo apícola nacional. In *XVII Fórum Nacional de Apicultura* (p. 34). Retrieved from [http://fnap.pt/web/wp-content/uploads/Fórum-2016\\_Yolanda-Vaz\\_Evolução-Sanitária-do-Efetivo-Apícola-Nacional.pdf](http://fnap.pt/web/wp-content/uploads/Fórum-2016_Yolanda-Vaz_Evolução-Sanitária-do-Efetivo-Apícola-Nacional.pdf)

- DGAV. (2019). *Programa Sanitário Apícola*. Retrieved from [http://www.dgv.min-agricultura.pt/xeov21/attachfileu.jsp?look\\_parentBoui=34812505&att\\_display=n&att\\_download=y](http://www.dgv.min-agricultura.pt/xeov21/attachfileu.jsp?look_parentBoui=34812505&att_display=n&att_download=y)
- DGS (2020). *Riscos para a saúde resultantes da ocorrência de incêndios*. <https://www.dgs.pt/saude-ambiental-calor/incendios-riscos.aspx>.
- Dias, L., Karadzic, V., Lourenço, T. C., & Calheiros, T. (2016). *ClimAdaPT.Local – Manual para a avaliação de vulnerabilidades futuras*. Lisboa.
- FactorCO2. (2020). *PIAAC-AT - Intermunicipal Plan for Adaptation to Climate Change for Alto Tâmega*.
- Franco, J. A. (1994). Zonas fitogeográficas predominantes de Portugal Continental. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, 44, 39-56.
- GeoAtributo (2020). *Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das Alterações Climáticas no Alto Tâmega (IDAIACAT). Caderno IV: “O risco adaptado: opções de adaptação da região do Alto Tâmega”*. [Chaves]: Comunidade Intermunicipal do Alto Tâmega.
- GeoAtributo. (2020a). *Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das Alterações Climáticas no Alto Tâmega. Caderno III*.
- GeoAtributo. (2020b). *Investigação, Determinação e Avaliação de Impactes das Alterações Climáticas no Alto Tâmega. Caderno IV*.
- Gillespie, T. J., & Sentelhas, P. C. (2008). Agrometeorology and plant disease management - A happy marriage. *Scientia Agricola*, 65, 71–75. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000700012>
- Gommes, R., Das, H., Mariani, L., Challinor, A., Tychon, B., Balaghi, R., & Dawod, M. A. A. (2010). Agrometeorological forecasting. In *WMO Guide to Agrometeorological practices, WMO-No.134*. Geneva.
- Horton, Kyle G., Frank A. La Sorte, Daniel Sheldon, Tsung Yu Lin, Kevin Winner, Garrett Bernstein, Subhransu Maji, Wesley M. Hochachka, and Andrew Farnsworth. 2020. “Phenology of Nocturnal Avian Migration Has Shifted at the Continental Scale.” *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0648-9>.
- ICNF (2013). *Estratégia Nacional de Adaptação Às Alterações Climáticas - Sector Da Biodiversidade*.

[https://apambiente.pt/\\_zdata/Políticas/AlteracoesClimaticas/Adaptacao/ENAAAC/RelatDetalhados/Relat\\_Setor\\_ENAAAC\\_Biodiversidade.pdf](https://apambiente.pt/_zdata/Políticas/AlteracoesClimaticas/Adaptacao/ENAAAC/RelatDetalhados/Relat_Setor_ENAAAC_Biodiversidade.pdf).

ICNF (2019). *Produção e comercialização de material florestal de reprodução (MFR). Relatório da campanha 2018/2019*. Lisboa: Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas.

ICNF (Ed.). (2018a). *Programa Regional de Ordenamento Florestal. Entre Douro e Minho. Documento estratégico*. Lisboa: Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas.

ICNF (Ed.). (2018b). *Programa Regional de Ordenamento Florestal. Trás-os-Montes e Alto Douro. Documento estratégico*. Lisboa: Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas.

IUCN (2013). *Portugal's Biodiversity at Risk*. IUCN. [https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/portugal\\_s\\_biodiversity\\_at\\_risk\\_fact\\_sheet\\_may\\_2013.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/portugal_s_biodiversity_at_risk_fact_sheet_may_2013.pdf).

Jones, K. S. (2007). Selecting fruit, nut, and berry crops for home gardens in san mateo and San Francisco counties. Agriculture and Natural Resources, Publication Number 8261. <https://doi.org/10.3733/ucanr.8261>

Jorge, S. (1986). *Povoados da Pré-História Recente da Região de Chaves-Vila Pouca de Aguiar (Trás-os-Montes Ocidental): Bases para o Conhecimento do IIIº e Princípios do IIº Milénios a.C. no Norte de Portugal*. Porto: Dissertação de doutoramento apresentada à Universidade do Porto.

Köhler, I. H., Huber, S. C., Bernacchi, C. J., & Baxter, I. R. (2019). Increased temperatures may safeguard the nutritional quality of crops under future elevated CO2 concentrations. *Plant Journal*. <https://doi.org/10.1111/tpj.14166>

Maia, F. de B. (2010). *Contribuição para o estudo da fenologia de quatro variedades de oliveira (Olea europaeaL.): 'Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' e 'Picual*. Universidade Técnica de Lisboa.

Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., & Abdel-Hafez, M. A. M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Ruminant Research*. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>

Marchante, Hélia, Maria Morais, Helena Freitas, and Elizabete Marchante. 2015. *Guia Prático Para a Identificação de Plantas Invasoras Em Portugal. Guia Prático Para a Identificação de Plantas Invasoras Em Portugal*. <https://doi.org/10.14195/978-989-26-0786-3>.

- Mauseth, James D. 1998. *Botany: An Introduction to Plant Biology, 2ed.* Jones & Bartlett Publishers.
- Melgarejo, P. (1996). *El frio Invernal, factor limitante para el cultivo frutal.* AMV.
- Meybeck, A., Rose, S., & Gitz, V. (2019). *Climate change vulnerability assessments of forests and forest dependent people. A framework methodology.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Myers, S. S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A. D. B., Bloom, A. J., ... Usui, Y. (2014). Increasing CO<sub>2</sub> threatens human nutrition. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature13179>
- Pais, J. (2010). Plantas do neogénico e paleoclimas. Evidências em Portugal. In J. M. C. Neiva, A. Ribeiro, L. M. Victor, F. Noronha & M. Ramalho (Eds.), *Ciências Geológicas - Ensino e Investigação e sua História. Volume I: Geologia Clássica* (pp. 357-363). Lisboa: Associação Portuguesa de Geólogos / Sociedade Geológica de Portugal.
- Pinheiro, C, Baeta, J., Pereira, A., Domingues, H., & Ricardo, C. (2010). Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(4), 319–325. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.005>
- Pinheiro, Carla, Sergeant, K., Machado, C. M. C. M., Renaut, J., & Ricardo, C. P. C. P. (2013). Two traditional maize inbred lines of contrasting technological abilities are discriminated by the seed flour proteome. *Journal of Proteome Research*, 12(7), 3152–3165. <https://doi.org/10.1021/pr400012t>
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T., ... Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.035>
- Ramil Rego, P., Gómez-Orellana, L., Muñoz Sobrino, C., & Tereso, J. P. (2011). Dinâmica natural e transformação antrópica das florestas do noroeste ibérico. In J. P. Tereso, J. P. Honrado, A. T. Pinto & F. C. Rego (Eds.), *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão* (pp. 14-54). Porto: InBio - Rede de Investigação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva.
- Reboredo, F., & Pais, J. (2014). Evolution of forest cover in Portugal: A review of the 12th-20th centuries. *Journal of Forestry Research*, 25(2), 249–256.
- Robertson, D. S. (2006). Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere. *Current Science*, 90(12), 1607–1609.

- Silanikove, N., & Koluman, D. N. (2015). Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Ruminant Research*. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.005>
- Soares, P., Calado, N., & Carneiro, S. (2020). *Manual de boas práticas para o pinheiro-bravo*. [s/l.]: Centro Pinus - Associação para a Valorização da Floresta de Pinho.
- Silva, J. S., Nereu, M., Queirós, L., Deus, E., & Fernandes, P. (2019). Fire hazard and plant invasions – the cases of *Hakea sericea* and *Acacia dealbata* in Portugal Proceedings for the 6th International Fire Behavior and Fuels Conference. Missoula, Montana: International Association of Wildland Fire.
- Tâmega e Sousa. Comunidade Intermunicipal (2019). *Plano Intermunicipal de Adaptação as Alterações Climáticas no Tâmega Sousa*.
- Tereso, J. P., Ramil Rego, P., & Almeida da Silva, R. (2011). A exploração de recursos alimentares silvestres e seu enquadramento nas dinâmicas económicas e sociais das comunidades agrícolas desde a pré-história à época romana. In J. P. Tereso, J. P. Honrado, A. T. Pinto & F. C. Rego (Eds.), *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão* (pp. 55-83). Porto: InBio - Rede de Investigação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva.
- Vicente, J., Fernandes, R., Lomba, A., Pinto, A. T., Alonso, J., Alves, P., et al. (2011). O desafio atual e futuro da gestão das espécies exóticas invasoras nos espaços florestais do norte de Portugal. In J. P. Tereso, J. P. Honrado, A. T. Pinto & F. C. Rego (Eds.), *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão* (pp. 386-418). Porto: InBio - Rede de Investigação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva.
- Weeks, Brian C., David E. Willard, Marketa Zimova, Aspen A. Ellis, Max L. Witynski, Mary Hennen, and Benjamin M. Winger. 2020. "Shared Morphological Consequences of Global Warming in North American Migratory Birds." *Ecology Letters*. <https://doi.org/10.1111/ele.13434>.