

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



A handwritten signature in blue ink, appearing to be "R. Aguiar", located to the right of the stamp.

SECTOR CENÁRIOS CLIMÁTICOS

Ricardo Aguiar

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.
Unidade de Análise Energética e Alterações Climáticas

2010

Índice

Sumário	1
1. Análises exploratórias de dados meteorológicos.....	3
1.1 Estudos anteriores.....	3
1.2. Dados meteorológicos observados	3
1.3. Análise de gradientes espaciais do clima	5
2. Regionalização de Cenários Climáticos	8
2.1 Cenários socioeconómicos e cenários climáticos.....	8
2.2. Da escala global à estação de referência	9
2.2. Da escala mensal à escala diária	11
3. Análise dos Cenários Climáticos	16
Referências.....	23
Anexo I	25



Sumário

Este Relatório descreve os cenários climáticos desenvolvidos para o município de Cascais no âmbito do Projecto Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas.

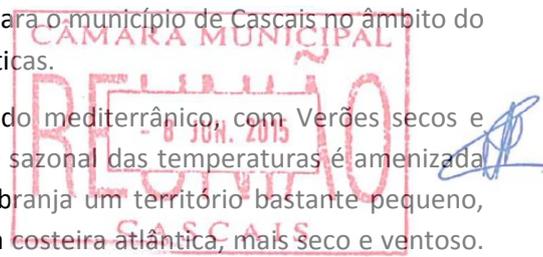
O clima do Concelho de Cascais é ameno, do tipo temperado mediterrânico, com Verões secos e quentes e Invernos chuvosos e mais frios. A variação diária e sazonal das temperaturas é amenizada pela presença do Oceano. Embora o Município de Cascais abranja um território bastante pequeno, pode distinguir-se no seu extremo oeste o microclima da faixa costeira atlântica, mais seco e ventoso. A encosta sul da serra de Sintra também apresenta um clima um pouco mais frio e nublado que o resto do Concelho.

No entanto, de uma forma geral as variações de clima são pequenas dentro do território, pelo que se pode escolher uma única estação meteorológica representativa, cuja escolha recaiu sobre Monte Estoril. Foi desenvolvida uma climatologia de referência para o clima recente para esta estação de referência.

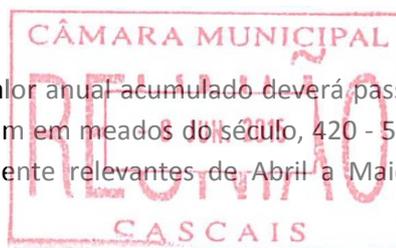
Quatro cenários foram considerados, compatíveis com os cenários SRES do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas, designados A1 (variante FI), A2, B1 e B2. Foram usados os resultados para a zona central do País segundo o modelo climático HadCM3, transferidos para a estação de referência em Cascais com certos modelos estatísticos adaptados para o efeito, para janelas temporais de meados e finais do século XXI. Um método dito "de fragmentos" foi utilizado para obter sequências diárias dos parâmetros meteorológicos para as várias janelas temporais; estes dados foram usados por todas as equipas sectoriais do Projecto.

As indicações obtidas dos cenários são que durante este século a região de Cascais vai aquecer e a precipitação reduzir-se significativamente, embora com intensidade diversa conforme os cenários. Em meados do século XXI as temperaturas médias anuais sobem tipicamente 1,7 a 3,2 °C, mas com maior ênfase no Verão (2,8 - 5,0 °C) do que no Inverno (0,9 - 1,8 °C em Dezembro). No final do século a elevação da temperatura média anual pode chegar a 3,4 - 6,5 °C. Isto corresponde a temperaturas médias diárias tipicamente mais altas 2 - 4°C no Inverno e 5 -10 °C no Verão.

No Inverno, a temperatura mínima mensal deve aumentar cerca de 1°C a 2°C em meados do século e até 3°C em finais do século. As ondas de frio serão pois amenizadas, embora não desapareçam as temperaturas baixas ocasionais, inclusive as negativas, embora já sejam de si raras hoje em dia. No Verão a temperatura máxima mensal deverá aumentar 2°C a 4 °C em meados do século, mas algo como 5 - 9°C em finais do século. Isto resulta principalmente de haver mais dias muito quentes, não por ocorrerem temperaturas máximas muito mais elevadas do que presentemente. As ondas de calor, hoje em dia raras, vão-se tornar mais frequentes e longas e ocorrendo inclusive na Primavera e Outono. A amplitude térmica diária tenderá a aumentar, mas de forma pouco significativa. Tudo isto conduzirá a muito mais "noites tropicais", em que a temperatura não desce abaixo dos 25 °C. Comparativamente, a faixa atlântica oeste e as encostas da serra sofrerão menos com temperaturas extremas.



Quanto à precipitação, os cenários indicam em geral que o valor anual acumulado deverá passar dos actuais cerca de 630 mm (em Monte Estoril) para 530 - 600 mm em meados do século, 420 - 580 mm no final do século. São reduções significativas, e especialmente relevantes de Abril a Maio e de Outubro a Dezembro.



O período Junho a Setembro tenderá a tornar-se ainda mais seco, e o número de verões totalmente secos deverá aumentar para entre o dobro e o triplo da frequência actual. Os modelos indicam que a redução geral da precipitação levará a que precipitações fortes ocorram mais espaçadamente; contudo, há algumas indicações de que nessas ocasiões poderão ser mais intensas que actualmente.

A humidade relativa média no Concelho de Cascais é de forma geral elevada devido à proximidade com o rio e o mar. Embora se esperem reduções da humidade relativa do ar em quase todos os meses, só durante o Verão serão expressivas.

Espera-se um aumento na radiação solar em relação aos níveis actuais da ordem de 1% a 3% em meados do século e 2% a 7% em finais do século, isto devido em especial a mais dias de céu limpo entre Abril e Setembro.

A intensidade do vento é actualmente fraca (até 15 km/h) em média, na maior parte dos meses. Não se esperam grandes alterações até meados do século, e no final do século o clima deverá ser apenas um pouco mais ventoso do que é agora. No entanto em termos sazonais os cenários indicam algumas alterações significativas: vento mais intenso no Verão (até 20% em final do século) e pelo contrário um pouco menos intenso no Inverno. Quanto aos extremos, não há ainda evidência para afirmar que tempestades e ventos fortes serão mais frequentes do que hoje em dia.

A referir ainda que a elevação da temperatura da água do mar (+0,2 °C por década na segunda parte do século XX) irá continuar, acumulando 2 a 3 °C no final do século XXI.

Em resumo, se actualmente a região é considerada confortável na maior parte do ano, no futuro será desconfortavelmente quente e seca no Verão, e em alguns anos, também entre Abril e Outubro. No entanto o futuro trará também Invernos mais amenos e tornará possível as actividades de lazer, incluindo praia e actividades náuticas, mais atractivas num período mais alargado que hoje em dia, que incluirá certamente mais períodos da Primavera e do Outono.

1. Análises exploratórias de dados meteorológicos

1.1 Estudos anteriores

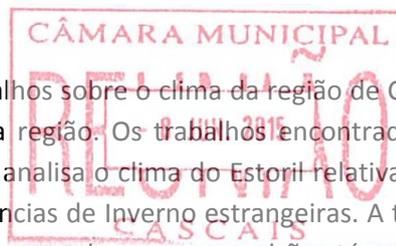
Foi feito um levantamento bibliográfico sobre anteriores trabalhos sobre o clima da região de Cascais. Encontraram-se poucos estudos específicos sobre o clima na região. Os trabalhos encontrados são sobretudo qualitativos. A monografia de H. A. Ferreira (1941) analisa o clima do Estoril relativamente ao clima de Lisboa, comparando-o também com algumas estâncias de Inverno estrangeiras. A tese de Mestrado de A. M. S. Lopes (1994) é um trabalho mais técnico que descreve os padrões térmicos do clima local na região de Oeiras, que dada a proximidade com Cascais é de interessante consulta.

O trabalho mais relevante existente será a tese de Doutoramento de M^a.J. Alcoforado (1992), que analisa o clima da região de Lisboa, e desenvolve parametrizações da temperatura máxima, mínima, e insolação (n^o de horas de sol descoberto). Apesar de ser um trabalho bastante completo, não está detalhado o desenvolvimento destas parametrizações, o que não permite uma verificação e validação independente do método utilizado. A autora foi consultada mas não pôde recuperar os pormenores necessários do seu trabalho de há 18 anos atrás.

Mesmo assim foram utilizadas as regressões para a temperatura máxima e mínimas apresentadas e foram obtidas a temperatura máxima e mínima para cada mês do ano, tendo em conta os factores geográficos, latitude, longitude, distância ao litoral, e altitude. Os resultados não foram de forma geral satisfatórios e por isso não são aqui detalhados, mas podem ser encontrados num Relatório intermédio anterior para o presente Projecto (Domingos, 2009). As regressões de Alcoforado parecem representar com algum realismo a temperatura máxima, mas o mesmo não acontece de todo com a temperatura mínima, e portanto com a temperatura média. Provavelmente isto deve-se à escala espacial em que se deseja empregar agora a modelação não ser compatível com as escalas (bastante maiores) da região de trabalho deste estudo. Seja como for esta modelação sugere que existe pouca variação espacial da temperatura máxima e mínima em todo o município.

1.2. Dados meteorológicos observados

Foi feito o levantamento das estações meteorológicas na região e zonas limítrofes. Para tal efectuou-se um pedido formal de dados meteorológicos observados ao Instituto de Meteorologia (IM) (cf. Figura 1 e Tabela 1).



1.3. Análise de gradientes espaciais do clima

Numa primeira fase trabalhou-se com as normais climatológicas para as estações acima elencadas. O objectivo desta fase foi analisar a variabilidade espacial, tendo como referência a estação de Lisboa (Geofísico) que tem registos longos (1941-1991).

Foram feitas correcções das normais climatológicas da temperatura média anual e da precipitação média anual para as estações Sassoeiros, Oeiras, Monte Estoril, Cabo da Roca e Sintra-Granja em relação a esta estação de referência. O método consiste basicamente em:

- (i) calcular médias anuais da temperatura e precipitação acumulada para a estação de referência (Lisboa-Geofísico) para os anos 1941 a 1991;
- (ii) calcular a média de longo termo para todo o período 1941-1991;
- (iii) para o período de observação de cada estação meteorológica, determinar factores de correcção da temperatura média e da precipitação acumulada anual, tendo em conta o nível dos dados observados ao mesmo tempo na estação de referência.

As Tabelas 2 e 3 mostram os resultados obtidos.

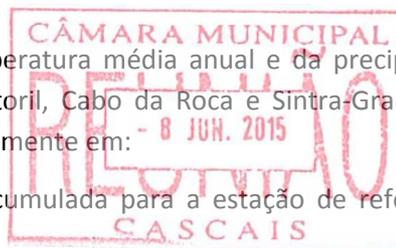


Tabela 2 – Correcções dos valores médios anuais da temperatura para um mesmo período de referência.

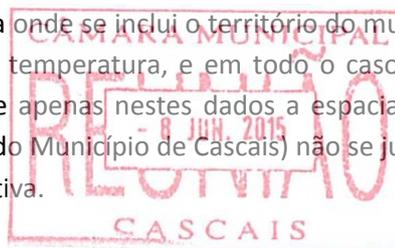
	Lisboa: 16.9 °C				
	Temperatura média (°C)				
	Monte Estoril (1941-70)	Oeiras (1957-75)	Sassoeiros (1955-75)	Cabo da Roca (1941-70)	Sintra-Granja (1956-91)
Factor de correcção <i>f</i> relativamente a 1941-1990	-0.001	0.012	0.012	-0.0004	0.007
Valor médio observado (T)	16.9	15.8	16.0	14.8	14.6
<i>T x f</i>	-0.01	0.19	0.19	-0.01	0.10
Valor corrigido	16.8	16.0	16.2	14.7	14.7

Tabela 3 – Correcções dos valores acumulados anuais da precipitação para um mesmo período de referência.

	Lisboa: 736.5 mm				
	Precipitação média (mm)				
	Monte Estoril (1941-70)	Oeiras (1957-75)	Sassoeiros (1955-75)	Cabo da Roca (1941-70)	Sintra-Granja (1956-91)
Factor de correcção <i>f</i> relativamente a 1941-1991	-0.005	-0.055	-0.067	0.031	0.012
Valor médio observado (RR)	695.7	695.4	705.7	476.0	796.4
<i>RR x f</i>	-3.3	-38.1	-47.4	14.9	9.6
Valor corrigido	692.4	657.3	658.3	490.9	806.1

Para a temperatura média, a Tabela 2 revela que as correcções são muito pequenas o que faz com que a temperatura corrigida varie no máximo 0.2 °C em relação ao valor observado. No caso da precipitação as correcções são significativas em alguns casos.

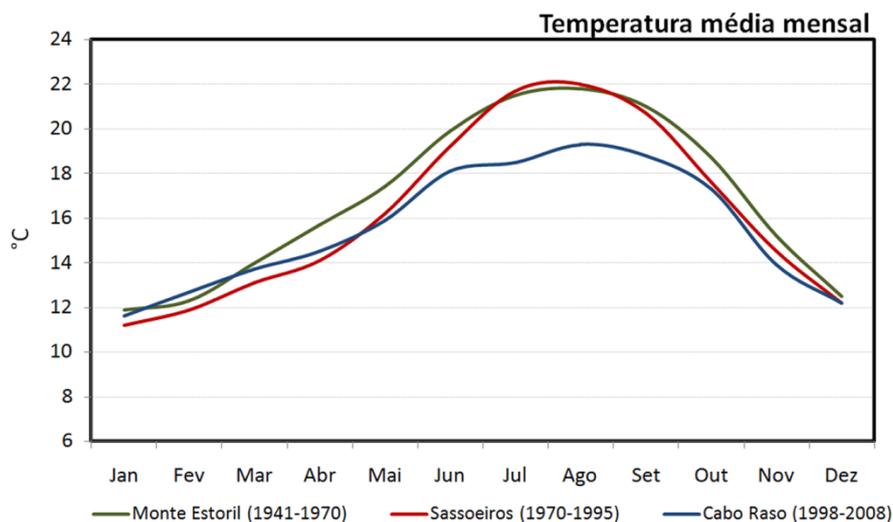
As estações Cabo da Roca e Sintra-Granja, uma sobre a Serra de Sintra e a outra a norte desta serra, mostram variações grandes em relação às que ficam a sul da serra. No entanto são pequenas as diferenças entre as estações na faixa litoral a sul da serra, faixa onde se inclui o território do município de Cascais, sendo da ordem de décimas de grau no caso da temperatura, e em todo o caso muito inferiores às alterações climáticas previstas. Assim, com base apenas nestes dados a espacialização destas variáveis (modelos de variação no espaço do território do Município de Cascais) não se justifica, sendo adequada a utilização de uma única estação representativa.



Embora tanto esta análise como outros estudos indiquem que os gradientes microclimáticos no Município de Cascais são modestos, foram feitos estudos adicionais, incidindo sobre os dados diários adquiridos pelo Projecto para a estação de Cabo Raso, assim como sobre os de Cabo da Roca - esta estação, tecnicamente já no município de Sintra e em todo o caso a uma altitude bem maior que as encontradas no Concelho de Cascais. A motivação para este estudo está em que sendo estações mesmo na interface mar-terra, em princípio deverão ter uma influência grande do oceano; em particular, menor amplitude térmica, tanto diária como sazonal; e talvez menor precipitação uma vez que a zona mais interior (i.e. lado de terra) deverá induzir mais convecção e portanto precipitação.

Dado que se trata de estações em posições especiais e que por isso mesmo não se podem considerar típicas, os resultados não se podem considerar seguros. Em todo o caso indicam que a faixa costeira Atlântica deverá realmente ter temperatura média, amplitude térmica, e especialmente, precipitação mais baixa.

Por exemplo nas Figuras 2 e 3 mostra-se a comparação, respectivamente, da temperatura e da precipitação acumulada mensal nas estações meteorológicas de Monte Estoril, Sassoeiros e Cabo Raso. Embora os períodos de observação sejam diferentes, ficam bem ilustradas tanto as diferenças de nível como do padrão sazonal, entre Cabo Raso e as duas estações mais a oeste, estas muito semelhantes entre si.



2010

Figura 2 – Comparação da temperatura mensal nas estações meteorológicas de Monte Estoril, Sassoeiros e Cabo Raso. N.B.: Os períodos de observação diferem.

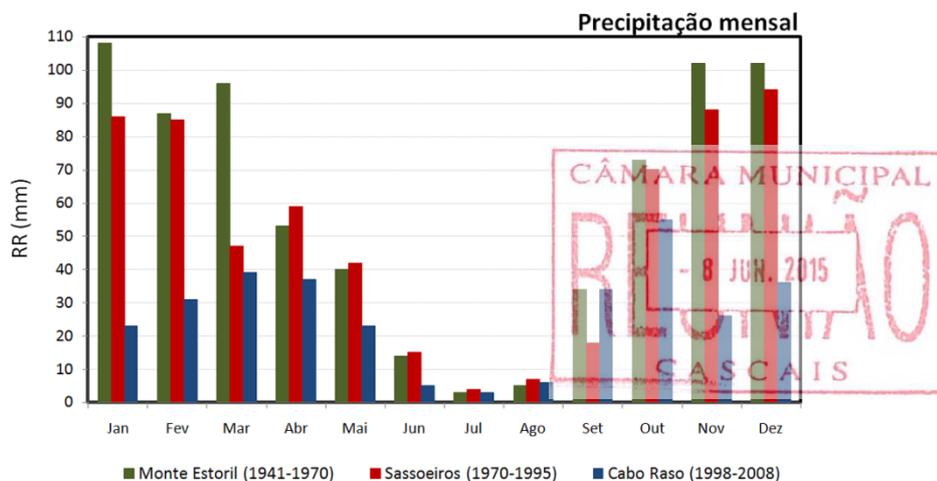


Figura 3 – Comparação da precipitação acumulada mensal nas estações meteorológicas de Monte Estoril, Sassoeiros e Cabo Raso. N.B.: Os períodos de observação diferem.

Uma análise mais pormenorizada indica que as temperaturas mínimas são semelhantes, mas que em especial no Verão as temperaturas máximas em Cabo Raso não sobem tanto como nas estações mais a oeste, sendo isso que acaba por causar uma temperatura média inferior na primeira estação.

Não há maneira de determinar objectivamente a largura desta faixa atlântica de menor precipitação, temperatura e amplitude térmica, mas estima-se que não deverá ser superior a 1 km.

A acrescentar a este microclima, a zona da encosta da Serra em princípio deverá ter temperaturas um pouco inferiores ao resto do Concelho, simplesmente pelo efeito de altitude.

Assim as circunstâncias e constrangimentos encontrados, em conjunto com as conclusões da primeira Secção, recomendaram que os dados relativos à estação de Monte Estoril fossem tomados como representativos para o Município de Cascais; com excepção de uma estreita faixa costeira na costa oeste, representada pela estação de Cabo Raso.

2. Regionalização de Cenários Climáticos



2.1 Cenários socioeconómicos e cenários climáticos

Os dados necessários ao estudo das alterações climáticas consistem em valores climáticos (médias sobre períodos de 30 anos) e séries de valores diários de parâmetros meteorológicos, dos quais os mais importante são a temperatura mínima e máxima, precipitação, radiação solar global, humidade relativa, intensidade do vento à superfície e a pressão atmosférica. A partir destes parâmetros podem-se calcular outros com muito interesse, como a evapotranspiração, bem como índices meteorológicos, por exemplo o risco e severidade de incêndio florestal, ou conforto no exterior.

Neste contexto o problema chave a resolver é a regionalização (*downscaling*) dos dados fornecidos por Modelos de Circulação Global, i.e. de modelos matemáticos do sistema global Atmosfera-Oceano-Biosfera, que antevêm os efeitos do aquecimento global causado pela alteração da composição da Atmosfera pela emissão antropogénica de gases com efeito de estufa. De facto estes dados são fornecidos numa resolução espacial baixa (tipicamente 300 km x 300 km = 9000 km²), enquanto para estudos regionais de clima a resolução espacial pretendida é tipicamente da ordem de 1 km x 1 km = 1 km². Acresce que em geral estão disponíveis valores diários de temperatura e precipitação, mas com muito menos frequência os relativos aos outros parâmetros requeridos.

Outros aspectos importantes relacionam-se com o longo alcance temporal das alterações climáticas, da ordem de séculos. As emissões controlam a composição da atmosfera e esta controla o aquecimento global. Mas é de todo impossível projectar as emissões a, por exemplo, 100 anos, visto que entretanto mudam drasticamente a sociedade, a economia, a tecnologia. Sendo inválidas as técnicas de projecção a partir da situação actual, há que recorrer a cenários, i.e. a histórias internamente coerentes do futuro, que no seu conjunto cubram as alternativas que (actualmente) consideramos mais plausíveis. O conjunto padrão de cenários para estudos de alterações climáticas é o do *IPCC Special Report on Emission Scenarios*, ou SRES (IPCC, 2000). São quatro cenários, designados por A1, A2, B1, B2. Detalhes sobre este assunto podem ser consultados por exemplo em Arnell *et al.* (2004); a Figura 4 mostra as suas principais características.

2010

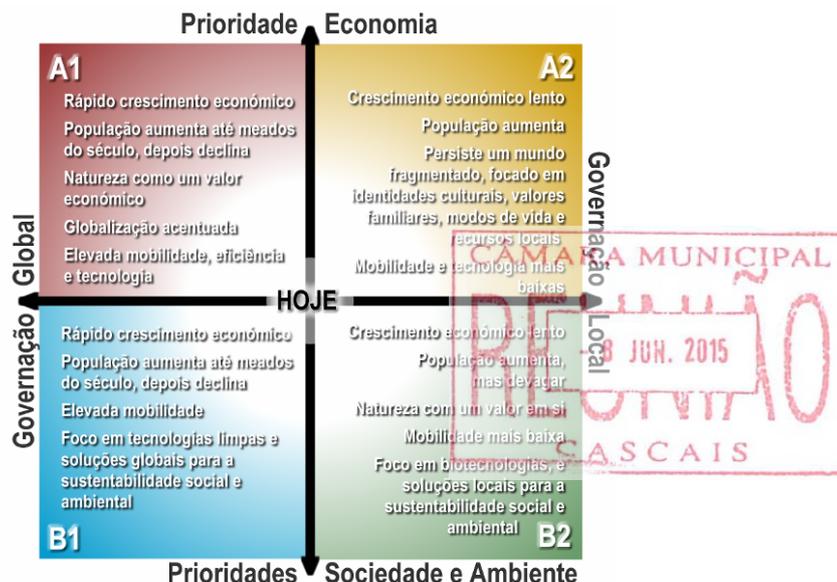


Figura 4 – Esquema de enquadramento dos cenários SRES com as principais forças motivantes.

Os Modelos de Circulação Global produzem então resultados para estes 4 cenários. Os resultados apresentados neste estudo para o clima futuro são pois apresentados ou para cada cenário ou como bandas de valores que incluem as estimativas para cada cenário. Só ocasionalmente e para não sobrecarregar a leitura se apresenta um único cenário.

As estimativas do clima futuro dos Modelos de Circulação Global abrangem tipicamente a extensão do século XXI. Não é prático nem de qualquer forma tem significado examinar os resultados para os anos individuais de todo este período. Escolhem-se então para análise janelas temporais, em geral de 30 anos, aí sim já abrangendo um número de anos estatisticamente significativo. No presente Projecto escolheram-se três períodos de 30 anos, separados também por 30 anos: o período de referência, nominalmente correspondente a 1961-1990; o período 2020-49; e o período 2070-99. Estes períodos são designados daqui em diante também por “clima recente”, “meados do século” e “finais do século”.

De seguida descrevem-se os métodos usados na preparação dos dados climáticos e das respectivas séries meteorológicas.

2.2. Da escala global à estação de referência

O Modelo de Circulação Geral que foi seleccionado foi o modelo HadCM3 obtido dos Hadley Centre e U.K. Meteorological Office via o Climate Impacts LINK Project (DETR Contract EPG 1/1/68). Outros Projectos de referência em Portugal na área dos impactos das alterações climáticas usaram estes dados, designadamente os Projectos SIAM I, SIAM II, CLIMAAT II e CLITOP (respectivamente Santos et al. 2001a, 2001b, 2001c; Santos and Miranda 2005; Santos e Aguiar, 2006; Aguiar, 2006).

Portugal continental é coberto por três células do HadCM3; foi usada a célula central, que inclui a região do município de Cascais. Um primeiro passo na regionalização dos dados consiste em transferir os dados para a célula do modelo global para a localização de uma estação meteorológica

representativa da região em análise. No caso do presente Projecto, essa estação foi então Monte Estoril, cf. Figura 1. Em termos gerais esta estação encontra-se mais ou menos no centro do litoral sul do território do Município.

A regionalização entre a célula do Modelo de Circulação Global e a estação de referência pode ser feita com métodos dinâmicos ou estatísticos. Estas abordagens são discutidas em pormenor por exemplo na Tese de Mestrado de Pedro Lopes (2008). Foi seleccionada a abordagem estatística visto que era a única compatível com o período muito reduzido disponibilizado para a execução do Projecto.

Dentro dos métodos estatísticos existem basicamente ainda duas abordagens: um método relativamente simples dito de “anomalias” e métodos estocásticos. De novo, o período de execução curto forçou o uso do método de anomalias. Crê-se que isso não prejudicou a qualidade dos resultados pois a variabilidade entre cenários SRES é bastante maior que a incerteza adicionada pelo uso de um método de regionalização menos sofisticado do que as alternativas (ver referências em Lopes, 2008).

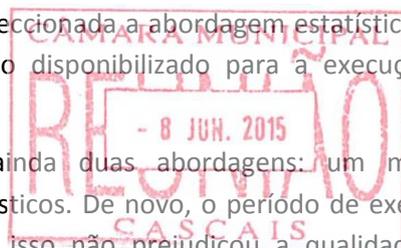
O método de anomalias (ou “deltas”) para a regionalização da climatologia será agora descrito brevemente; uma discussão mais detalhada está disponível em Aguiar e Lopes (2008). Os passos básicos são:

- i. uma climatologia mensal de referência (*baseline*) é estabelecida para o local de interesse, por exemplo para o período climático 1961-90;
- ii. estatísticas similares são compiladas com os dados do Modelo de Circulação Global, para o mesmo período, bem como para as janelas temporais no futuro, debaixo dos vários cenários;
- iii. as alterações (do período recente para o futuro) nesta climatologia mensal do Modelo de Circulação Global são as anomalias ou “deltas”;
- iv. estes “deltas” são aplicados à climatologia de referência na estação em causa (*baseline*) obtendo-se a climatologia nas janelas temporais futuras.

As anomalias podem ser do tipo aditivo ou multiplicativo. Há defeitos e vantagens em cada destas variantes (ver de novo Aguiar e Lopes, 2008), mas em geral é preferível o método multiplicativo se forem tomadas certas precauções: normalização da escala dos parâmetros meteorológicos de forma a iniciar-se no zero (e.g. no caso da temperatura usar graus Kelvin e não graus Celsius) e limitar os valores extremos (o que é muito raro ser necessário na prática).

Foi então feita a regionalização dos dados do modelo HadCM3 (nos 4 cenários SRES - A1, B1, A2, B2) para a estação de Monte Estoril. Os resultados estão num ficheiro MS EXCEL fornecido no Anexo I (suporte CD-ROM).

Embora o período de dados abarque 1941 a 1974, possui numerosas falhas e valores espúrios (o que é uma situação comum). Assim é necessário proceder a interpolações no caso de pequenas falhas de um parâmetro; preenchimento com regressões simples e/ou valor esperado (climatologia) no caso de falhas de alguns dias; e corte e colagem de pequenas sub-séries para as falhas mais longas. Neste caso os procedimentos resultaram numa série com 28 anos, maioritariamente com observações puras mas parcialmente sintéticas.



A partir destes 28 anos de dados de referência, foi obtida uma série de 28 x 12 valores mensais. Em vez de se especificar as médias de temperatura mínima e máxima, pareceu mais conveniente apresentar as médias da temperatura média diária (T) e da amplitude térmica diária (AT). No entanto a informação é a mesma, já que a relação entre estes parâmetros se faz como

$$T_{\min} = T - AT/2 , \quad [1a]$$

$$T_{\max} = T + AT/2 . \quad [1b]$$

Juntou-se uma coluna com radiação solar global horizontal (G) estimada a partir da insolação S através do modelo

$$S/S_0 = (G/G_{cs})^2, \quad [2]$$

onde o índice cs denota condições de céu totalmente limpo, i.e. o valor máximo de radiação à superfície, e o índice 0 denota o comprimento do dia, i.e. o valor máximo de insolação. Esta série, que constitui o clima de referência a nível mensal, é fornecida no Anexo I.

(N.B. rigorosamente falando, trata-se de uma série de valores mensais recalculados a partir da respectiva série de valores diários, ver secção seguinte, mas as alterações introduzidas por esse pós-processamento são muito pequenas.)

Quanto ao formato dos dados, é explicado nos próprios cabeçalhos deste e dos vários ficheiros a seguir referidos.

As anomalias climáticas (do clima recente para os cenários de clima no futuro) foram descritas por factores multiplicativos (usada a escala Kelvin no caso da temperatura), e estes aplicados à série mensal representativa do clima recente de forma a obter as séries mensais dos cenários climáticos futuros. As excepções a esta abordagem foram nos casos da radiação e insolação. Para a radiação, as anomalias foram contadas em relação ao valor máximo, de céu limpo. Por outro lado, como os cenários HadCM3 não incluem insolação, não é possível determinar directamente as respectivas anomalias, pelo que se utilizou de novo o modelo [2], agora com a radiação como dado de entrada, para estimar os correspondentes valores mensais de S.

Estas séries mensais foram obtidas para os dois períodos nominais já referidos antes: 2020-47 ou “meados do século XXI”, e 2070-97 ou “finais do século XXI”. As séries estão igualmente nos ficheiros do Anexo I.

2.2. Da escala mensal à escala diária

Para estudos de alterações climáticas não basta a climatologia, são necessárias séries de dados diários. Tendo escolhido desde logo a abordagem estatística na regionalização, há agora vários caminhos:

- i. as anomalias da climatologia são aplicadas também às séries meteorológicas observadas no período de referência;
- ii. são montados e calibrados modelos estocásticos que usam como dados de entrada ou os valores mensais desejados, ou dados de prognóstico fornecido pelo Modelo de Circulação Global;
- iii. “fragmentos” de observações são seleccionados de acordo com as médias mensais desejadas, e concatenados para obter séries anuais.



[1a]

[1b]

[Handwritten signature]

[2]

Destas alternativas, a primeira tem desvantagens bem conhecidas, alterando demasiado a variância, extremos, etc. das séries quando as anomalias climáticas são grandes – isto é, seria um método eventualmente aceitável para meados do século, mas não para o final. O segundo tipo de métodos foi seguido por Lopes (2008) no caso de Lisboa. A sua utilização estava inicialmente prevista para o Projecto Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas, mas o decorrer dos trabalhos mostrou limitações práticas de tempo e gama de cenários e janelas temporais acessíveis, que não seria possível resolver no prazo apertado disponível. Desta forma foi usado o terceiro método. É muito usado por exemplo em hidrologia (e.g. Fowler, 2007) e em duas dimensões espaciais é também usado em estudos de meteorologia, poluição do ar, etc., onde é conhecido por método dos padrões de circulação (*weather patterns*), ver e.g. Corte-Real *et al.* (1999). A adaptação a séries multivariadas num ponto para cenários de alterações climáticas que aqui foi feita merece uma explicação um pouco detalhada.

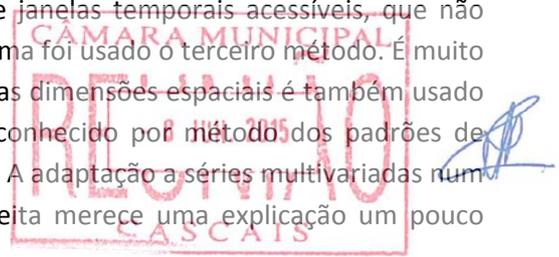
Primeiro obtêm-se séries de valores mensais na estação de referência. De seguida fazem-se corresponder fragmentos de séries mensais de valores diários observados a cada ponto da série de valores mensais. Se necessário, alisa-se a série resultante nas zonas de concatenação. Este procedimento é utilizado para cada cenário e janela temporal.

Assim em primeiro lugar tomam-se as séries diárias do período de referência (30 anos) e

- i. calculam-se as séries de valores mensais para o clima recente ($12 \times 30 = 360$ valores);
- ii. para cada mês de calendário aplicam-se as mesmas anomalias (ou “deltas”) obtidas para os valores climáticos, isto para cada cenário e janela temporal.

De seguida há que constituir um banco de dados de fragmentos e seleccionar os que pretendemos para constituir as séries dos cenários. Para uma única variável, o método funciona como se segue:

- i. o registo de observações é fragmentado em sequências mensais (fragmentos), armazenadas num banco de dados e classificadas com respeito à sua média ou valor acumulado, ver Figura 5;
- ii. para cada valor médio (ou acumulado) mensal, seja do clima recente ou de um cenário, procura-se no banco de dados a sequência que tem valor médio (ou acumulado) mais similar ao pretendido (valor-alvo) – essa sequência é reservada para montar a série diária;
- iii. uma vez que o banco de dados de fragmentos é muito grande mas não infinito, pode haver necessidade de fazer um ajustamento multiplicativo de forma a haver correspondência exacta de médias (ou valores acumulados).



2010

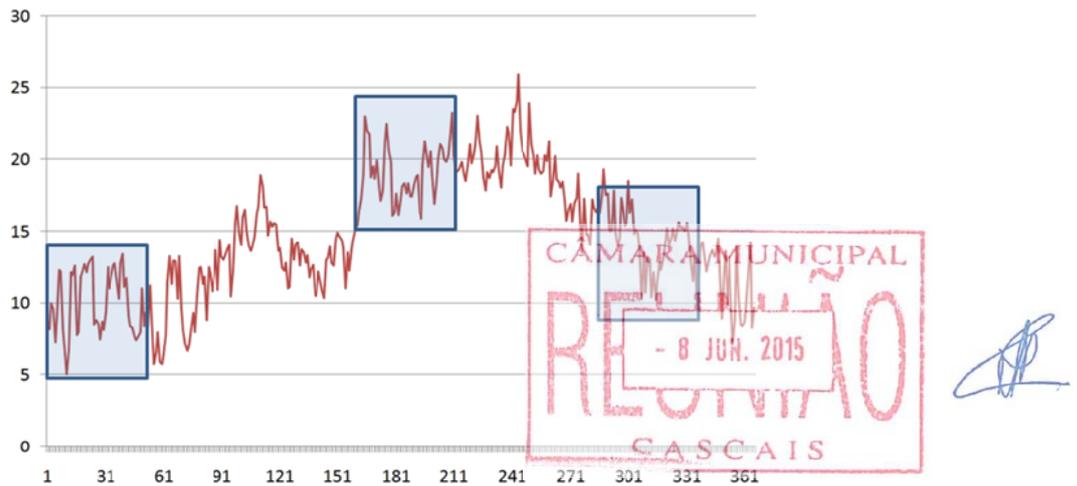


Figura 5 – Fragmentação de series observadas univariadas.

Neste Projecto usaram-se sequências de 31 dias, cortadas a 28, 29, ou 30 dias quando necessário. O corte das sequências não corresponde aos meses de calendário, pode iniciar-se em qualquer ponto da série anual. Fizeram-se cortes de 3 em 3 dias desde o início do ano, gerando assim cerca de 5543 fragmentos no total. Na classificação, foi conservada a primeira casa decimal no caso de médias, e usados números inteiros no caso de valores acumulados (precipitação). Um problema com este esquema é que no caso de valores médios mensais muito baixos ou muito elevados, o mesmo fragmento é sistematicamente seleccionado. Para evitar isto, no passo (ii) pré-seleccionam-se vários fragmentos candidatos usando uma certa tolerância no valor médio (ou acumulado) em relação ao pretendido, e um deles é escolhido aleatoriamente para o passo (iii). O ajuste feito neste passo (iii) é em geral pequeno e por isso não distorce apreciavelmente os valores extremos das séries. Ainda assim isso por vezes acontece, e quando é detectado esses valores são limitados a um valor mínimo ou máximo que tem em conta a climatologia da estação. No caso presente foram adoptados os seguintes extremos:

$$T_{\min}(\text{fragmento}) = \min[T_{\min}(\text{clima recente})] - 1 \quad (^\circ\text{C}) \quad [3a]$$

$$T_{\max}(\text{fragmento}) = \max[T_{\max}(\text{clima recente})] + 2 \quad (^\circ\text{C}) \quad [3b]$$

$$\max [T(\text{fragmento})] = [T_{\max}(\text{clima recente})] + 2 \quad (^\circ\text{C}) \quad [3c]$$

$$\max [AT(\text{fragmento})] = \max[AT(\text{clima recente})] + 2 \quad (^\circ\text{C}) \quad [3d]$$

$$\max [RR(\text{fragmento})] = 1.1 \times \max[RR(\text{clima recente})] \quad (\text{mm}) \quad [3e]$$

onde T é a temperatura média diária, T_{\min} a temperatura mínima diária, T_{\max} a temperatura máxima diária, e RR a precipitação acumulada diária. Quando sucede a limitação a extremos, tem de haver novo reajustamento da média (ou valor acumulado) do fragmento.

Todo este procedimento pode ser generalizado a séries multivariadas, ver Figura 6. Neste caso é necessário na selecção de fragmentos candidatos usar uma combinação dos valores médios (ou acumulados) dos vários parâmetros. Os pesos e forma a usar nessa combinação são uma escolha de quem conduz o processo.

No caso do Projecto Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas foi feita uma combinação quadrática para determinar a distância ao alvo, D, de cada fragmento,

$$D^2 = [T_m(\text{fragmento}) - T_m(\text{alvo})]^2 + [RR_m(\text{fragmento}) - RR_m(\text{alvo})/50]^2 \quad [4]$$

onde T_m e RR_m designam, respectivamente a temperatura média e a precipitação acumulada. Finalmente, note-se que neste caso de fragmentos séries multivariadas o passo (iii) de ajuste exacto aos valores-alvo aplica-se independentemente a cada série univariada.

É importante dizer que na prática foi concluído que a concatenação destes fragmentos para obter as séries de 30 anos não levantava problemas que merecessem a introdução de processos de alisamento.

Uma grande vantagem deste método de fragmentos é assegurar valores realistas (climatológicos, de facto) da autocorrelação das séries univariadas e a correlação cruzada entre as diversas séries. Isto é muito difícil de assegurar no caso da abordagem via modelos estocásticos. Mas em qualquer dos casos está-se a assumir que as relações estatísticas entre parâmetros registadas no clima recente, se manterão para o futuro. Muda por exemplo a frequência com que ocorrem sequências de dias quentes e secos, mas não as características dessas sequências (variância, autocorrelação, etc.).

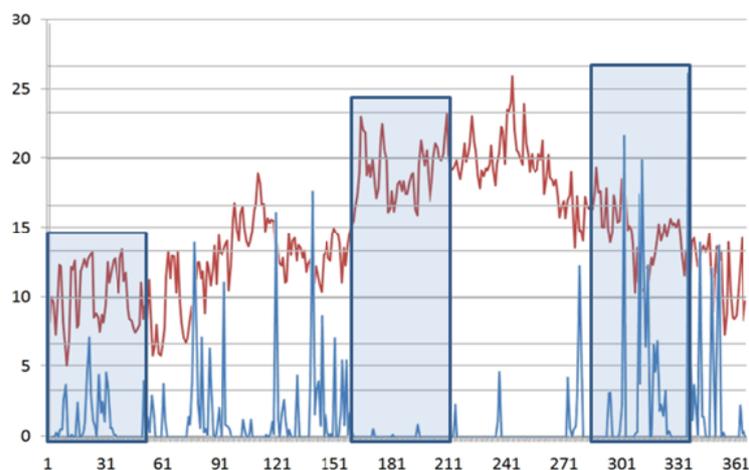


Figura 6 – Fragmentação de séries observadas multivariadas.

Note-se que embora nas Figuras se apresentem apenas temperatura média e precipitação, e o critério de selecção na equação [4] realmente também só incluía esses parâmetros, os fragmentos consistem também em séries de valores de amplitude térmica, intensidade do vento, humidade relativa, e insolação.

Os valores diários de temperatura, precipitação, humidade relativa, insolação e intensidade do vento dos fragmentos foram ligeiramente reajustados, com um método semelhante ao usado na regionalização das séries mensais, de forma a obter uma correspondência quase perfeita dos seus valores mensais com os valores-alvo especificados nas séries mensais regionalizadas.

Obtiveram-se ainda valores diários de radiação solar (que não constam na biblioteca de fragmentos) aplicando um modelo estocástico autoregressivo de primeira ordem parametrizado apenas pelo valor médio mensal de radiação solar. Nota-se entretanto que o procedimento usado não preserva correlações cruzadas da radiação solar com os outros parâmetros, com realce para a insolação e a amplitude térmica.

As séries diárias assim construídas estão nos ficheiros do Anexo I.

2010

Um procedimento semelhante levou à construção de séries diárias para os microclimas da faixa Atlântica e a Encosta sul da Serra.



(N.B considera-se que as séries mensais são dados de maior confiança que as séries diárias, pois estas últimas envolvem recurso a mais hipóteses, ajustes e modelos.)

3. Análise dos Cenários Climáticos

Nesta secção compilam-se os resultados mais representativos, a nível climatológico, i.e. valores mensais e anuais de longo termo.

Os resultados indicam então que durante este século a região de Cascais vai aquecer e a precipitação reduzir-se significativamente, embora com intensidade diversa conforme os cenários. Em meados do século XXI as temperaturas médias anuais sobem tipicamente 1,7 ° - 3,2 °C, mas com maior ênfase no Verão (2,8 - 5,0 °C) do que no Inverno (0,9 - 1,8 °C em Dezembro), cf. Tabela 4 e Figura 7. No final do século a elevação da temperatura média anual pode chegar a 3,4 - 6,5 °C. Isto corresponde temperaturas médias diárias tipicamente mais altas 2 - 4°C no Inverno e 5 -10 °C no Verão.

Tabela 4 – Clima recente e futuro: temperatura média mensal e anual.

Temperatura Ambiente média (°C)

	actual	meados do séc. XXI				finais do séc. XXI			
		A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
Janeiro	8.6	1.7	1.6	1.0	0.9	3.4	3.1	2.1	1.8
Fevereiro	9.0	2.0	1.5	1.3	1.2	3.9	2.9	2.7	2.4
Março	10.5	2.1	1.5	1.2	0.9	4.3	3.0	2.3	1.7
Abril	11.9	2.6	1.7	1.1	1.1	5.2	3.4	2.1	2.2
Mai	13.4	3.9	3.0	2.0	1.9	7.8	5.9	4.0	3.7
Junho	15.7	4.9	3.6	2.7	2.5	9.8	7.2	5.4	4.9
Julho	17.3	5.4	4.3	2.9	3.5	10.8	8.6	5.9	7.1
Agosto	17.4	4.6	3.9	2.5	2.4	9.3	7.8	5.0	4.9
Setembro	16.9	4.4	3.3	2.7	2.2	8.8	6.6	5.4	4.3
Outubro	15.2	3.6	3.1	2.1	1.9	7.2	6.2	4.1	3.8
Novembro	11.9	2.1	1.7	1.3	1.1	4.2	3.4	2.5	2.2
Dezembro	9.4	1.6	1.1	0.5	0.7	3.3	2.2	1.1	1.3
Anual	13.1	3.2	2.5	1.8	1.7	6.5	5.0	3.5	3.4

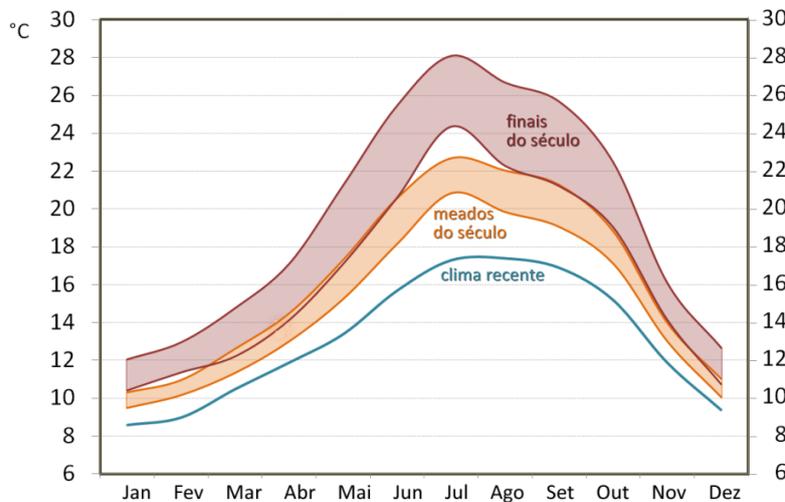


Figura 7 – Clima recente e futuro: temperatura média mensal. As bandas mostram a gama de previsões para os quatro cenários usados.

Quanto à precipitação, cf. Tabela 5 e Figura 8, os cenários indicam que o valor anual acumulado deverá passar dos actuais cerca de 630 mm (em Monte Estoril) para 530 - 600 mm em meados do século, 420 - 580 mm no final do século. Trata-se pois de reduções significativas. A redução é esperada em todos os meses com a possível excepção de Janeiro e de Março (só um dos quatro cenários o sugere), mas de forma especialmente intensa de Abril a Maio e Outubro a Dezembro.

Tabela 5 – Clima recente e futuro: precipitação acumulada média mensal e anual.

Precipitação acumulada (mm)

	actual	meados do séc. XXI				finais do séc. XXI			
		A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
Janeiro	95	-1	-5	-5	4	-2	-10	-10	8
Fevereiro	71	0	-2	0	-1	0	-3	0	-2
Março	99	-2	-16	1	15	-4	-32	1	29
Abril	55	-13	-14	-8	-6	-26	-27	-16	-11
Maio	35	-10	-11	-7	-6	-20	-23	-14	-11
Junho	16	-4	-5	-3	-3	-8	-9	-6	-6
Julho	4	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2
Agosto	5	-2	-2	-1	-1	-3	-3	-2	-3
Setembro	30	-7	-5	-3	-4	-13	-10	-7	-8
Outubro	56	-16	-10	-7	-3	-32	-20	-13	-6
Novembro	85	-16	-18	-21	-10	-32	-35	-42	-19
Dezembro	77	-12	-15	-15	-9	-24	-30	-30	-17
Anual	628	-7	-8	-6	-2	-14	-17	-12	-4

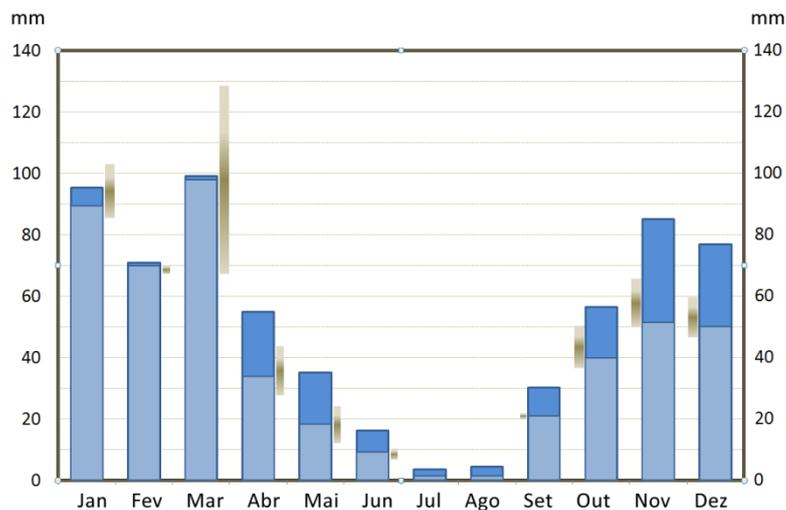


Figura 8 – Clima recente e futuro: precipitação acumulada média mensal.

Barras a azul mais carregado: clima recente.

Barras a azul mais claro: mediana dos quatro cenários usados.

As pequenas bandas ao lado das barras mostram a gama de previsões dos cenários.

De forma geral as pessoas são mais sensíveis aos extremos do que às médias, por isso importa também referir as alterações esperadas nos valores e situações extremas.

No Inverno, a temperatura mínima mensal deve subir tipicamente 1 - 2°C em meados do século, 1 - 3°C em finais do século, amenizando as ondas de frio; cf. Tabela 6. Isto não quer dizer que

desapareçam as temperaturas baixas ocasionais; e inclusive as negativas, embora estas já sejam de si muito raras. Em qualquer caso o número de dias de geadas diminuirá até quase desaparecer.

Tabela 6 – Clima recente e futuro: temperatura mínima mensal.

Temperatura mínima (°C)

	actual	meados do séc. XXI				finais do séc. XXI			
		A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
Janeiro	5.5	1.5	1.4	0.8	0.7	3.0	2.8	1.6	1.1
Fevereiro	5.8	2.0	1.4	1.3	1.1	4.0	2.8	2.6	2.3
Março	7.2	2.2	1.5	1.3	0.9	4.3	3.0	2.5	1.7
Abril	8.3	2.3	1.5	1.0	0.9	4.6	2.9	2.1	1.9
Mai	9.5	3.3	2.5	1.7	1.6	6.6	4.9	3.4	3.4
Junho	11.8	4.3	3.1	2.3	2.1	8.6	6.3	4.5	4.1
Julho	13.0	4.8	3.8	2.5	3.0	9.7	7.6	5.0	6.1
Agosto	12.9	4.4	3.7	2.3	2.3	8.8	7.4	4.7	4.6
Setembro	12.8	4.2	3.2	2.5	2.1	8.4	6.4	5.0	4.1
Outubro	11.5	3.4	3.0	2.0	1.8	6.7	6.0	4.0	3.7
Novembro	8.6	1.9	1.5	1.1	0.8	3.8	3.1	2.2	1.5
Dezembro	6.2	1.4	0.9	0.5	0.3	2.8	1.8	1.0	0.6



No Verão, em meados do século, a temperatura máxima mensal deverá subir 2 - 4 °C, 5 - 9°C em finais do século; cf. Tabela 7. Note-se que isto resulta na sua maior parte de haver mais dias muito quentes, e não por ocorrerem temperaturas máximas muito mais elevadas do que as registadas no passado. As ondas de calor, hoje em dia raras até devido à presença moderadora do Oceano, vão-se tornar mais frequentes e longas, ocorrendo inclusive durante a Primavera e Outono. A amplitude térmica diária tenderá também a aumentar, mas de forma pouco significativa. Tudo isto se traduz em muito mais "noites tropicais", em que a temperatura não desce abaixo dos 25 °C.

Tabela 7 – Clima recente e futuro: temperatura máxima mensal.

Temperatura máxima (°C)

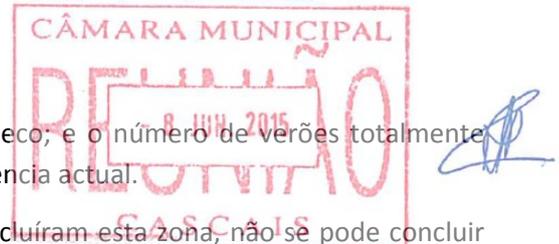
	actual	meados do séc. XXI				finais do séc. XXI			
		A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
Janeiro	11.7	2.0	1.7	1.3	1.1	3.9	3.4	2.5	2.3
Fevereiro	12.2	2.0	1.6	1.4	1.3	4.0	3.1	2.8	2.5
Março	13.8	2.1	1.5	1.0	0.9	4.2	3.0	2.1	1.7
Abril	15.5	3.0	2.0	1.1	1.3	5.9	3.9	2.2	2.6
Mai	17.3	4.6	3.5	2.2	2.1	9.1	7.0	4.5	4.3
Junho	19.6	5.5	4.1	3.1	2.9	11.0	8.2	6.2	5.8
Julho	21.6	6.0	4.9	3.4	4.1	11.9	9.7	6.8	8.1
Agosto	21.9	4.9	4.1	2.6	2.6	9.7	8.2	5.2	5.1
Setembro	21.1	4.5	3.4	2.8	2.2	9.0	6.8	5.7	4.4
Outubro	18.9	3.9	3.3	2.2	2.0	7.8	6.5	4.4	4.0
Novembro	15.3	2.2	1.8	1.4	1.4	4.5	3.7	2.8	2.9
Dezembro	12.6	1.9	1.3	0.6	1.1	3.7	2.6	1.2	2.1

Actualmente a região é de forma geral considerada confortável mas no futuro será desconfortavelmente quente em alguns dias - e não só no Verão actual mas também ocasionalmente

em dias de Abril a Outubro. Comparativamente, a faixa atlântica oeste e as encostas da serra sofrerão menos com temperaturas extremas.

Nas suas consequências práticas, talvez tão importante como o aquecimento da região em si, é a forma como se diferencia face às outras regiões do País. Embora esta zona litoral aqueça, o interior do país aquecerá mais ainda, em particular no Verão. Assim, em termos climáticos o Concelho tenderá a tornar-se ainda mais atractivo do que já é actualmente.

O período Junho-Setembro tenderá a tornar-se ainda mais seco, e o número de verões totalmente secos deverá aumentar para entre o dobro e o triplo da frequência actual.



Por outro lado, analisando trabalhos de nível Europeu que incluíram esta zona, não se pode concluir que tenha vindo a ocorrer mais precipitação intensa. Por exemplo o estudo ilustrado pela Figura 9 (Klein and Tol, 2002; cf. também EEA, 2004; ECA&D, 2010) indica que na região de Lisboa não há tendências significativas no número de dias com precipitação superior a 20 mm. Antes pelo contrário há uma tendência de espaçamento entre as cheias que já vem a ocorrer na região há algumas décadas.

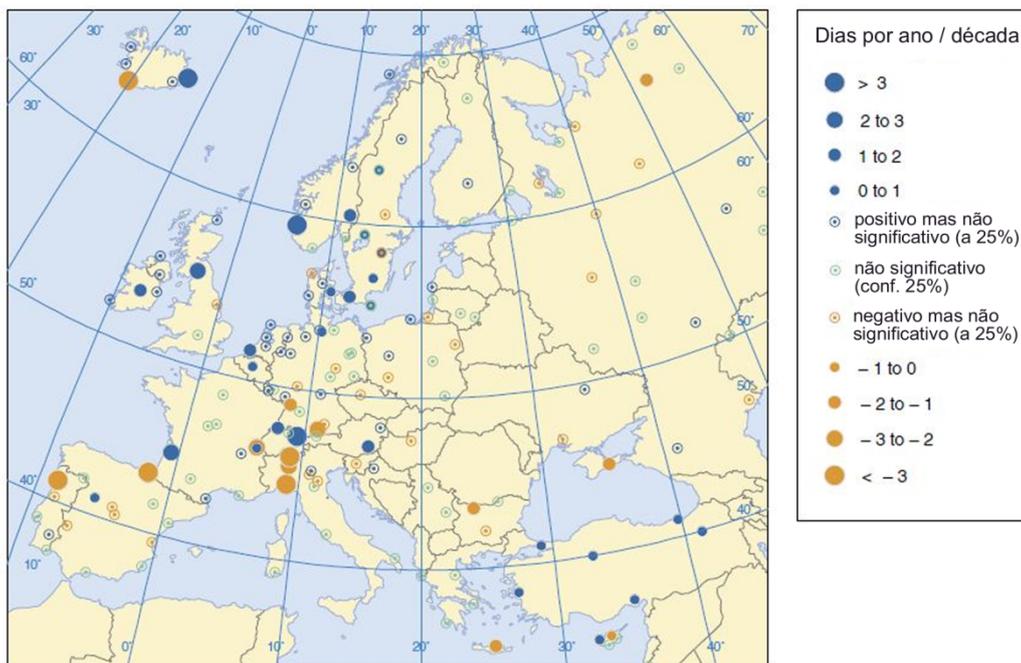


Figura 9 – Alterações na frequência de dias muito húmidos na Europa, entre 1976 e 1999. Adaptado de EEA (2004).

No entanto, segundo indicam outros estudos (ENSEMBLES, 2009), embora a precipitação intensa possa ocorrer de forma mais espaçada na zona em estudo, é possível que, quando acontece, seja em episódios mais intensos que actualmente. Essa possibilidade é aliás suportada teoricamente pela maior capacidade de retenção de água na atmosfera quando aumenta a sua temperatura.

Além da temperatura e precipitação outros parâmetros sofrerão as consequências das alterações climáticas, como a humidade, o vento e a radiação solar.

A humidade relativa média no Concelho de Cascais é de forma geral elevada devido à proximidade com o rio e o mar. Esperam-se reduções da humidade do ar em quase todos os meses, cf. Tabela 8; mas só durante o Verão serão mais expressivas. As indicações são que nesta Estação do ano as alterações climáticas conduzirão a reduções tipicamente de -4% a -7% em meados do século, e de -9% a -14% no final do século.



Tabela 8 – Clima recente e futuro: humidade relativa mensal e anual.

Humidade relativa média (%)

	actual	meados do séc. XXI				finais do séc. XXI			
		A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
Janeiro	82	0	0	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	80	0	-1	0	0	-1	-2	-1	-1
Março	80	-1	-1	0	0	-2	-1	0	0
Abril	77	-2	-1	-1	-1	-4	-3	-1	-1
Malo	77	-4	-3	-2	-2	-9	-7	-3	-3
Junho	77	-7	-6	-4	-4	-14	-11	-8	-8
Julho	74	-9	-8	-7	-5	-18	-15	-14	-10
Agosto	76	-7	-6	-4	-4	-14	-13	-7	-9
Setembro	78	-6	-4	-2	-4	-11	-8	-5	-8
Outubro	80	-4	-3	-2	-2	-8	-5	-3	-3
Novembro	82	-1	-1	-1	0	-2	-2	-3	-1
Dezembro	81	0	0	-1	0	-1	0	-1	0
Anual	79	-3	-3	-2	-2	-7	-6	-4	-4

A intensidade do vento é actualmente fraca (até 15 km/h) em média, na maior parte dos meses. Em termos anuais não se esperam grandes alterações até meados do século, e no final do século o clima deverá ser apenas um pouco mais ventoso do que é agora, cf. Tabela 9. No entanto em termos sazonais são esperadas alterações significativas: vento mais intenso no Verão (até 20% em final do século) e pelo contrário um pouco menos intenso no Inverno. Quanto aos extremos, não há ainda evidência para afirmar que tempestades e ventos fortes serão mais frequentes do que hoje em dia.

Tabela 9 – Clima recente e futuro: intensidade média mensal e anual do vento.

Intensidade do vento (km/h)

	actual	meados do séc. XXI				finais do séc. XXI			
		A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
Janeiro	12	0	0	0	0	-1	0	0	1
Fevereiro	12	0	1	1	1	1	1	2	1
Março	13	1	0	1	1	1	1	1	1
Abril	14	0	0	0	1	0	0	0	1
Maio	15	2	2	1	1	3	4	3	3
Junho	16	2	2	1	1	3	3	3	1
Julho	17	1	1	1	1	3	3	3	1
Agosto	17	0	0	1	1	1	1	1	1
Setembro	14	0	0	1	1	1	1	1	1
Outubro	13	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Novembro	13	0	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1
Dezembro	13	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-1
Anual	14	0	0	0	0	1	1	1	1



Espera-se um aumento na radiação solar em relação aos níveis actuais da ordem de 1% a 3% em meados do século e 2% a 7% em finais do século, cf. Tabela 10. Isto será devido em grande medida a mais dias de céu limpo entre Abril e Setembro.

Tabela 10 – Clima recente e futuro: humidade relativa mensal e anual.

Radiação Solar Global Horizontal (MJ/m² por dia)

	actual	meados do séc. XXI				finais do séc. XXI			
		A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
Janeiro	7.7	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1
Fevereiro	11.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
Março	15.1	-0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.2	0.0	0.0	-0.3
Abril	21.2	0.6	0.2	0.2	0.1	1.3	0.4	0.4	0.1
Maio	25.3	1.0	0.4	0.3	0.3	2.1	0.8	0.5	0.6
Junho	27.3	1.3	0.5	0.5	0.5	2.7	1.1	0.9	0.9
Julho	27.7	1.4	0.6	0.6	0.5	2.8	1.2	1.2	1.0
Agosto	24.9	1.1	0.6	0.3	0.4	2.2	1.1	0.7	0.8
Setembro	19.5	0.9	0.3	0.2	0.3	1.7	0.7	0.4	0.7
Outubro	14.0	0.6	0.2	0.1	0.2	1.2	0.4	0.3	0.3
Novembro	9.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0.4	0.2	0.4	0.2
Dezembro	6.9	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1	0.2	0.0
Anual	17.5	0.6	0.3	0.2	0.2	1.2	0.5	0.4	0.4

A referir ainda que a elevação da temperatura da água do mar – que valerá cerca de +0,2 °C por década na segunda parte do século XX na região de Cascais, cf. Figura 10, EEA (2009) – irá continuar e até acelerar, acumulando 2 a 3 °C no final do século XXI. Em conjunto com as restantes modificações descritas para o clima, isto tornará a praia e em geral as actividades náuticas mais atractivas num período mais alargado que hoje em dia, que incluirá meses da Primavera e do Outono.

2010

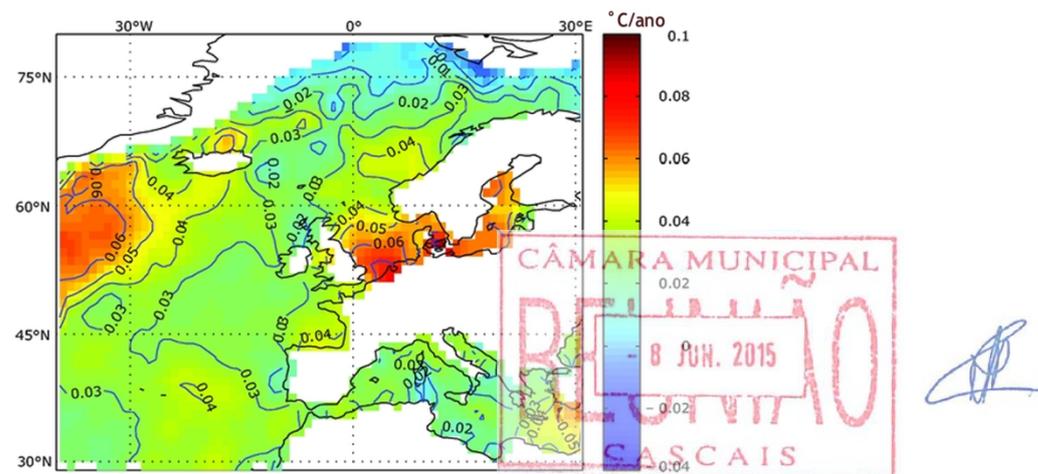


Figura 10 – Tendência de aquecimento da água superficial do Atlântico Norte na zona europeia.

Referências

Aguiar, R. (2006). Climate Change and Tourism in Portugal: Potential Impacts and Adaptation Measures (CLITOP). Task I Report – Climate Data Compilation. FCUL, Lisbon. December 2006, 18 pp.

Aguiar, R. and P. Lopes (2008). Methodologies for downscaling of socio-economic, technological and emission scenarios, as well as meteorological scenario data, to country level and smaller regions. Part II: Climate. Project 2-FUN - Full-chain and UNCertainty Approaches for Assessing Health Risks in FUTURE ENVIRONMENTAL SCENARIOS. FP6 Project-2005-Global-4, Integrated Project - Contract n.º: 036976. FCUL, Lisbon. 38 pp.

Alcoforado, M.J. (1992). O clima da região de Lisboa. Centro de Estudos Geográficos. Lisboa. 347 pp.

Arnella, N.W., M.J.L. Livermore, S. Kovats, P.E. Levy, R. Nicholls, M.L. Parry and S.R. Gaffin (2004). Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterising the SRES storylines. *Global Environmental Change* 14, pp. 3–20.

Baltazar, L. e Martins, C. (2005). Atlas do parque Natural de Sintra – Cascais 1ª Edição. Junta de Turismo da Costa do Estoril e Parque Natural de Sintra – Cascais. 47pp.

Corte-Real, J., Qian, B. And Xu, H. 1999. Circulation patterns, daily precipitation in Portugal and implications for climate change simulated by the second Hadley Centre GCM. *Climate Dynamics*, 15, 921-935.

Domingos, S. (2008). *Microclimatologia do Município de Sintra com base em estações meteorológicas*. Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Geofísicas – Especialização Meteorologia. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia. 106 pp.

Domingos, S. (2009). Relatório Meteorológico de Análise do Clima de Cascais. Instituto D. Luís, Grupo SIM. 9 pp. Fundação da FCUL, Lisboa.

Ferreira, H. A. (1941). Elementos para o conhecimento do Clima do Estoril. Monografia. Junta de Turismo de Cascais. 13pp.

Fowler, H.J., Blenkinsop, S. and Tebaldi, C. (2007). Linking climate change modelling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modelling. *International Journal of Climatology* 27, pp. 1547-1578.

EC&D (2010). European Climate Assessment and Database. [http:// eca.knmi.nl/](http://eca.knmi.nl/)

EEA (2004). Impacts of Europe's changing climate – an indicator-based assessment. EEA Report 2/2004. European Environment Agency, Copenhagen. ISBN 92-9167-692-6. <http://www.eea.eu.int>

EEA (2009). European Environment Agency Data Service. <http://dataservice.eea.europa.eu>.

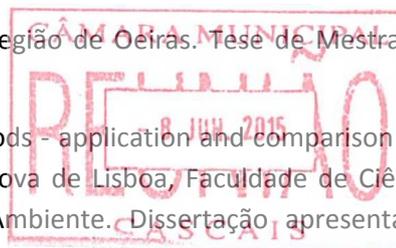
ENSEMBLES (2009). EU Project Ensembles Data Portal. <http://www.cru.uea.ac.uk/projects/ensembles/ScenariosPortal/Methods.htm>

IPCC (2000). Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Klein, R.J.T. and Tol, R.S.J. (1997): Adaptation to climate change: options and technologies, An Overview Paper. No. E-97/18. Institute for Environmental Studies Publication, Vrije Universiteit, Amsterdam, Netherlands.

Lopes, A. M. S. (1994). Padrões térmicos do clima local na região de Oeiras. Tese de Mestrado em Geografia Física e Regional. FLUL, Lisboa.

Lopes, P. (2008). Assessment of Statistical Downscaling Methods – application and comparison of two statistical methods to a single site in Lisbon. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Lisboa. 61 pp.



Santos, F. D., K. Forbes e R. Moita, Eds. (2001a). SIAM: Climate Change in Portugal – Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. Sumário Executivo e Conclusões / Executive Summary and Conclusions (Edições separadas em Português e Inglês). Fundação Calouste Gulbenkian e Editorial Gradiva, Lisboa, Outubro 2001.

Santos, F. D., C. S. Reis, H. O. Pires, J. F. Almeida, J. S. Pereira, J. H. Monteiro, J. M. Calheiros, J. Seixas, L. V. Cunha, P. A. Pinto, P. M. Barata, P. Miranda and R. Aguiar (2001b). Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – Project SIAM. In: *Proceedings of the XII Global Warming International Conference & Expo. Global Warming International Centre - The Year 2001 Conference*. Cambridge University, UK, April 8-11, 2001.

Santos, F. D., S. Dessai, R. Aguiar, R. Moita and P. M. Barata (2001c). Project SIAM: Climate Change in Portugal – Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. In: *Proceedings of the Global Change Open Science Conference*. IGBP, Amsterdam, The Netherlands, 10 - 13 July, 2001.

Santos, F. e P. Miranda (Eds.) (2005). *Alterações Climáticas em Portugal – Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Projecto SIAM, Fase II. Editorial Gradiva, Lisbon.

Santos, F. D. e R. Aguiar, Eds. (2006). Relatório Final do Projecto “Estudo Detalhado Sobre o Clima do Arquipélago da Madeira, Produção de Cartografia Climática, Construção de Cenários Climáticos Futuros e Realização de Estudos de Impacte e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas em Vários Sectores de Actividade”, in “CLIMAAT II – Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos II”, Programa de Iniciativa Comunitária INTERREG III B, Espaço Açores – Madeira – Canárias, ICAT, Lisboa, 2006.

Anexo I

CD-ROM com cenários climáticos

Observações

Monte Estoril – observações 1941-74.xls

Folha 'original data' » dados originais, com falhas e valores espúrios – usar para associar a eventos cronológicos, mas não utilizável para modelação

Folha 'data cleaned' » passo intermédio de tratamento de dados

Folha 'data rebuilt' » preenchimento das falhas mais curtas com interpolação, regressões simples e/ou valor esperado (climatologia)

Folha 'year selection' » registo das origens de blocos de dados para preenchimento das falhas mais longas

Folha '28 yr continuous data' » série contínua com 28 anos, sem falhas nem valores espúrios, mas parcialmente sintética e parcialmente não cronológica (= BASELINE)



Séries mensais de referência

Monte Estoril mensal __A1_2020-47.csv

Monte Estoril mensal __A1_2070-97.csv

Monte Estoril mensal __A2_2020-47.csv

Monte Estoril mensal __A2_2070-97.csv

Monte Estoril mensal __B1_2020-47.csv

Monte Estoril mensal __B1_2070-97.csv

Monte Estoril mensal __B2_2020-47.csv

Monte Estoril mensal __B2_2070-97.csv

Monte Estoril mensal BASELINE.csv

Exemplo de formato:

STATION, Monte_Estoril__B2_2070-97

LATITUDE(°N), 38.70

LONGITUDE(°W), 9.40

ALTITUDE(m), 50

START_YEAR, 2070

END_YEAR, 2097

TIME_SYSTEM, JULIAN

Source, downscaled_data_recomputed_from_daily_series

YEAR, MONTH, T(°C), AT(°C), RR(mm), U(%), S(h), G(MJ/m²), v(m/s)

0001,01,11.9,6.5,189.3,74.4,3.99,7.0,4.5

0001,02,14.3,5.5,93.7,74.1,3.68,8.7,4.2

0001,03,14.9,6.0,98.2,69.7,5.28,13.5,2.3

0001,04,16.2,6.6,100.9,68.2,6.39,18.0,2.8

0001,05,19.2,7.6,29.4,62.9,9.88,25.0,2.7

0001,06,25.5,11.4,6.4,56.2,12.37,29.0,3.6

0001,07,27.6,10.5,11.2,56.6,12.76,28.9,3.3

...

...

...

com

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

Tmax = média da temperatura máxima (°C); Tmin = média da temperatura mínima (°C); T = (Tmin+Tmax)/2; AT = Tmax-Tmin;
RR = precipitação acumulada mensal (mm); S = insolação média diária (h); G = radiação solar global média diária (MJ/m²) ;
U = humidade relativa média (%); e v= intensidade do vento a 2 m média (m/s)

Séries diárias de referência

Monte Estoril diário __A1_2020-47.csv
Monte Estoril diário __A1_2070-97.csv
Monte Estoril diário __A2_2020-47.csv
Monte Estoril diário __A2_2070-97.csv
Monte Estoril diário __B1_2020-47.csv
Monte Estoril diário __B1_2070-97.csv
Monte Estoril diário __B2_2020-47.csv
Monte Estoril diário __B2_2070-97.csv
Monte Estoril diário BASELINE.csv



Exemplo de formato:

```
STATION, Monte_Estoril__B2_2020-47
LATITUDE(°N), 38.70
LONGITUDE(°W), 9.40
ALTITUDE(m), 50
START_YEAR, 2020
END_YEAR, 2047
TIME_SYSTEM, JULIAN
Source, method_of_fragments_and_stochastic_models
YEAR, MONTH, DAY_OF_MONTH, TMIN(°C), TMAX(°C), RR24(mm), U(%), S(h), G(MJ/m²), v(m/s)
0001,01,01,8.5,13.5,12.0,65.4,3.54,11.2,4.6
0001,01,02,8.3,11.4,22.7,76.9,1.88,7.1,1.7
0001,01,03,9.5,14.8,8.7,77.8,3.83,4.6,6.4
0001,01,04,9.3,13.9,12.5,72.0,3.18,6.5,5.9
0001,01,05,10.3,14.3,7.9,78.6,2.67,6.4,5.3
0001,01,06,12.3,15.7,1.5,79.5,2.02,5.8,0.5
0001,01,07,10.3,14.7,1.1,72.7,3.03,1.7,1.9
...
...
...
com
```

Tmax = média da temperatura máxima (°C); Tmin = média da temperatura mínima (°C); RR24 = precipitação acumulada em 24 horas (mm);
U = humidade relativa média (%); S = insolação média (h); G = radiação solar global (MJ/m²) ; e v= intensidade do vento a 2 m média (m/s)

Séries diárias adicionais para microclimas

Margem Oeste diário __A1_2020-47.csv
Margem Oeste diário __A1_2070-97.csv
Margem Oeste diário __A2_2020-47.csv
Margem Oeste diário __A2_2070-97.csv
Margem Oeste diário __B1_2020-47.csv
Margem Oeste diário __B1_2070-97.csv
Margem Oeste diário __B2_2020-47.csv
Margem Oeste diário __B2_2070-97.csv
Margem Oeste diário BASELINE.csv

Encosta_Sul_da_Serra diário __A1_2020-47.csv
Encosta_Sul_da_Serra diário __A1_2070-97.csv
Encosta_Sul_da_Serra diário __A2_2020-47.csv

Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas

2010

Encosta_Sul_da_Serra diário __A2_2070-97.csv
Encosta_Sul_da_Serra diário __B1_2020-47.csv
Encosta_Sul_da_Serra diário __B1_2070-97.csv
Encosta_Sul_da_Serra diário __B2_2020-47.csv
Encosta_Sul_da_Serra diário __B2_2070-97.csv
Encosta_Sul_da_Serra diário BASELINE.csv



A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, cursive script.